

SEP

POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768



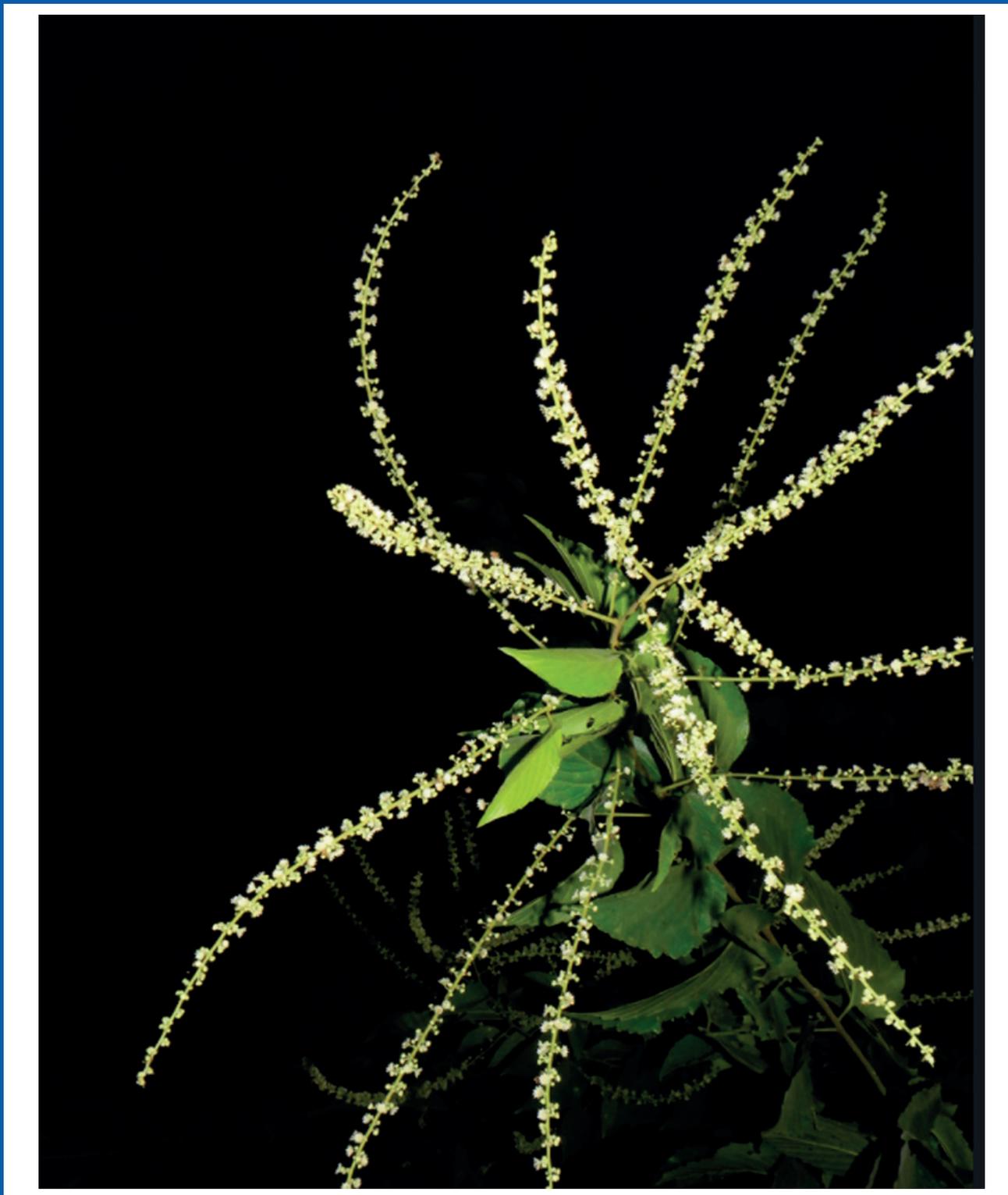
Julio 2021

Núm. 52

POLIBOTÁNICA



CONACYT



Núm. 52



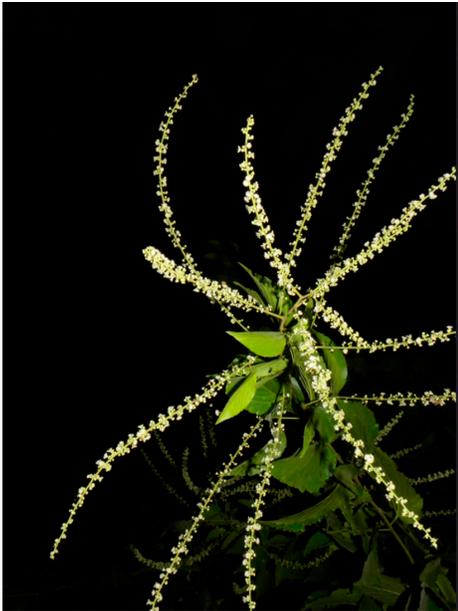
Julio 2021

PÁG.

CONTENIDO

- 1 *Bourreria ritovegana* (Ehretiaceae, Boraginales), una especie nueva de Sinaloa, México.
Bourreria ritovegana (Ehretiaceae, Boraginales), a new species from Sinaloa, Mexico.
Pío-León, J. F. | M. G. Chávez-Hernández | L. O. Alvarado-Cárdenas.
- 11 Clave para la identificación de las especies de *Bursera* Jacq. ex L. (Burseraceae) del Estado de Oaxaca (México).
Key for the identification of the species of Bursera Jacq. ex L. (Burseraceae) of the state of Oaxaca (Mexico).
Rzedowski, J. | R. Medina-Lemos.
- 25 Listado actualizado y nuevos registros de Boletaceae (Fungi, Basidiomycota, Boletales) en Jalisco, México.
Updated checklist and new records of Boletaceae (Fungi, Basidiomycota, Boletales) from Jalisco, Mexico.
Saldívar, A.E. | J. García Jiménez | M.J. Herrera Fonseca | O. Rodríguez Alcántar.
- 51 Catálogo de ejemplares tipo del Herbario CODAGEM (México).
Catalogue of type specimens of the CODAGEM Herbarium (Mexico).
Quintero Bastida, S.L. | A. Domínguez López | J.A. López Sandoval.
- 63 Las colecciones botánicas como fuente de enseñanza: el caso FES-Cuautitlán, UNAM.
Botanic collections as a source of teaching: the case FES-Cuautitlán, UNAM.
Torres-Montúfar, A.
- 75 Estructura y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco regenerado posterior a uso pecuario.
Structure and diversity of the tamaulipan thornscrub regenerated after use for livestock.
Patiño-Flores, A.M. | E. Alanís-Rodríguez | E. Jurado | H. González-Rodríguez | O.A. Aguirre-Calderón | V.M. Molina-Guerra.
- 89 Estructura y diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del noroeste de México.
Structure and diversity of tree species in a temperate forest of northwestern Mexico.
Silva-García, J.E. | O.A. Aguirre-Calderón | E. Alanís-Rodríguez | E. Jurado-Ybarra | J. Jiménez-Pérez | B. Vargas-Larreta.
- 103 Distribución potencial y caracterización eco-climática de especies silvestres de *Rubus* subgenus *Eubatus* en México.
Potential distribution and eco-climatic characterization of wild species of Rubus subgenus Eubatus in Mexico.
Rodríguez-Bautista, G. | S.D. Segura Ledezma | S. Cruz-Izquierdo | J. López-Medina | N. Cruz-Huerta | L. M. Valenzuela Nuñez.
- 117 Germinación y crecimiento de *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto (Cactaceae).
Germination and growth of Echinocactus platyacanthus Link & Otto (Cactaceae).
Gómez-Serrano, G. | J.O. Martínez | M.L. Arreguín-Sánchez | F. García Ochoa.
- 135 Comparación proximal en cacao (*Theobroma cacao*) y pataxte (*T. bicolor*) de tabasco y Chiapas, México.
Proximal comparison in cocoa (Theobroma cacao) and pataxte (T. bicolor) of Tabasco and Chiapas, Mexico.
Tinajero-Carrizales, C. | A.L. González-Pérez | G.C. Rodríguez-Castillejos | G. Castañón-Nájera | R. Ruíz-Salazar
- 151 Arquitectura foliar y anatomía epidérmica de las especies mexicanas del género *Gouania* (Rhamnaceae).
Foliar architecture and epidermal anatomy of mexican species of the genus Gouania (Rhamnaceae).
Hernández-Peñaloza, K. | R. Fernández-Nava | M.L. Arreguín-Sánchez.
- 175 Evaluación de la actividad antimicrobiana de semillas de *Leucaena esculenta* y *Leucaena leucocephala* recolectadas en Tlayacapan, Morelos, México.
Evaluation of the antimicrobial activity of Leucaena esculenta and Leucaena leucocephala seed collected from Tlayacapan, Morelos (Mexico).
Mora-Villa, A. | R. Serrano-Parrales | R. Lira-Saade | M. Jiménez-Estrada | T. Hernández-Delgado.
- 193 Usos locales y tradición: estudio etnobotánico de plantas útiles en San Pablo Cuatro Venados (Valles Centrales, Oaxaca).
Local uses and tradition: ethnobotanical study of useful plants in San Pablo Cuatro Venados (Valles Centrales, Oaxaca).
Martínez-López, G. | E. Guízar Nolzco | A. Villanueva Morales | M.I. Palacios-Rangel
- 213 Plantas medicinales de los Tének de San Francisco, Chontla, Veracruz, México.
Medicinal plants of the Tének from San Francisco, Chontla, Veracruz, Mexico.
Castro Guzmán, S. | L. M. Cano Asseleih | O. Sánchez Sánchez
- 241 Etnobotánica de los rituales vinculados al ciclo agrícola y su función en la conservación biocultural en Coatetelco, Morelos, México.
Ethnobotany of the agricultural cycle-related rituals and its function in the bio-cultural preservation in Coatetelco, Morelos, Mexico.
Villanueva-Figueroa, M. L. | H. Colín-Bahena | R. Monroy-Martínez | R. Monroy-Ortiz | A. García-Flores | C. Monroy-Ortiz

Portada



Gouania lupuloides (L.) Urban. Rhamnaceae. “Bejuco del fuego o jaboncillo”. Planta trepadora de hasta 10 m de largo. Hojas alternas, la lámina ovada o elíptica, 4-10 cm de largo, 2-6 cm de ancho. Inflorescencias en racimos delgados, de 5-20 cm de largo; flores pequeñas con pétalos blancos. Fruto un esquizocarpo. Se distribuye en México, Centroamérica y las Antillas en bosques tropicales desde el nivel del mar hasta los 900 m. Planta rica en saponinas y se utiliza comercialmente para hacer pasta de dientes.

Gouania lupuloides (L.) Urban. Rhamnaceae. “Bejuco del fuego o jaboncillo”. Climbing plant up to 10 m long. Leaves alternate, the blade ovate or elliptical, 4-10 cm long, 2-6 cm wide. Inflorescences in slender racemes, 5-20 cm long; small flowers with white petals. Fruit a schizocarpo. It is distributed in Mexico, Central America, and the Antilles in tropical forests from sea level to 900 m. Plant rich in saponins and is used to make toothpaste.

por/by **Rafael Fernández Nava**



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretaria General: *M.en D.D.C. María Guadalupe Vargas Jacobo*

Secretario Académico: *Dr. Jorge Toro González*

Secretario de Extensión e Integración Social: *Dr. Luis Alfonso Villa Vargas*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dr. Juan Silvestre Aranda Barradas*

Secretario de Servicios Educativos: *Dra. Ana Lilia Coria Páez*

Secretario de Administración: *C.P. Jorge Quintana Reyna*

Director de Educación Superior: *Ing. Juan Manuel Velázquez Peto*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director:

Dr. Gonzalo Trujillo Chávez

Subdirectora Académica:

M. en C. Martha Patricia Cervantes Cervantes

Subdirector Administrativo: *Ing. Raúl Chávez Alvircio*

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Gerardo Aparicio Ozores

POLIBOTÁNICA, Año 26, No. 52, julio-diciembre 2021, es una publicación semestral editada por el Instituto Politécnico Nacional, a través de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F. Teléfono 57296000 ext. 62331. <http://www.herbario.encb.ipn.mx/>, Editor responsable: Rafael Fernández Nava. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo del Título No. 04-2015-011309001300-203. ISSN impreso: 1405-2768, ISSN digital: 2395-9525, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Unidad de informática de la ENCB del IPN, Rafael Fernández Nava, Unidad Profesional Lázaro Cárdenas, Prolongación de Carpio y Plan de Ayala s/n, Col. Santo Tomas C.P. 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización del Instituto Politécnico Nacional.

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EDITOR EN JEFE

Rafael Fernández Nava

EDITORA ASOCIADA

María de la Luz Arreguín Sánchez

COMITÉ EDITORIAL INTERNACIONAL

Christiane Anderson
University of Michigan
Ann Arbor, Michigan, US

Heike Vibrans
Colegio de Postgraduados
Estado de México, México

Graciela Calderón de Rzedowski
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Theodore S. Cochran
University of Wisconsin
Madison, Wisconsin, US

Hugo Cota Sánchez
University of Saskatchewan
Saskatoon, Saskatchewan, Canada

Fernando Chiang Cabrera
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Thomas F. Daniel
California Academy of Sciences
San Francisco, California, US

Francisco de Asis Dos Santos
Universidad Estadual de Feira de Santana
Feira de Santana, Brasil

Carlos Fabián Vargas Mendoza
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

José Luis Godínez Ortega
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

José Manuel Rico Ordaz
Universidad de Oviedo
Oviedo, España

Edith V. Gómez Sosa
Instituto de Botánica Darwinion
Buenos Aires, Argentina

Jorge Llorente Bousquets
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México, México

Delia Fernández González
Universidad de León
León, España

Jerzy Rzedowski Rotter
Instituto de Ecología del Bajío
Pátzcuaro, Mich., México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Claude Sastre
Muséum National d'Histoire Naturelle
París, Francia

Mauricio Velayos Rodríguez
Real Jardín Botánico
Madrid, España

Noemí Waksman de Torres
Universidad Autónoma de Nuevo León
Monterrey, NL, México

Julieta Carranza Velázquez
Universidad de Costa Rica
San Pedro, Costa Rica

Tom Wendt
University of Texas
Austin, Texas, US

DISEÑO Y FORMACIÓN ELECTRÓNICA

Luz Elena Tejeda Hernández

OPEN JOURNAL SYSTEM Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN

Pedro Aráoz Palomino

POLIBOTÁNICA, revista botánica internacional del Instituto Politécnico Nacional, incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales en el área. Tiene una periodicidad de dos números al año, con distribución y Comité Editorial Internacional.

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación son sometidos por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisan y evalúan y son los que finalmente recomiendan la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS

Se aceptarán aquellos originales que se ajusten a las prescripciones siguientes:

POLIBOTÁNICA incluye exclusivamente artículos que representen los resultados de investigaciones originales que no hayan sido publicados.

1. El autor deberá anexar una carta membretada y firmada dirigida al Editor, donde se presente el manuscrito, así como la indicación de que el trabajo es original e inédito, ya que no se aceptan trabajos publicados o presentados anterior o simultáneamente en otra revista, circunstancia que el autor(es) deberá declarar expresamente en la carta de presentación de su artículo.
2. Al quedar aceptado un trabajo, su autor no podrá ya enviarlo a ninguna otra revista nacional o extranjera.
3. Los artículos deberán estar escritos en español, inglés, francés o portugués. En el caso de estar escritos en otros idiomas diferentes al español, deberá incluirse un amplio resumen en este idioma.
4. Como parte de los requisitos del CONACYT, POLIBOTÁNICA ahora usa la plataforma del Open Journal System (OJS); para la gestión de los artículos sometidos a la misma. Así que le solicitamos de la manera más atenta sea tan amable de registrarse y enviar su artículo en la siguiente liga: www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica
 - a) cargar el trabajo en archivo electrónico de office-word, no hay un máximo de páginas con las siguientes características:
 - b) en páginas tamaño carta, letra times new roman 12 puntos a doble espacio y 2 cm por margen
5. Las figuras, imágenes, gráficas del trabajo deben estar incluidas en el documento de Word original:
 - a) en formato jpg
 - b) con una resolución mínima de 300 dpi y un tamaño mínimo de 140 mm de ancho
 - c) las letras deben estar perfectamente legibles y contrastadas
6. Todo trabajo deberá ir encabezado por:
 - a) Un título tanto en español como en inglés que exprese claramente el problema a que se refiere. El formato para el título es: negritas, tamaño 14 y centrado;
 - b) El nombre del autor o autores, con sus iniciales correspondientes, sin expresión de títulos o grados académicos. El formato para los autores es: alineados a la izquierda, cada uno en un párrafo distinto y tamaño 12. Cada autor debe tener un número en formato superíndice indicando a qué afiliación pertenece;
 - c) La designación del laboratorio e institución donde se realizó el trabajo. La(s) afiliación(es) debe(n) estar abajo del grupo de autores. Cada afiliación deberá estar en un párrafo y tamaño

12. Al inicio de cada afiliación estará el número en superíndice que lo relaciona con uno o más autor/es.

d) El autor para correspondencia deberá estar en el siguiente párrafo, alineado a la izquierda, tamaño 12.

7. Todo trabajo deberá estar formado por los siguientes capítulos:

a) RESUMEN y ABSTRACT. Palabras clave y Key words. El resumen debe venir después de la afiliación de los autores, alineado a la izquierda, tamaño 12. La palabra “Resumen: / Abstract:” debe venir en negritas y con dos puntos. El texto del resumen debe empezar en el párrafo siguiente, tamaño 12 y justificado. El texto “Palabras clave / Key words:” debe venir en negritas seguido de dos puntos. Cada una de las palabras clave deben estar separadas por coma o punto y coma, finalizadas por punto.

b) INTRODUCCIÓN y MÉTODOS empleados. Cuando se trate de técnicas o métodos ya conocidos, solamente se les mencionará por la cita de la publicación original en la que se dieron a conocer. El formato para todas las secciones en esta lista es: negritas, tamaño 16 y centrado.

c) RESULTADOS obtenidos. Presentación acompañada del número necesario de gráficas, tablas, figuras o diagramas de tamaño muy cercano al que tendrá su reproducción impresa (19 x 14 cm).

d) DISCUSIÓN concisa de los resultados obtenidos, limitada a lo que sea original y a otros datos relacionados directamente y que se consideren nuevos.

e) CONCLUSIONES.

ESPECIFICACIONES DE FORMATO PARA EL CUERPO DEL TRABAJO

1. Secciones/Subtítulos de párrafo: Fuente tamaño 16, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula.
2. Subsecciones/Subtítulos de párrafo secundarios : Fuente tamaño 14, centrado, en negritas, con la primera letra en mayúscula. Cuando existan subsecciones de subsección formatear en tamaño 13 negrita y centrado.
3. Cuerpo del texto: Fuente tamaño 12, justificado. NO debe haber saltos de línea entre párrafos.
4. Las notas de pie de página deben estar al final de cada página, fuente tamaño 12 justificadas.
5. Cita textual con más de tres líneas: Fuente tamaño 12, margen izquierdo de 4 cm.
6. Título de imágenes: Fuente tamaño 12, centrado y en negritas, separado por dos puntos de su descripción. Descripción de las imágenes: tamaño 12.
7. Notas al pie de las imágenes: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la imagen, la primera letra debe estar en mayúsculas.
8. Imágenes: deben estar en el cuerpo del texto, insertadas en formato png o jpg, a por lo menos 300 dpi de resolución y centradas. Las imágenes deben estar en línea con el texto. Se consideran imágenes: gráficos, cuadros, fotografías, diagramas y, en algunos casos ecuaciones.
9. Tablas de tipo texto: El título de las columnas de las tablas debe estar en negritas y los datos del cuerpo de la tabla con fuente normal. Los nombres científicos deben estar en itálicas. Se recomienda utilizar las tablas en formato WORD, estas deberán de ir centradas.
10. Notas al pie de la tabla: Fuente tamaño 12 y centradas con respecto a la tabla, la primera letra debe estar en mayúsculas.
11. Ecuaciones pueden estar en Mathtype 1 o en imagen. En este último caso, seguir instrucciones del punto 8.
12. Citas del tipo autor y año deben estar entre paréntesis, con el apellido del autor seguido por el año (Souza, 2007), primera letra en mayúscula.

8. LITERATURA CITADA. Se tomara como base el estilo APA para las Referencias Bibliográficas, formada por las referencias mencionadas en el texto del trabajo y en orden alfabético. Es obligatorio utilizar Mendeley® (software bibliográfico). El propósito de utilizar este tipo de software es asegurar que los datos contenidos en las referencias están correctamente estructurados y corresponden a las citas del cuerpo del texto.

ESTRUCTURA Y FORMATO DE LOS AGRADECIMIENTOS Y REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Los Agradecimientos deberán estar después de la última sección del cuerpo del texto. Esta información debe tener como título la palabra “Agradecimientos”, o su equivalente en otro idioma, en negritas, tamaño 12 y centrado. El texto de esta información debe estar en tamaño 12 justificado.
2. Las Referencias bibliográficas deben estar en orden alfabético sin salto de línea de párrafo, alineados a la izquierda, en tamaño 12.
3. Apéndices, anexos, glosarios y otros materiales deben incluirse después de las referencias bibliográficas. Según sea el caso, estos materiales deberán ser creados como archivos WORD (tablas o cuadros) o imagen png o jpg.

9. REVISIÓN Y PUBLICACIÓN

Todos los artículos enviados a la revista para su posible publicación serán sometidos a una revisión “doble ciego”, se enviarán por lo menos a un par de árbitros, reconocidos especialistas nacionales o internacionales que los revisarán y evaluarán y serán los que finalmente recomienden la pertinencia o no de la publicación del artículo, cabe destacar que este es el medio con que contamos para cuidar el nivel y la calidad de los trabajos publicados.

Una vez aceptado el trabajo, se cobrarán al autor(es) \$299.25 por página más IVA, independientemente del número de fotografías que contenga.

PUBLICATION GUIDELINES

POLIBOTÁNICA, an international botanical journal supported by the National Polytechnic Institute, only publishes material resulting of original research in the botanic area. It has a periodicity of two issues per year with international distribution and an international Editorial Committee.

All articles submitted to POLIBOTÁNICA for publication are reviewed by at least a couple of referees. National or international recognized experts will evaluate all submitted materials in order to recommend the appropriateness or otherwise of a publication. Therefore, the quality of published papers in POLIBOTÁNICA is of the highest international standards.

FOR PUBLICATION OF ARTICLES

Originals that comply with the following requirements will be accepted:

1. POLIBOTÁNICA includes only items that represent the results of original research which have not been published. The author should attach an official and signed letter to Editor stating that the work is original and unpublished. We do not accept articles published or presented before or simultaneously in another journal, a fact that the author (s) must expressly declare in the letter.
2. When an article has been accepted, the author can no longer send it to a different national or foreign journal.
3. Articles should be written in Spanish, English, French or Portuguese. In the case of be written in languages other than Spanish, it should include an abstract in English.

4. The article ought to be sent to the POLIBOTÁNICA's Open Journal System <http://www.polibotanica.mx/ojs> in an office-word file without a maximum number of pages with the following features:
 - a) on letter-size pages, Times New Roman font type, 12-point font size, double-spaced and 2 cm margin
5. The figures, images, graphics in the article must be attached as follows:
 - a) in jpg or png format
 - b) with a minimum resolution of 300 dpi and a minimum size of 140 mm wide
 - c) all characters must be legible and contrasted
6. All articles must include:
 - a) a title in both Spanish and English that clearly express the problem referred to. The format for this section is: bold, font size 14 and centered.;
 - b) the name of the author or authors, with their initials, no titles and no academic degrees. The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number indicating the affiliation;
 - c) complete affiliations of all authors (including laboratory or research institution). The format for this section is: font size 12, aligned to the left, each name in a different paragraph but without spaces in-between and a superscript number at the beginning of the affiliation;
 - d) correspondence author should be in the next paragraph, font size 12 and aligned to the left.
7. All work should be composed of the following chapters:
 - a) RESUMEN and ABSTRACT. Palabras clave y Key words. The format for this section is: bold, font size 12 and centered. Both words (RESUMEN: and ABSTRACT:) must include a colon, be in bold and aligned to the left. The body of the abstract must be justified and in font size 12. Both palabras clave: and keywords: must include a colon, be in bold and aligned to the left. Keywords must be separated by a comma or semicolon, must be justified and in font size 12.
 - b) INTRODUCTION and METHODS. In the case of techniques or methods that are already known, they were mentioned only by appointment of the original publication in which they were released.
 - c) RESULTS. Accompanied with presentation of the required number of graphs, tables, figures or diagrams very close to the size which will be printed (19 x 14 cm).
 - d) DISCUSSION. A concise discussion of the results obtained, limited to what is original and other related directly and considered new data.
 - e) CONCLUSIONS. The format for sections Introduction, Results, Discussion and Conclusions: bold, font size 16 and centered.

FORMAT SPECIFICATIONS FOR THE BODY OF WORK

1. Sections: Font size 16, centered, bold, with the first letter capitalized.
2. Subsections / Secondary Subtitles: Font size 14, centered, bold, with the first letter capitalized. When there are second grade subsections format in size 13 bold and centered.

3. Body: Font size 12, justified. There should NOT be line breaks between paragraphs.
4. Footnotes should be at the bottom of each page, font size 12 and justified.
5. Textual quotation with more than three lines: Source size 12, left margin of 4 cm.
6. Image Title: Font size 12, centered and bold, separated by two points from its description. Description of the images: size 12.
7. Images Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the image, the first letter must be in capital letters.
8. Images: must be in the body of the text, inserted in png or jpg format, at least 300 dpi resolution and centered. Images should be in line with the text. Graphs, charts, photographs, diagrams and, in some cases, equations are considered images.
9. Text Tables: Only the title of the columns of the tables must be in bold. Scientific names must be in italics. It is recommended to use the Tables as WORD format, they should be centered.
10. Footnotes: Font size 12 and centered with respect to the table, the first letter must be in upper case.
11. Equations can be in Mathtype 1 or in image. In the latter case, follow the instructions in point 8.
12. Quotations of the author and year type must be in parentheses, with the author's last name followed by the year (Souza, 2007), first letter in capital letters.

8. LITERATURE CITED. All references must be cited using the APA stile. POLIBOTÁNICA requires the use of Mendeley® (free reference manager) for the entire bibliography.

STRUCTURE AND FORMAT OF ACKNOWLEDGMENTS AND BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

1. Acknowledgments must be after the last section of the body of the text. This information should be titled the word "Acknowledgments", or its equivalent in another language, in bold, size 12 and centered. The text of this information must be in size 12 justified.
2. Bibliographical references should be in alphabetical order without paragraph line jump, aligned to the left, in size 12.
3. Appendices, annexes, glossaries and other materials should be included after the bibliographic references. If these materials are tables they should be created as WORD files.

9. REVIEW AND PUBLICATION

All articles submitted to the journal for publication will undergo a review "double-blind", they will be sent at least a couple of referees, recognized national or international experts that reviewed and evaluated and will be finally recommended the relevance or the publication of the article, it is noteworthy that this is the means that we have to take care of the level and quality of published articles.

Once accepted the article, the author will be charged \$15.88 USD per text page, regardless of how many pictures it contains.

Toda correspondencia relacionada con la revista deberá ser dirigida a:

Dr. Rafael Fernández Nava
Editor en Jefe de

POLIBOTÁNICA

Departamento de Botánica
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional
Apdo. Postal 17-564, CP 11410, Ciudad de México

Correo electrónico:
polibotanica@gmail.com
rfernan@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CONACYT, índice de Revistas Mexicanas de Investigación Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

SciELO - Scientific Electronic Library Online.

Google Académico - Google Scholar.

DOAJ, Directorio de Revistas de Acceso Público.

Dialnet portal de difusión de la producción científica hispana.

REDIB Red Iberoamericana de innovación y conocimiento científico.

LATINDEX, Sistema regional de información en línea para revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal.

PERIODICA, (Índice de Revistas Latinoamericanas en Ciencias).



***Bourreria ritovegana* (EHRETIACEAE,
BORAGINALES), UNA ESPECIE
NUEVA DE SINALOA, MÉXICO**

***Bourreria ritovegana* (EHRETIACEAE,
BORAGINALES), A NEW SPECIES
FROM SINALOA, MEXICO**

Pío-León, J. F.; M. G. Chávez-Hernández y L. O. Alvarado-Cárdenas.

Bourreria ritovegana (EHRETIACEAE, BORAGINALES), UNA ESPECIE NUEVA DE SINALOA, MÉXICO.

Bourreria ritovegana (EHRETIACEAE, BORAGINALES), A NEW SPECIES FROM SINALOA, MEXICO.

***Bourreria ritovegana* (EHRETIACEAE, BORAGINALES),
UNA ESPECIE NUEVA DE SINALOA, MÉXICO*****Bourreria ritovegana* (EHRETIACEAE, BORAGINALES),
A NEW SPECIES FROM SINALOA, MEXICO****J. F. Pío-León** / d1j17kk@hotmail.com*Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional,
Unidad Durango, Instituto Politécnico Nacional,
CP 34220, Victoria de Durango, Durango, México.
Universidad Politécnica del Mar y la Sierra,
CP 82700, La Cruz de Elota, Sinaloa, México.***M. G. Chávez-Hernández
L. O. Alvarado-Cárdenas***Departamento de Biología Comparada, Laboratorio de Plantas Vasculares,
Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México,
Apartado Postal 70-282, 04510, Ciudad de México, México.*Pío-León, J. F.;
M. G. Chávez-Hernández
y L. O. Alvarado-Cárdenas*Bourreria ritovegana*
(EHRETIACEAE,
BORAGINALES), UNA
ESPECIE NUEVA DE
SINALOA, MÉXICO*Bourreria ritovegana*
(EHRETIACEAE,
BORAGINALES), A NEW
SPECIES FROM SINALOA,
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 1-9. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.1

RESUMEN: Se describe *Bourreria ritovegana* como especie nueva para la ciencia, perteneciente al grupo de *B. spathulata* y endémica para el estado de Sinaloa. La nueva especie es similar a *B. spathulata* y *B. rubra* por sus atributos foliares y en algunos aspectos florales, pero se diferencia de ambas por al menos dos caracteres cualitativos y cuantitativos (ej. tamaño y forma del cáliz y corola y longitud de pedicelos) y su distribución más norteña. Se presenta una clave dicotómica para las especies del grupo *B. spathulata*, así como una tabla y fotografías comparativas con las especies de mayor similitud.

Palabras clave: *Bourreria spathulata*, *Bourreria rubra*, endemismo.

ABSTRACT: *Bourreria ritovegana*, a species endemic to Sinaloa belonging to *B. spathulata*-species group, is described as new for science. This novel species is similar in foliar and some floral traits to *B. spathulata* and *B. rubra*, but differs from both by qualitative and quantitative characters (e.g. size and shape of calyx and corolla, and length of pedicels), in addition to its northernmost distribution. A dichotomous key is presented for the species in the *B. spathulata*-group, as well as a comparative chart and photographs with related species.

Keyword: *Bourreria spathulata*, *Bourreria rubra*, Endemism.

INTRODUCCIÓN

El género *Bourreria* P. Browne (Ehretiaceae, Boraginales) incluye aproximadamente 50 especies de arbustos y árboles pequeños, de distribución tropical desde Florida y México hasta el norte de Sudamérica, incluyendo las Antillas, y con un área disyunta en el Suroeste de África (POWO, 2020). Para el continente americano, la revisión más reciente del género acepta 30 especies, 15 de ellas endémicas de México, siendo este su principal centro de diversidad morfológica y taxonómica (Gottschling & Miller, 2018). Las especies de *Bourreria* habitan principalmente en bosques secos y caducifolios, en sitios perturbados y elevaciones desde el nivel del mar hasta 1000 m s.n.m.; no obstante, algunas especies como *B. andrieuxii* (A.DC.) Hemsl., *B. rekoii*

Standl. y *B. spathulata* (Miers) Hemsl. pueden encontrarse en hábitats más húmedos y elevaciones de hasta 2000 m s.n.m. (Campos-Ríos & Chiang-Cabrera, 2010; Gottschling & Miller, 2018; Lira-Charco & Ochoterena, 2012). La mayoría de las especies del género presentan distribución continua, pero extensión territorial limitada. Suelen ser especies raras y escasamente colectadas, por lo que se ha sugerido que al menos dos tercios de las especies del continente americano estarían en situación de amenaza (Gottschling & Miller, 2018).

En su revisión del género para México, Campos-Ríos (2005) sugiere la formación de tres grupos en correspondencia con su distribución: el mexicano, el antillano y el centroamericano. Por su parte, Gottschling & Miller (2018) proponen una clasificación en cinco grupos de acuerdo a sus atributos morfológicos y distribución geográfica: 1) grupo *B. exsucca* (L.) Jacq. (frutos esquizocárpicos, Centro y Sudamérica), 2) grupo *B. huanita* (Lex.) Hemsl. (flores grandes con interior del cáliz velutino), 3) grupo *B. microphylla* Griseb. (hojas pequeñas y pistilo no dividido, Cuba e isla La Española), 4) grupo *B. spathulata* (hojas medianas y al menos una población con corolas no blancas, occidente de México) y 5) grupo *B. succulenta* Jacq. (especies restantes, sin rasgo morfológico característico).

Como parte de las exploraciones habituales para documentar la flora de Sinaloa, se identificó una población de plantas del género *Bourreria* que no coincidía con las especies citadas para México. Los individuos colectados se pueden ubicar en el grupo de *B. spathulata* (Gottschling & Miller, 2018). En el presente trabajo se propone una especie nueva de *Bourreria* que presenta afinidad con *B. spathulata* y *B. rubra* E. J. Lott & J. S. Miller, pero se distingue por el color, forma y dimensiones de la flor. Adicionalmente, se proporciona una clave de identificación para las especies del grupo y una tabla comparativa detallada con las especies de mayor similitud.

MÉTODOS

Se realizó una revisión extensa de literatura sobre *Bourreria* (Campos-Ríos & Chiang-Cabrera, 2010; Gottschling & Miller, 2018; Lira-Charco & Ochoterena, 2012; Véliz-Pérez *et al.*, 2009), así como ejemplares de los herbarios MEXU, UAS, HCIB, bases de datos electrónicas SEINet (2020), Portal Datos Abiertos de la UNAM (<https://datosabiertos.unam.mx/>), Naturalista (2020), Tropicos (2021) y el banco de imágenes de la CONABIO (CONABIO, 2020).

La descripción general y mediciones se realizaron a partir de material fresco, excepto para las disecciones florales donde se empleó material herborizado. Para este trabajo se consideró el concepto cohesivo de especie (Templeton, 1989), definido como la población más inclusiva de individuos con potencial para la cohesión fenotípica a través de mecanismos intrínsecos de cohesión. La descripción de la nueva especie también cumple los criterios de delimitación de especies del género *Bourreria* de Gottschling & Miller (2018), quienes proponen incluir rasgos cualitativos y cuantitativos, independientes de la morfología foliar.

RESULTADOS

Bourreria ritovegana Pío-León, M. G. Chávez & L. O. Alvarado, **sp. nov.** **Tipo:** México. **Sinaloa:** municipio de Elota, ejido El Saladito, 23°51'23''N - 106°47'37''O, 60 m s.n.m., bosque tropical caducifolio semi perturbado por agricultura de temporal, junto a *Guettarda elíptica* Sw., *Diospyros aequoris* Standl., *Vachellia campechiana* (Mill.) Seigler & Ebinger, *Turnera diffusa* Willd. ex Schult., *Tara cacalaco* (Bonpl.) Molinari & Sánchez Och. y *Libidibia sclerocarpa* (Standl.) Britton & Rose. 16 de septiembre de 2019, *J. F. Pío-León 105* (Holotipo: MEXU; isotipo: UAS, CIIDIR). Fig. 1.

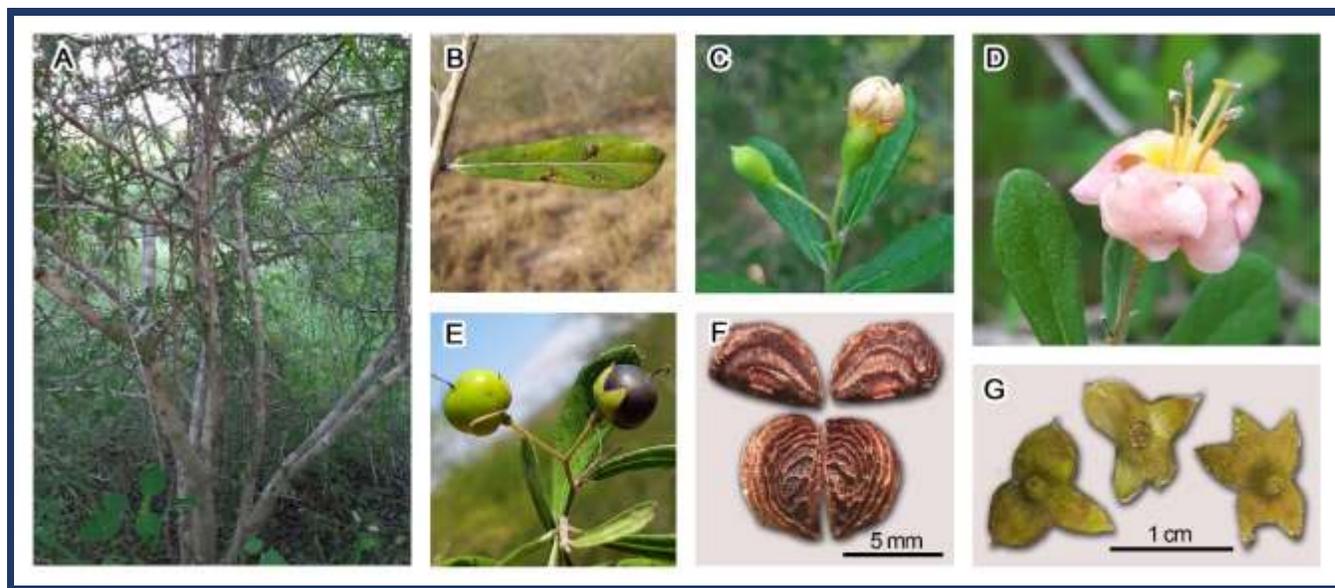


Fig. 1. *Bourreria ritovegana* Pío-León, M. G. Chávez & L. O. Alvarado. A, hábito; B, hoja; C, botones florales; D, flor; E y F, frutos; G, restos de cáliz y semillas. Fotografías de Juan Fernando Pío León en la localidad tipo.

Bourreria ritovegana is similar to *B. spathulata* in habit, leaf shape, and reflexed lobes of the corolla, but differs by its longer pedicels (8–14 mm vs. 0.5–3.5 mm in *B. spathulata*), stipitate calyx that is adaxially glabrous (vs. sessile and tomentose), pink corolla and hirsute filaments at base (vs. white corolla and sericeous filaments).

Arbustos de 1–3 m de altura, tallo de 2–5 cm de diámetro en la base de las ramas, corteza gris claro, ramas jóvenes velutinas a estrigosas. Hojas deciduas, peciolo 0.8–3.5 mm, velutinos a estrigosos, láminas oblanceoladas, 2.7–4.8 × 0.9–1.5 cm, base atenuada, ápice redondeado a agudo, margen revuelto, haz verde claro, estrigoso, reticulado con venación central prominente, envés verde pálido, velutino a estrigoso, principalmente en la venación central. Inflorescencia terminal, cimosa, con 1–2(4) flores, pedúnculo 3 mm largo, pedicelo 8–14 mm largo; cáliz campanulado, 8–9 × 4–6 mm, estípita 1.5–2 × 1.5–2 mm, lóbulos 3 a 6, triangulares a agudos, 2–6 mm largo, glabrescente abaxialmente, velutino en la superficie interna de los lóbulos con márgenes tomentosos; corola infundibuliforme, glabrescente, rosa pálido con márgenes blanquecinos y garganta amarilla, tubo 7–8 mm largo, lóbulos reflexos, 5.5–9 × 9–12 mm; estambres 5, exertos, insertados en el tubo de la corola, filamentos 10–12 mm largo, hirsutos hacia la base, tricomas ca. 0.5–1 mm largo, anteras oblongas, 1.7–2.0 mm largo, bitecas; estilo 11–15 mm largo, ramas estilares 1–1.5 mm largo. Fruto globoso, drupáceo, rojizo al iniciar la maduración y negro al madurar, 6–8 × 8–11 mm, endocarpio café-oscuro, con 4 pirenos elipsoides, triquetros, de 6–7 × 3.5–4.5 mm cada uno, superficie reticulada.

Material adicional examinado: México. Sinaloa: municipio de San Ignacio, El Mirador, Km 10 de la autopista Culiacán a Mazatlán, 20 m s.n.m., 5 de septiembre de 1988, *J. A. Gutiérrez G.* y *J. A. Hernández V.* 96 (MEXU).

Distribución y ecología: Se considera endémica del estado de Sinaloa donde sólo se han localizado dos poblaciones: una en el municipio de Elota, con alrededor de 20 individuos, y otra entre los límites de los municipios de Elota y San Ignacio, donde sólo fue posible ubicar un individuo, probablemente el mismo del ejemplar colectado por *Juan A. Gutiérrez G.* 96, originalmente identificado como *B. spathulata* y posteriormente como *B. rubra* por M. G. Campos. En ambas localidades se encuentra bosque tropical caducifolio, dominado por especies arbóreas como *Libidia sclerocarpa*, *Bursera* spp. y *Croton* spp. En la localidad tipo existe un moderado impacto a la vegetación por agricultura de temporal y aclareos para establecer praderas de zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). En el sitio de San Ignacio se encuentra el

ecosistema menos impactado, debido a que es un área destinada para extracción de madera de estación (primariamente especies de *Croton* spp.) para la horticultura local y para leña de árboles secos o adultos. Su presencia parece ser favorecida por la perturbación, ya que en el sitio tipo se encuentra junto a especies características de sucesión.

Fenología: Florece de agosto a septiembre, una vez que ha recuperado su follaje después de las primeras lluvias de la temporada y fructifica de octubre a diciembre. En el año 2020 la zona presentó una escasez atípica de lluvia, afectando la fenología de la especie al grado de no presentar floración.

Etimología: El epíteto es dedicado a Rito Vega-Aviña, máximo colector de la flora del estado de Sinaloa.

Estatus de conservación: La especie se conoce para una pequeña porción de Sinaloa y las observaciones en campo solo se han encontrado poblaciones con reducido número de individuos. Aunque parece tolerar cierto grado de perturbación, hay una alta presión de cambio de uso de suelo para abrir nuevas zonas de agricultura y creación de pastizales para la ganadería (Monjardín-Armenta *et al.*, 2017).

Comentarios taxonómicos: *Bouyeria ritovegana* es la sexta especie del grupo *B. spathulata*, caracterizadas por hábitos arbustivos (excepto *B. rowellii*), hojas menores a 9.5 cm de largo, láminas espatuladas (excepto *B. aquilana*), corolas generalmente no blancas o blancas pero con al menos una de sus poblaciones con otro color y distribución en la parte occidental de México, desde Baja California Sur hasta Oaxaca (Gottschling & Miller, 2018). Es la tercera especie conocida del estado de Sinaloa, después de *B. superba* y *B. hintonii* I. M. Johnst (Gottschling & Miller, 2018) (ambas especies arborescentes), y la primera del grupo *B. spathulata*. Los ejemplares con hojas pueden distinguirse fácilmente de *B. sonora* (láminas rugosas con haz tomentoso), *B. aquilana* (láminas ampliamente obovadas) y *B. rowellii* (láminas glabras), mientras que para separarlas de *B. spathulata* y *B. rubra* es recomendable contar con flores y frutos (Figs. 2 y 3). *Bouyeria ritovegana*, *B. spathulata* y *B. rubra* se separan entre sí por al menos dos caracteres morfológicos cualitativos y cuantitativos (Tabla 1). De este subgrupo, *B. rubra* posee los pedicelos de mayor longitud (> 15mm), mayor número de flores por inflorescencia (hasta 7) y es la única con corolas rojas y lóbulos patentes; *B. spathulata* es la única con flores sésiles o subsésiles y cáliz con superficie externa tomentosa y no estipitado; *B. ritovegana* posee hojas y flores de dimensiones intermedias entre las otras dos especies, pero se distingue de ambas por su cáliz con estípites cortos pero engrosados, corola rosa, ramas estilares cortas (< 2 mm) y pedicelos evidentes pero menores a 15 mm.



Fig. 2. Flores de especies del grupo *Bourreria spathulata*. A, *B. ritovegana*; B, *B. spathulata*; C, *B. rubra*; D, *B. sonora*. Fotografías de Juan Fernando Pío León (A), Oswaldo Téllez Valdés (B) (tomada del Banco de Imágenes de CONABIO, <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/>), Rafaël Govaerts/Jardín Botánico de Vallarta (C) (tomada del sitio POWO, <http://www.plantsoftheworldonline.org>) y Alexis López Hernández (D).

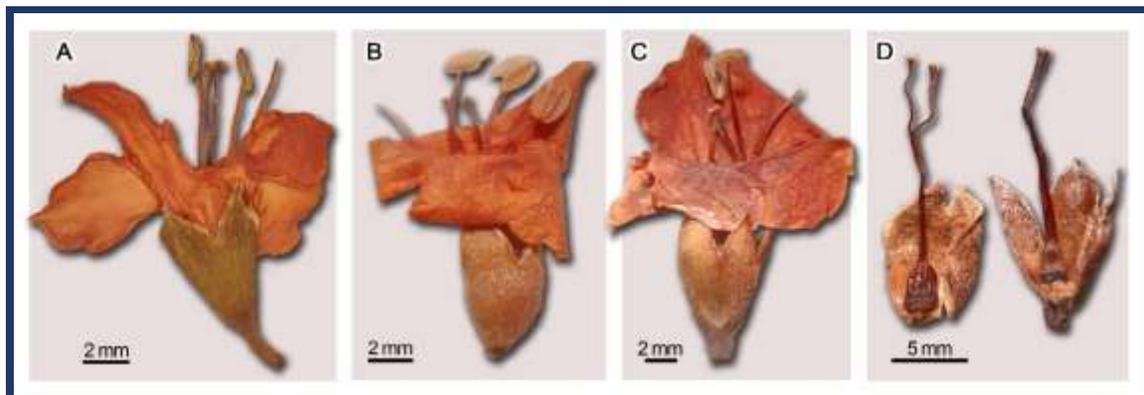


Fig. 3. Detalles de flores herborizadas de especies del grupo *Bourreria spathulata*. A, *B. rubra*; B, *B. spathulata*; C, *B. ritovegana*; D, *B. spathulata* (izq.) y *B. ritovegana* (der.). Fotografías de María Guadalupe Chávez Hernández (A) y Juan Fernando Pío León (B-D).

Tabla 1. Comparación de caracteres morfológicos claves entre *Burreria ritovegana* y las especies de mayor similitud. Adecuado de Gottschling y Miller (2018) y Campos-Ríos (2004).

Carácter	<i>B. ritovegana</i>	<i>B. spathulata</i>	<i>B. rubra</i>
Láminas	2.7–4.8 × 0.9–1.5 cm.	2.1–3.5 × 0.6–0.8 cm.	2.0–6.5 × 0.8–2.5 cm.
Inflorescencia	Pedunculada, 3 mm largo; 1–2(4) flores, pedicelos 8–14 mm largo.	Sésiles a subsésiles; 1–2 flores, pedicelos 0.5–3.5 mm largo.	Pedunculada 3–15 mm largo; 1–7 flores, pedicelos 15–38 mm largo.
Cáliz	Superficie externa glabrescente, estípite 1.5–2 × 1.5–2 mm.	Superficie externa tomentosa, no estipitado.	Superficie externa glabrescente, estípite 3–4 × 1 mm.
Corola	Rosada con garganta amarillenta; lóbulos reflexos, 5.5–9 × 9–12 mm.	Blanca; lóbulos reflexos, 3.5–7 × 3.5–6.6 mm.	Roja; lóbulos patentes, 7–10 × 4–10 mm.
Estambres	Filamentos 10–12 mm largo, base hirsuta; anteras 1.7–2.0 mm largo.	Filamentos 6–10 mm largo, base serícea; anteras 1.5–2.6 mm largo.	Filamentos 6–9 mm largo, base hirsuta; anteras 2–2.5 mm largo.
Pistilo	Estilo 11–15 mm largo, ramas estilares 1–1.5 mm largo.	Estilo 5–8.5 mm largo, ramas estilares hasta 4.7 mm largo.	Estilo 11–15 mm largo, ramas estilares 2–5 mm largo.

B. ritovegana se distribuye en el centro de Sinaloa, separada aproximadamente la misma distancia de *B. rubra* y *B. sonora*, por lo que se descarta la posibilidad de un híbrido reciente dada la separación geográfica entre ambas (Fig. 4) y las características morfológicas tan distintivas de *B. sonora* (lámina rugosa con haz tomentoso; corola rígida, amarillo-verdosa, lóbulos oblongo-agudos, ascendentes; base de los filamentos glabra y distribución restringida al Desierto Sonorense) que no se encuentran en ninguna otra especie del grupo *B. spathulata* (incluso dentro del mismo género son atípicas.), incluyendo a *B. ritovegana*. La única similitud entre *B. sonora* con *B. rubra* y *B. ritovegana* son las flores pediceladas; sin embargo, estos suelen ser variables en *B. sonora*, no superan los 10 mm de largo y se presentan en inflorescencias de hasta 15 flores.

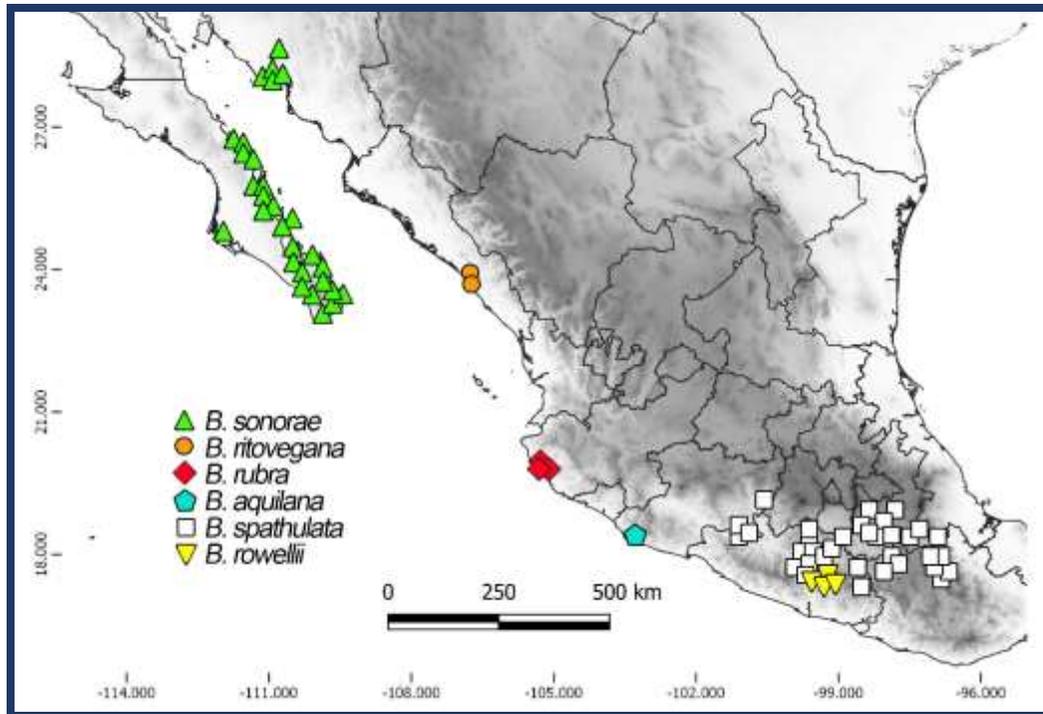


Fig. 4. Distribución conocida de las especies de *Bourreria* del grupo *B. spathulata*. Adaptado de Gottschling y Miller (2018).

Clave dicotómica para especies del grupo *B. spathulata*.

1. Tubo de corola mayor a 12 mm..... 2
1. Tubo de corola menor a 12 mm..... 3
2. Hojas claramente obovadas, láminas estrigosas, plantas no arborescentes..... *B. aquilana*
2. Hojas espatuladas a obovadas, láminas glabras, plantas arborescentes..... *B. rowellii*
3. Lámina rugosa; corola amarillo-verdosa, lóbulos triangulares, ascendentes, generalmente menores de 4 mm; base de los filamentos glabros..... *B. sonoreae*
3. Lámina reticulada; corola blanca, crema, rosa o roja, lóbulos obovados u ovados, patentes o reflexos, generalmente mayores de 4 mm; base de los filamentos no glabros..... 4
4. Corola roja, lóbulos patentes, pedicelos mayores de 15 mm..... *B. rubra*
4. Corola blanca, crema o rosa, lóbulos reflexos, pedicelos menores de 15 mm..... 5
5. Flores subsésiles, cáliz no estipitado y con superficie externa tomentosa, corola blanca o ligeramente crema, base de los filamentos seríceas..... *B. spathulata*
5. Flores claramente pediceladas, cáliz estipitado y con superficie externa glabrescente, corola rosa, base de los filamentos hirsuta..... *B. ritovegana*

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor como parte del programa de Estancias Posdoctorales. Al Fondo Sectorial CONACYT-INEGI Grant 291772 (Uso de Deep learning para el reconocimiento de especies vegetales de México a partir de imágenes tomadas con dispositivos móviles) por el apoyo para trabajo de campo y equipo para fotografía. A los dos revisores anónimos por sus valiosas aportaciones y sugerencias.

LITERATURA CITADA

Recibido:
31/marzo/2021

Aceptado:
4/julio/2021

- Campos-Ríos, M. G., & Chiang-Cabrera, F. (2010). *Bourreria tuxtlae* y *Bourreria veracruzana* (Boraginaceae) dos especies nuevas y clave para la identificación de las especies arbóreas del género, en México. *Polibotánica*, 30, 01–07. <https://www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica/article/view/802>
- Campos-Ríos, M. G. (2005). Revisión del Género *Bourreria* P. Browne (Boraginaceae) en México. *Polibotánica*, 19, 39–103. <https://www.polibotanica.mx/ojs/index.php/polibotanica/article/view/708/937>
- CONABIO. (2020). *Banco de imágenes*. <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/>
- Gottschling, M., & Miller, J. S. (2018). *A Taxonomic revisión of the New World Species of Bourreria (Ehretiaceae, Boraginaceae)*. The American Society of Plant Taxonomists.
- Lira-Charco, E. M., & Ochoterena, H. (2012). *Flora del Valle de Tehuacán. Fascículo 110. Boraginaceae*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. http://www.ibiologia.unam.mx/barra/publicaciones/floras_tehuacan/florastehuacan.htm
- Monjardín-Armenta, S. A., Pacheco-Angulo, C. E., Plata-Rocha, W., & Corrales-Barraza, G. (2017). La deforestación and sus factores causales en el estado de Sinaloa, México. *Madera Bosques*, 23(1), 7–22. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311482>
- Naturalista. (2020). *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*. <http://www.naturalista.mx>
- POWO. (2020). *Plants of the World Online. Royal Botanical Gardens Kew Science*. <http://www.plantsoftheworldonline.org>
- SEINet. (2020). *Southwest Environmental Information Network, SEINet Arizona-New Mexico Chapter*. <https://swbiodiversity.org/>
- Templeton, A. R. (1989). The meaning of species and speciation: a genetic perspective. In D. Otte & J. Endler (Eds.), *Speciation and its Consequences* (pp. 3-27). Massachusetts: Sinauer Associates.
- Tropicos. (2021). *Missouri Botanical Garden*. <https://www.tropicos.org/home>
- Véliz-Pérez, M. E., Campos, M. G., & Miller, J. S. (2009). Especie nueva del género *Bourreria* (Ehretiaceae, Boraginales) de Mesoamérica. *Brittonia*, 61(3), 237–240.

**CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN
DE LAS ESPECIES DE *Bursera* JACQ.
EX L. (BURSERACEAE) DEL ESTADO
DE OAXACA (MÉXICO)**

**KEY FOR THE IDENTIFICATION OF
THE SPECIES OF *Bursera* JACQ. EX L.
(BURSERACEAE) OF THE STATE OF
OAXACA (MEXICO)**

Rzedowski, J. y R. Medina-Lemos.

CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE *Bursera* JACQ. EX L.
(BURSERACEAE) DEL ESTADO DE OAXACA (MÉXICO).

KEY FOR THE IDENTIFICATION OF THE SPECIES OF *Bursera* JACQ. EX L.
(BURSERACEAE) OF THE STATE OF OAXACA (MEXICO).

CLAVE PARA LA IDENTIFICACIÓN DE LAS ESPECIES DE *Bursera* JACQ. EX L.
(BURSERACEAE) DEL ESTADO DE OAXACA (MÉXICO)

KEY FOR THE IDENTIFICATION OF THE SPECIES OF *Bursera* JACQ. EX L.
(BURSERACEAE) OF THE STATE OF OAXACA (MEXICO)

Rzedowski, J. y
R. Medina-Lemos

CLAVE PARA LA
IDENTIFICACIÓN DE LAS
ESPECIES DE *Bursera* JACQ.
EX L. (BURSERACEAE) DEL
ESTADO DE OAXACA
(MÉXICO)

KEY FOR THE
IDENTIFICATION OF THE
SPECIES OF *Bursera* JACQ.
EX L. (BURSERACEAE) OF
THE STATE OF OAXACA
(MEXICO)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 11-23. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.2

J. Rzedowski / jerzedowski@gmail.com

Instituto de Ecología, A.C.
Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán.

R. Medina-Lemos

Instituto de Biología,
Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México.

RESUMEN: Se presenta la clave para la identificación de 43 especies del género *Bursera* conocidas como habitantes del estado de Oaxaca. Se proporciona también información sobre la disponibilidad de descripciones e ilustraciones de cada una. La clave está basada mayormente en características de las hojas, de las infrutescencias y de los frutos. Se incluyen datos relativos a la importancia, distribución geográfica general y desarrollo histórico del conocimiento de estas plantas en el estado, así como fotografías de algunas.

Palabras clave: *Bursera*, conocimiento, distribución geográfica, importancia, Oaxaca

ABSTRACT: A taxonomic key for the identification of 43 species of the genus *Bursera* known in Oaxaca is presented. Additional information is included regarding the availability of descriptions and illustrations of each of these species. The key is largely based on characteristics of leaves, inflorescences and fruits. Information regarding the importance, general geographical distribution and history of the knowledge about these plants in this state are also included as well as some photographs.

Keywords: *Bursera*, knowledge, geographic distribution, importance, Oaxaca

INTRODUCCIÓN

Los componentes del género *Bursera* Jacq. ex L. forman parte trascendente de la flora y de la vegetación del estado de Oaxaca, en particular de sus sectores caracterizados por el clima más cálido.

En su gran mayoría son árboles, a menudo cuantitativamente importantes en el bosque tropical caducifolio, tanto por el número de especies participantes, como también por el de los individuos presentes.

Todas son plantas de hoja decidua en la época seca del año y florecen con frecuencia antes o al tiempo del desarrollo foliar y en su gran mayoría son dioicas.

Tales características han dificultado el avance de su conocimiento. Así, las primeras especies de *Bursera*, dadas a conocer de Oaxaca fueron *B. gracilis* Engl. (= *B. bipinnata*) y *B. submoniliformis* Engl., descritas en 1883. En 1891 Rose, reconoció para el estado la existencia de seis, una de las cuales fue nueva: *Elaphrium longipedunculatum* (= *B. linanoe*). En el trabajo de Bullock de 1936 no se incluyen más que dos adicionales.

No es sino ya en el inicio del siglo XXI cuando principian los estudios más intensivos y así en 2002 Rzedowski & Calderón de Rzedowski enlistaron 30 especies de *Bursera* propias del estado. En 2004 Rzedowski *et al.* publicaron la contribución relativa a los elementos de este género que habitan en la parte alta de la cuenca del río Papaloapan y en 2008 aparece el fascículo de Burseraceae para la Flora del Valle Tehuacán-Cuicatlán, escrito por Medina Lemos. En 2005 Rzedowski *et al.* elevaron el número a 37 y en la actualidad cabe reconocer la existencia de 43. Las últimas adiciones corresponden a tres descritas como nuevas: *B. jerzyi*, *B. silviae* y *B. zapoteca*, así como a tres que no se habían reconocido previamente para el estado: *B. arborea*, *B. bonetii* y *B. ovalifolia*.

Procede estimar que el número total real superará las 50. Ocho especies (*B. esparzae*, **B. heliae*, **B. isthmica*, *B. jerzyi*, *B. laurihuertae*, *B. silviae*, **B. simplex* y **B. zapoteca*) son endémicas del estado de Oaxaca; las cuatro marcadas con asterisco habitan exclusivamente en la cuenca del río Tehuantepec, la última solamente se conoce de la localidad tipo.

Algunos colectores han dedicado esfuerzo especial a las especies de este género. En este contexto cabe mencionar a Héctor Arroyo y Francisco Ventura, cuya labor resultó importante para el entendimiento de las especies de la región de la cuenca del Papaloapan, así como a Silvia Salas y sus colaboradores (sobre todo Misael Elorsa y Alfredo Saynes), quienes realizaron similar y particularmente trascendente trabajo en el sector costero del estado.

En la actualidad se encuentran acumulados en el herbario MEXU 2,236 ejemplares de *Bursera* colectados en el estado y en IEB son 410. En el Jardín Etnobotánico de Oaxaca, ubicado en la capital del estado, pueden observarse plantas vivas de 27 especies de este género, habitantes de diferentes regiones de la entidad federativa, obra en especial promovida por su director Alejandro de Ávila.

Las principales áreas de concentración de los elementos de este género en Oaxaca son:

- la región de ‘La Cañada’, ubicada en el noroeste del estado; pertenece a la cuenca del río Papaloapan, con 21 especies, además de una cultivada;
- el sector de altitudes medias de la cuenca del río Balsas, en el occidente del estado, con al menos 14 especies;
- la parte de altitudes medias y bajas de la cuenca del río Tehuantepec, en el sureste de Oaxaca, con 18 especies;
- la franja costera, ubicada al sur de la Sierra Madre del Sur, en el sur de Oaxaca, con 13 especies.

En la preparación de la clave, que se presenta a continuación, se han tomado en cuenta en primera instancia las características de las hojas, de los frutos y de las infrutescencias, que son las estructuras que con mayor frecuencia pueden observarse en los ejemplares de este género. Se recurrió a menudo también al porte de la planta y a la distribución geográfica conocida de la especie. Se usaron asimismo los rasgos de la corteza del tronco del árbol, en particular el color y la exfoliación o su ausencia. Estas características son de mayor importancia para la identificación de las plantas y se encarece a los colectores que las observen e incluyan los datos correspondientes en la etiqueta.

Además de las 43 especies incluidas en la clave se han identificado de Oaxaca *B. grandifolia* (Schltdl.) Engl. y *B. roseana* Rzed., Calderón & Medina. Sin embargo, es necesario confirmar la existencia de estos árboles en el estado.

MÉTODO

En la construcción de clave se emplearon los siguientes elementos:

- claves ya existentes para las especies de *Bursera* de otras partes de su área de distribución;
- descripciones de las especies;
- imágenes de ejemplares de herbario disponibles en internet;
- la experiencia de los autores, obtenida mediante el trabajo de campo realizado.

RESULTADOS

Clave dicotómica

- 1 Frutos trivalvados; corteza del tronco comúnmente exfoliante en tiras papiráceas.
- 2 Corteza del tronco roja o rojiza.
- 3 Foliolos 1 a 5(7).
- 4 Foliolos todos redondeados a obtusos en el ápice.
- 5 Foliolos 1 o a veces 3, frutos de 9 a 11 mm de largo, dispuestos en racimos o a veces solitarios; árbol hasta de 8(15) de alto, habitante de la cuenca del río Tehuantepec y del sur de Oaxaca *B. laurihuertae*
- 5 Foliolo siempre 1; frutos de 4 a 8 mm de largo, solitarios o fasciculados; arbusto por lo general de menos de 2 m de alto, de amplia distribución geográfica *B. schlechtendalii*
- 4 Foliolos todos o en su mayoría agudos a acuminados en el ápice.
- 6 Foliolo 1, de 6 a 9.5 cm de largo; árbol conocido del bosque tropical subcaducifolio de la cuenca del río Tehuantepec *B. zapoteca*
- 6 Foliolos (1)3 o 5(7); árboles de ambientes más secos.
- 7 Foliolos 1 a 5(7), de forma, número y tamaño muy variable en la misma rama; planta propia de ambientes muy cercanos a la costa..... *B. instabilis*
- 7 Foliolos por lo general 3 o 5(7), de forma y tamaño similar en la misma rama.
- 8 Frutos pubescentes, de 4 a 6 mm de largo; foliolos casi siempre 3; árbol registrado del sur de Oaxaca *B. krusei*
- 8 Frutos glabros; foliolos 3 o 5(7).
- 9 Ramillas y hojas densamente pubescentes en la juventud, por lo general conservando algo de pubescencia en la madurez; frutos de 6 a 10 mm de largo; árbol habitante del noroeste y centro de Oaxaca *B. cinerea*

- 9 Ramilias y hojas glabras o casi glabras desde la juventud; frutos de 4 a 6 mm de largo; árbol colectado en el sur de Oaxaca *B. ovalifolia*
- 5 Foliolos de las hojas principales 7 o más (las hojas con 3 o 5 foliolos a veces presentes al inicio de la aparición del follaje).
- 10 Foliolos de margen serrado *B. lancifolia*
- 10 Foliolos de margen entero.
- 11 Foliolos lineares o linear-oblongos, más de 5 veces más largos que anchos.
- 12 Ramas jóvenes, peciolo e inflorescencias pubérulas *B. galeottiana*
- 12 Ramas jóvenes, peciolo e inflorescencias glabras *B. morelensis*
- 11 Foliolos menos de 5 veces más largos que anchos.
- 13 Frutos romos en el ápice; árbol conocido de la cuenca del río Balsas *B. longipes*
- 13 Frutos puntiagudos en el ápice.
- 14 Frutos de 6 a 8 mm de largo; infrutescencia de 3 a 5 cm de largo; follaje inflorescencia densamente pubescentes en la juventud; corteza del tronco roja oscura; árbol de hasta 12(20) m de altura, del bosque tropical caducifolio del sur y sureste de Oaxaca..... *B. arborea*
- 14 Frutos de 9 mm o más de largo; infrutescencia por lo general de más de 5 cm de largo; árbol hasta de 30 m de alto, habitante preferente del bosque tropical perennifolio y subcaducifolio, de amplia distribución geográfica ..
..... *B. simaruba*
- 2 Corteza del tronco amarilla o amarillenta, en varios tonos.
- 15 Plantas pubescentes, al menos en las ramillas tiernas, peciolo e inflorescencias.
- 16 Raquis de las hojas sin alas; foliolo de menos de 1 cm de largo; planta a menudo arbustiva, registrada del noroeste de Oaxaca *B. arida*
- 16 Raquis de las hojas con alas angostas manifiestas; foliolo de más de 1 cm de largo en la mayor parte de las hojas; árbol de más amplia distribución geográfica..... *B. ariensis*
- 15 Plantas glabras o esencialmente glabras.
- 17 Foliolos (9)11 a 17, de 0.5 a 1(1.5) cm de largo; árbol colectado en el noroeste de Oaxaca *B. aptera*
- 17 Foliolos (1)3 a 15, de ser más de 7, de más de 1.5 cm de largo.
- 18 Foliolos verdes oscuros en el haz, glaucos en el envés; árbol conocido de la cuenca del río Balsas y de varios sectores del sur de Oaxaca
..... *B. discolor*
- 18 Foliolos sin diferencia muy notable de color entre el haz y en el envés.

- 19 Foliolos (3)7 a 11(13), notablemente verde-glaucos en ambas superficies, los laterales con frecuencia elípticos, el terminal obovado, redondeado a truncado en el ápice; árbol habitante de la cuenca del río Balsas..... *B. bolivarii*
- 19 Foliolos (1)3 a 5(7), sin tonalidad glauca, de forma diversa, el terminal por lo general agudo en el ápice.
- 20 Corteza del tronco poco exfoliante; foliolos de 1.5 a 4 cm de largo; ramillas a menudo blanquecinas; pedúnculo en fruto hasta de 4 mm de largo; árbol registrado del sur de Oaxaca *B. silviae*
- 20 Corteza del tronco notablemente exfoliante; foliolos de 0.5 a 2(3) cm de largo; pedúnculo en fruto hasta de 2 mm de largo; planta con frecuencia arbustiva, de amplia distribución geográfica *B. fagaroides*
- 1 Frutos bivalvados; corteza del tronco por lo general gris y sin exfoliarse, a veces exfoliándose en la base en tiras cartáceas.
- 21 Raquis de hojas imparipinnadas desprovisto de alas; algunas hojas a veces trifolioladas.
- 22 Infrutescencias laxamentes paniculadas o racemosas.
- 23 Foliolos de (0.6)0.9 a 1.7(2) cm de largo; árbol registrado del norte, centro y suroeste de Oaxaca *B. mirandae*
- 23 Foliolos de más de 3 cm de largo.
- 24 Foliolos elípticos a ovados; árbol conocido del sur de Oaxaca *B. jerzyi*
- 24 Foliolos lanceolados a angostamente lanceolados; árboles habitantes de la cuenca del río Balsas.
- 25 Frutos de 12 a 15 mm de largo; foliolos 5(7 a 9)11 *B. xochipalensis*
- 25 Frutos de 6 a 8 mm de largo; foliolos 9(13 a 19)21 *B. bonetii*
- 22 Infrutescencias compactas, por lo general racemosas, o bien los frutos solitarios.
- 26 Frutos glabros; foliolos 3 a 5; árbol colectado en el noroeste de Oaxaca *B. pontiveteris*
- 26 Frutos pubescentes.
- 27 Foliolos (3)5 a 11, oblongos a elípticos, de ápice agudo a abruptamente acuminado; árbol conocido del noroeste y de algunos sectores del sur de Oaxaca *B. esparzae*
- 27 Foliolos (9)13 a 15, lanceolados, de ápice acuminado; árbol habitante de la cuenca del río Balsas y de algunos sectores del sur de Oaxaca *B. vejar-vazquezii*

- 21 Raquis de las hojas alado, a veces angostamente o solo en el extremo distal de la hoja, o bien todas las hojas bipinnadas, trifolioladas o unifolioladas.
- 28 Hojas todas bipinnadas en la mayor parte de su extensión, o bien los foliolos de menos de 8 mm de largo *B. bipinnata*
- 28 Hojas todas imparipinnadas, trifolioladas o unifolioladas; foliolos de más de 8 mm de largo, al menos en las hojas maduras.
- 29 Hojas unifolioladas, o bien trifolioladas y a veces algunas con 5 foliolos.
- 30 Árbol o arbusto solamente conocido del noroeste de Oaxaca; foliolo uno, a veces 3 y en ocasiones 5; pedicelos fructíferos filiformes y llevando 1 a 2(3) frutos; corteza del tronco con frecuencia amarillenta y ligeramente exfoliante en la base *B. biflora*
- 30 Árboles desconocidos del noroeste de Oaxaca; pedicelos fructíferos por lo general gruesos; corteza del tronco gris, no exfoliante.
- 31 Hojas manifiestamente rugosas y ampulosas en el haz; foliolos por lo general 3, a veces 5; árbol solamente registrado de altitudes medias de la cuenca del río Tehuantepec *B. heliae*
- 31 Hojas no rugosas ni ampulosas en el haz; foliolos 1 a 3.
- 32 Foliolo por lo general 1, rara vez 3; frutos de 10 a 13 mm de largo; árbol solamente conocido de altitudes medias de la cuenca del río Tehuantepec *B. simplex*
- 32 Foliolos 3; frutos de 6 a 10 mm de largo; árbol conocido del sur y sureste de Oaxaca *B. heteresthes*
- 29 Hojas con 5 o más foliolos, a veces también algunas trifolioladas.
- 33 Frutos pubescentes.
- 34 Foliolos oblongos, variando a elípticos a lanceolados, agudos a obtusos en el ápice, densamente grisáceo-tomentosos en el envés; árbol habitante del noroeste, así como de la parte correspondiente a la cuenca del río Balsas de Oaxaca *B. submoniliformis*
- 34 Foliolos lanceolados a angostamente lanceolados, acuminados en el ápice, con pubescencia blanquecina corta y densa; árbol colectado en la cuenca del río Balsas y de algunos sectores del sur de Oaxaca *B. vejar-vazquezii*
- 33 Frutos glabros.
- 35 Foliolos, al menos en su mayoría, menos de dos veces más largos que anchos.
- 36 Dientes del margen de los foliolos a menudo escotados en el ápice.
- 37 Árbol bajo o arbusto habitante de altitudes superiores a 1800 m en el noroeste de Oaxaca *B. altijuga*

- 37 Árbol habitante de altitudes inferiores a 1650 m en el sur y sureste de Oaxaca *B. excelsa*
- 36 Dientes del margen de los foliolos por lo común sencillos, sin escotadura.
- 38 Árbol colectado en altitudes inferiores a 500 m en el sureste de Oaxaca *B. isthmica*
- 38 Árboles habitantes de altitudes superiores de 500 m.
- 39 Fruto elipsoide, algo comprimido; hojas de textura membranácea; árbol conocido de altitudes entre 500 y 1500 m *B. linanoe*
- 39 Fruto elipsoide a orbicular u obovoide, no comprimido; hojas maduras de textura coriácea; árbol registrado de altitudes entre 800 y 2200 m *B. glabrifolia*
- 35 Folíolos, al menos en su mayoría, dos o más veces más largos que anchos.
- 40 Infrutescencias compactas, por lo general racemosas, o bien los frutos solitarios.
- 41 Folíolos 5 a 11(13), a menudo de 2 cm o más de ancho; árbol habitante del sur y sureste de Oaxaca *B. excelsa*
- 41 Folíolos 13 a 23, de menos de 1.5 cm de ancho.
- 42 Folíolos con el haz sin apariencia ampuloso-rugosa; árbol colectado en el noroeste de Oaxaca *B. aspleniifolia*
- 42 Folíolos con el haz con apariencia ampuloso-rugosa; árbol de relativamente amplia distribución geográfica pero escaso en el noroeste de Oaxaca *B. copallifera*
- 40 Infrutescencias laxamente paniculadas o racemosas.
- 43 Folíolos por lo general agudos en el ápice, su margen con dientes a menudo escotados en el ápice; árbol habitante del noroeste de Oaxaca *B. hintonii*
- 43 Folíolos por lo general acuminados en el ápice, su margen con dientes por lo común sencillos, sin escotadura, o bien los dientes del margen inconspicuos; árboles desconocidos del noroeste de Oaxaca (salvo *B. graveolens*, a veces cultivada allí en cercas vivas).
- 44 Folíolos con el envés notablemente blanquecino *B. bicolor*
- 44 Folíolos sin extrema diferencia de color entre el haz y el envés.

- 45 Frutos de 12 a 15 mm de largo; árbol conocido de la cuenca del río Balsas *B. xochipalensis*
- 45 Frutos de 6 a 10 mm de largo.
- 46 Folíolos (3)7 a 9(11); árbol conocido en forma espontánea en el sur y sureste de Oaxaca *B. graveolens*
- 46 Folíolos (9)13 a 19(21); árbol habitante de la cuenca del río Balsas *B. bonetii*

Información adicional relativa a la ubicación de descripciones e ilustraciones

B. altijuga Rzed., Calderón & Medina, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski, *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

B. aptera Ramírez, igual que en la anterior;

B. arborea (Rose) L. Riley, descripción disponible en Rose (1911);

B. arida (Rose) Standl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

B. ariensis (Kunth in Humb., Bonpl. & Kunth) McVaugh & Rzed., igual que en la anterior;

B. aspleniifolia Brandegee, igual que en la anterior;

B. bicolor (Willd. ex Schltld.) Engl., descripción disponible en Rose (1911);

B. biflora (Rose) Standl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

B. bipinnata (Moc. & Sesse ex DC.) Engl., igual que en la anterior;

B. bolivarii Rzed., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski (1970);

B. bonetii Rzed., igual que en la anterior;

B. cinerea Engl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

B. copallifera (DC.) Bullock, descripción e ilustración disponibles en Kunth (1825: 28, t. 612) bajo el nombre de *Elaphrium jorullense*; una breve descripción también disponible en Rose (1911) bajo el mismo binomio;

B. discolor Rzed., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski (1970);

Bursera esparzae Rzed., Calderón & Medina, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

Bursera excelsa (Kunth) Engl., descripción disponible en Kunth (1825: 30) y una más breve en Rose (1911);

B. fagaroides (Kunth) Engl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski, *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

- B. galeottiana* Engl., igual que en la anterior;
- B. glabrifolia* (Kunth) Engl., igual que en la anterior;
- B. graveolens* (Kunth) Triana & Planch., igual que en la anterior;
- B. heliae* Rzed. & Calderón, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2002);
- B. heteresthes* Bullock, descripción actualizada disponible en Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2009);
- B. hintonii* Bullock, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);
- B. instabilis* McVaugh & Rzed, descripción e ilustración disponibles en McVaugh & Rzedowski (1965);
- B. isthmica* Rzed. & Calderón; descripción e ilustración disponibles en Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2002);
- B. jerzyi* Medina, descripción e ilustración disponibles en Medina Lemos (2013);
- B. krusei* Rzed., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski (1973);
- B. lancifolia* (Schltdl.) Engl.; descripción disponible en Rzedowski & Guevara-Féfer (1992); ilustración disponible en Ramírez (1896) bajo el nombre de *B. trijuga*.
- B. laurihuertae* Rzed. & Calderón; descripción e ilustración disponibles en (Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2000);
- B. linanoe* (La Llave) Rzed., Calderón & Medina, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);
- B. longipes* (Rose) Standl., descripción disponible en Rose (1911) Rose;
- B. mirandae* C. A. Toledo, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski, *et al.* (2004) y en (Medina Lemos (2008);
- B. morelensis* Ramírez, igual que en la anterior;
- B. ovalifolia* (Schltdl.) Engl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski, *et al.* (2007);
- B. pontiveteris* Rzed., Calderón & Medina; descripción e ilustración disponibles en (Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);
- B. schlechtendalii* Engl., igual que en la anterior;
- B. silviae* Rzed. & Calderón, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2008);
- B. simaruba* (L.) Sarg., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en Medina Lemos (2008);

B. simplex Rzed. & Calderón; descripción e ilustración disponibles en Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2006);

B. submoniliformis Engl., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski *et al.* (2004) y en (Medina Lemos (2008);

B. vejar-vazquezii Miranda; descripción disponible en Miranda (1942);

B. xochipalensis Rzed., descripción e ilustración disponibles en Rzedowski (1973);

B. zapoteca Rzed. & Medina, descripción e ilustración disponibles en Rzedowski & Medina Lemos (2018);

Descripciones por lo general muy breves de muchas de las especies se encuentran también en la obra de Standley (1921).

Las fotografías de los ejemplares de herbario de todas las especies de Oaxaca, salvo *B. arborea* y *B. bonetii*, pueden consultarse en el portal Datos Abiertos UNAM. Estas dos plantas califican como protegidas en la Norma Oficial Mexicana 059. Las imágenes de *B. bonetii* cabe buscarlas en el sitio web Seinet. Las de los tipos nomenclaturales de la mayor parte de los nombres aceptados de *Bursera* y de sus sinónimos taxonómicos están disponibles en el portal Jstor Global Plants.



Fig. 1. Ramilla, hojas y frutos de *Bursera graveolens*.



Fig. 2. Ramilla, hojas y frutos de *Bursera linanoe*.



Fig. 3. Ramilla, hojas y frutos de *Bursera ovalifolia* (Schtdl.) Engl.



Fig. 4. Ramilla hojas y frutos de *Bursera simaruba*.

AGRADECIMIENTOS

La maestra Mollie Harker tuvo la amabilidad de traducir el resumen al inglés. Se agradece profundamente esta gentileza.

LITERATURA CITADA

Recibido:
1/abril/2021

Aceptado:
4/julio/2021

- Bullock, A. A. (1936). Notes on the Mexican species of the genus *Bursera*. *Bull. Misc. Inf. Kew*, 346-387.
- Engler, A. (1883). Burseraceae. DC. Monogr. Phaner. 4, 1-169.
- Kunth, C. S. (1825). Burseraceae. En Humboldt, A., Bonpland, A. & Kunth, C. S. *Nova genera et species plantarum*. Paris. 7, 23-35.
- McVaugh, R., & Rzedowski, J. (1965). Synopsis of the genus *Bursera* L. in western Mexico, with notes on the material of *Bursera* collected by Sessé & Mociño. *Kew Bull.*, (18), 317-382.
- Medina Lemos, R. (2008). Burseraceae. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. (Fasc. 66), 1-76.
- Medina Lemos, R. (2013). Una nueva especie de *Bursera* (Burseraceae) del sur de Oaxaca. *Acta Bot. Mex.*(103), 19-25.
- Miranda, F. (1942). Nuevas fanerógamas del suroeste del estado de Puebla. *Anales. Inst. Biol. Univ. Nac. Méx.*(13), 451-462.
- Ramírez, J. (1896). Datos para el estudio de los cuajotes. *Anales Inst. Méd. Nac.*(2), 11-18.
- Rose, J. N. (1911). Burseraceae. En N. Amer. Fl.(25), 241-261.
- Rzedowski, J. (1970). Notas sobre el género *Bursera* (Burseraceae) en el estado de Guerrero. *Anales Esc. Nac. Cienc. Biol.*(17), 17-36.
- Rzedowski, J. (1973). Plantae guerrerenses kruseanae. *Ciencia, Méx.*(28), 43-58.
- Rzedowski, J. (2002). Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) del estado de Oaxaca. *Acta Bot. Mex.*(59), 81-90.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2000). Una especie nueva de *Bursera* (Burseraceae) del estado de Oaxaca. *Acta Bot. Mex.*(52), 75-81.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2005). Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) de México. *Acta Bot. Mex.*(76), 89-98.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2008). Dos especies nuevas de *Bursera* (Burseraceae) de los estados de Guerrero, Michoacán y Oaxaca. *Acta Bot. Mex.*(82), 75-85.
- Rzedowski, J., & Guevara-Féfer, F. (1992). Burseraceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fasc. 3. 1-46.
- Rzedowski, J., & Medina Lemos, R. (2018). *Bursera zapoteca* (Burseraceae), especie arbórea nueva del sur de Oaxaca. *Polibotánica*(45), 1-6.
- Rzedowski, J., Calderón de Rzedowski, G., & Medina Lemos, R. (2007). Segunda restauración de *Bursera ovalifolia* y nuevo nombre para otro componente del complejo de *B. simaruba* (Burseraceae). *Acta Bot. Mex.*(81), 45-70.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2009). Nota sobre *Bursera heteresthes* (Burseraceae). *Acta Bot. Mex.*(88), 81-93.
- Rzedowski, J., Medina Lemos, R., & Calderón de Rzedowski, G. (2004). Las especies del género *Bursera* (Burseraceae) en la cuenca superior del río Papaloapan (México). *Acta Bot. Mex.*(66), 23-151.
- Rzedowski, J., Medina Lemos, R., & Calderón de Rzedowski, G. (2005). Inventario del conocimiento taxonómico, así como de la diversidad y del endemismo de las especies mexicanas del género *Bursera* (Burseraceae). *Acta Bot. Mex.*(70), 85-111.
- Standley, P. C. (1921). Burseraceae. En: Trees and shrubs of Mexico. *Contr. U.S. Natl. Herb.*, 23(3), 542-552.

LISTADO ACTUALIZADO Y NUEVOS REGISTROS DE BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) EN JALISCO, MÉXICO

UPDATED CHECKLIST AND NEW RECORDS OF BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) FROM JALISCO, MEXICO

Saldivar, Á.E.; J. García Jiménez, M.J. Herrera Fonseca y O. Rodríguez Alcántar.

LISTADO ACTUALIZADO Y NUEVOS REGISTROS DE BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) EN JALISCO, MÉXICO.

UPDATED CHECKLIST AND NEW RECORDS OF BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) FROM JALISCO, MEXICO.

LISTADO ACTUALIZADO Y NUEVOS REGISTROS DE BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) EN JALISCO, MÉXICO

UPDATED CHECKLIST AND NEW RECORDS OF BOLETACEAE (FUNGI, BASIDIOMYCOTA, BOLETALES) FROM JALISCO, MEXICO

Saldivar, Á.E.;
J. García Jiménez,
M.J. Herrera Fonseca
y O. Rodríguez Alcántar

LISTADO ACTUALIZADO Y
NUEVOS REGISTROS DE
BOLETACEAE (FUNGI,
BASIDIOMYCOTA,
BOLETALES) EN JALISCO,
MÉXICO

UPDATED CHECKLIST AND
NEW RECORDS OF
BOLETACEAE (FUNGI,
BASIDIOMYCOTA,
BOLETALES) FROM
JALISCO, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 25-49. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.3

Á.E. Saldivar

Departamento de Botánica y Zoología

Universidad de Guadalajara

Apdo. postal 1-139, Zapopan, Jal., 45101, México.

J. García Jiménez

Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria,

Av. E. Portes Gil 1301 Pte., 87010, Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

M.J. Herrera Fonseca

O. Rodríguez Alcántar / olivia.rodriguez@academicos.udg.mx

Departamento de Botánica y Zoología

Universidad de Guadalajara

Apdo. postal 1-139, Zapopan, Jal., 45101, México.

RESUMEN: En este trabajo se presenta un listado taxonómico de los hongos de la familia Boletaceae del estado de Jalisco, México, basado en las recientes propuestas de clasificación. Para la elaboración del listado se consideraron las especies previamente citadas en la literatura, así mismo, se examinaron morfológicamente especímenes correspondientes a esta familia depositados en los herbarios IBUG e ITCV. En esta entidad se reconocen un total de 68 taxones adscritos a siete subfamilias, 30 géneros con 59 especies, dos variedades y siete especies afines. Se citan como registros nuevos para la micobiota de Jalisco a *Boletellus flocculosipes*, *Boletus pseudopeckii*, *B. rubriceps*, *B. speciosus*, *Buchwaldoboletus lignicola*, *Chalciporus rubinellus*, *Hemileccinum subglabripes*, *Hortiboletus campestris* y *Tylopilus obscurus*.

Palabras clave: ectomicorrizógenos, inventario, micobiota, taxonomía.

ABSTRACT: This work presents a taxonomic list of the fungi of the Boletaceae family from the state of Jalisco, Mexico, based on recent classification proposals. For the elaboration of the list, the species previously cited in the literature were considered, likewise, specimens corresponding to this family deposited in the herbaria IBUG and ITCV were examined morphologically. A total of 68 taxa assigned to seven subfamilies, 30 genera with 59 species, two varieties and seven related species are recognized in this state. *Boletellus flocculosipes*, *Boletus pseudopeckii*, *B. rubriceps*, *B. speciosus*, *Buchwaldoboletus lignicola*, *Chalciporus rubinellus*, *Hemileccinum subglabripes*, *Hortiboletus campestris*, and *Tylopilus obscurus* are attached as new records for the Jalisco mycobiota species.

Key words: ectomycorrhizal, inventory, mycobiota, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

Los hongos pertenecientes a la familia Boletaceae Chevallier (Basidiomycota, Agaricomycetes, Boletales) representan un grupo importante de hongos ectomicorrizógenos distribuidos en regiones templadas, tropicales y subtropicales, asociados a plantas leñosas de las familias Betulaceae, Caesalpinaceae, Casuarinaceae, Dipterocarpaceae, Ericaceae,

Fagaceae, Mimosaceae, Myrtaceae, Pinaceae, Polygonaceae y Salicaceae (Henkel, Terborgh, & Vilgalys, 2002; Halling, Osmundson, & Neves, 2008; Bandala & Montoya, 2015). Las especies de esta familia son conocidas comúnmente como “boletáceos”, y se caracterizan por presentar basidiomas carnosos, putrescentes, pileado-estipitados con himenóforo tubular principalmente, o más raramente láminar o de tipo gastroide (Singer, 1986; Wu, y otros, 2014). Macroscópicamente presentan una variedad llamativa de formas, tamaños, colores y reacciones de oxidación; microscópicamente presentan basidiosporas con superficie lisa u ornamentada, que pueden ser longitudinalmente estriadas, reticuladas u horadadas, con basidios generalmente claviformes, cistidios versiformes, trama himenófora de tipo boletoide (boletoid) o filoporoide (phylloporoid), y la pileipellis de tipo tricodermo, tricodermo entrelazado, ixotricodermo entrelazado o un epitelio (Singer, 1986; Šutara, 2008; Wu, y otros, 2014). Por otra parte, los boletáceos han sido tema de importantes contribuciones taxonómicas y descriptivas (Peck, 1889; Murrill, 1914; Singer, 1945; 1947) (Singer, 1973; 1978; 1981) (Snell & Dick, 1970; Smith & Thiers, 1971; Grund & Harrison, 1976; Wolfe, 1979) (Singer, García, & Gómez, 1990; 1991; 1992) (Both, 1993; Bessette, Roody, & Bessette, 2000; 2016; Muñoz, 2005; Ortiz-Santana, Lodge, Baroni, & Both, 2007; Šutara, 2008) (Wu, y otros, 2014; 2016).

Recientes estudios sistemáticos y filogenéticos ubican taxonómicamente a la familia Boletaceae dentro del orden Boletales y el suborden Boletineae (Binder & Hibbett, 2006). Actualmente se conocen alrededor de 1450 especies de Boletaceae en el mundo, adscritas a siete subfamilias y 92 géneros (Kirk, Canon, Minter, & Stalpers, 2008; Wu, y otros, 2014; He, y otros, 2019; Wijayawardene, y otros, 2020). Con la integración de datos moleculares en los estudios filogenéticos, se ha observado que algunos géneros de Boletaceae como *Boletus* L., *Leccinum* Gray, *Pulveroboletus* Murrill, *Tylophilus* Karst. y *Xerocomus* Quél. han resultado ser polifiléticos contrastados con la clasificación tradicional que sólo consideraba caracteres morfológicos y quimio-taxonómicos (Singer, 1986; Dentinger, y otros, 2010; Nuhn, Binder, Taylor, Halling, & Hibbett, 2013; Wu, y otros, 2016; Frank, Siegel, Schwarz, Araki, & Vellinga, 2020). Así, la inclusión de caracteres moleculares ha dilucidado los límites taxonómicos entre géneros o grupos de especies, además con esta integración, se han adicionado géneros y especies gastroides que antes no se consideraban dentro de esta familia (Desjardin, Binder, Roekring, & Flegel, 2009; Smith, y otros, 2015; Kuo & Ortiz-Santana, 2020).

En México los estudios y registros de especies de Boletaceae han recibido importante atención por parte de diversos autores (Murrill, 1910; Heim & Perreau, 1964; Guzmán, 1974; García & Castillo, 1981; García, Gaona, Castillo, & Guzmán, 1986) (Singer, García, & Gómez, 1990; 1991; 1992; Montoya & Bandala, 1991) (González-Velázquez & Valenzuela, 1993; 1995; 1996) (Moreno Fuentes, 1996; García Jiménez, 1999; 2013; Montoya & Bandala, 2011; García-Jiménez, Singer, Estrada, Garza-Ocañas, & Valenzuela, 2013; Ayala-Vázquez, Valenzuela, Aguirre-Acosta, Raymundo, & García-Jiménez, 2018) (Montoya, Garay-Serrano, & Bandala, 2019; García-Jiménez, Garza-Ocañas, De la Fuente, Saldivar, & Ayala-Vázquez, 2019; González-Chicas, Cappello, Cifuentes, & Torres-de la Cruz, 2019; Rodríguez, Martínez-González, González, & Luna-Vega, 2020). Con respecto al número de taxa presentes en México, se cuenta con un registro aproximado de 212 taxones adscritos a 20 géneros de acuerdo con la clasificación tradicional (García Jiménez, 1999; García & Garza, 2001). Para el estado de Jalisco, basado en las compilaciones de las especies fúngicas (Guzmán-Dávalos & Fragoza, 1995; Sánchez-Jácome & Guzmán-Dávalos, 2011), estudios taxonómicos (García Jiménez, 1999; García-Jiménez, Garza-Ocañas, De la Fuente, Saldivar, & Ayala-Vázquez, 2019) e inventarios micobioticos (Rodríguez, y otros, 2010; Rodríguez Alcántar & Herrera-Fonseca, 2016; Terríquez, Herrera-Fonseca, & Rodríguez Alcántar, 2017; Rodríguez-Alcántar, Figueroa-García, & Herrera-Fonseca, 2018; 2019; Torres-Preciado, Rodríguez Alcántar, Herrera-Fonseca, & Figueroa-García, 2020) se tenían 63 taxones registrados en distintas localidades del estado. El objetivo del presente trabajo es contribuir al conocimiento de la familia Boletaceae en Jalisco proporcionando el listado actual de las especies reconocidas en dicha región y la descripción de los registros nuevos para el estado.

MÉTODOS

Con base en la revisión de los ejemplares de boletáceos depositados en los herbarios IBUG e ITCV, se seleccionó aquel material que contara con una descripción en fresco lo más completa posible de los caracteres macromorfológicos diagnósticos de la familia, así como los ejemplares que han sido previamente citados para Jalisco, esto con el objetivo de corroborar su previa determinación.

Se efectuaron recolectas de basidiomas en algunas localidades del estado de Jalisco, con el fin de incluir descripciones morfológicas más completas y reconocer los tipos de vegetación en la que los boletáceos se encuentran asociados. Estos ejemplares fueron descritos y fotografiados en campo, los cuales se encuentran depositados en la Colección Micológica del Herbario IBUG, con algunos duplicados en el Herbario Micológico del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria ITCV, Tamaulipas. Las abreviaturas de los herbarios son acordes a Index Herbariorum (Thiers, 2021).

Los caracteres macroscópicos se describieron de acuerdo con la literatura indicada para hongos macroscópicos (Largent, 1986; Vellinga, 1998). Se siguieron las técnicas convencionales en micología para el estudio micro morfológico (Largent, Johnson, & Watling, 1977) con el uso de un microscopio óptico Zeiss K7 realizándose cortes finos a mano de las diferentes partes del basidioma, para observar, medir y dibujar las estructuras microscópicas bajo preparaciones con el uso de KOH 5% y alcohol, y en algunos casos reactivo de Melzer o floxina. Las fotografías de los caracteres micromorfológicos se realizaron con el software Axiovision 2.4.

Los materiales estudiados se determinaron de acuerdo con bibliografía especializada del grupo (Smith & Thiers, 1971; Grund & Harrison, 1976; Singer, 1986; Singer, García, & Gómez, 1991; 1992; García Jiménez, 1999) (Bessette, Roody, & Bessette, 2000; 2016; Klofac, 2010; Neves & Halling, 2010; Wu, y otros, 2016; Ayala-Vázquez, Valenzuela, Aguirre-Acosta, Raymundo, & García-Jiménez, 2018), así mismo, en este trabajo se empleó la reciente clasificación taxonómica de la familia Boletaceae propuesta por (Wu, y otros, 2014). Se presenta la descripción de los registros nuevos para Jalisco, así como láminas con fotografías de basidiomas y estructuras microscópicas de la mayoría de estos, además de claves dicotómicas de los taxones antes mencionados (ver anexo 1), y de géneros de boletáceos registrados en esta entidad.

RESULTADOS

Con base en la revisión de literatura y el estudio morfo-anatómico de 94 especímenes de la familia Boletaceae de Jalisco, se reconocen un total de 68 taxones adscritos a siete subfamilias y 30 géneros con 59 especies, dos variedades y siete especies afines (Cuadro 1). Se citan nueve registros nuevos para la microbiota de Jalisco, siete especies afines que no se reconoce su distribución en América, además, se excluyeron siete taxones previamente citados por tener una determinación dudosa.

De acuerdo con el número de especies por género, *Boletus* es el que presentó un mayor número al contar con 12 taxones, seguido de *Tylopilus* con seis y *Boletellus* y *Leccinum* con cinco. El municipio con mayor registro fué Tequila con 38, seguido de Zapopan con 29, San Sebastián del Oeste con 22 y Zapotlán el Grande con 19. La especie con más frecuencia en el estado es *Butyriboletus frostii* ubicada en 11 municipios, seguida de *Boletellus ananas* con 10 registros, *Strobilomyces confusus* con ocho y *Aureoboletus russelli* siete (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado taxonómico actualizado y distribución por municipios de las especies de Boletaceae en Jalisco, México. Nuevo registro para Jalisco*, Nuevo registro para el municipio**. Los números entre paréntesis representan las citas bibliográficas de donde fueron tomadas: 1. Téllez *et al.* (1988); 2. Singer *et al.* (1992); 3. Guzmán-Dávalos & Fragoza Díaz (1995); 4. Moreno-Fuentes (1996); 5. Fierros-López y Guzmán-Dávalos (1997); 6. García (1999); 7. Arroyo-Rizo (2000); 8. Rodríguez *et al.* (2000); 9. Rodríguez *et al.* (2010); 10. Sánchez-Jácome & Guzmán-Dávalos (2011); 11. Padilla-Velarde *et al.* (2016); 12. Terríquez *et al.* (2017); 13. Rodríguez-Alcántar *et al.* (2018); 14. García-Jiménez *et al.* (2019); 15. Rodríguez-Alcántar *et al.* (2019); 16. Torres-Preciado *et al.* (2020).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
BOLETACEAE		
AUSTROBOLETOIDEAE		
<i>Austroboletus gracilis</i> (Peck) Wolfe	Tequila (6,13)	Á.E. Saldivar 364 (IBUG); García 10701 (ITCV); O. Rodríguez 912a (IBUG).
<i>Fistulinella wolfeana</i> Singer & J. García	Poncitlán (12), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (6, 13), Zapopan (6, 9)	Á.E. Saldivar 217 (IBUG); G. Blanco 96 (IBUG); García 6611, 6618, 6624, 10682 (ITCV); L. Guzmán-Dávalos 8923, 9693, 9831, 10257 (IBUG); L.A. Rodríguez Ponce 3 (IBUG); M. Herrera 877, 997 (IBUG); M.R. Sánchez-Jácome 1037 (IBUG); O. Rodríguez 3424, 3563, 3659 (IBUG).
<i>Veloporphyrillus pantoleucus</i> L.D. Gómez & Singer	San Sebastián del Oeste (15), Tecalitlán**	K. Ibarra-Cortes 56 (IBUG); O. Rodríguez 3571, 3644 (IBUG).
BOLETOIDEAE		
<i>Boletus auripes</i> Peck	Tequila (6)	García 10715 (IBUG, ITCV).
<i>B. atkinsonii</i> Peck	Poncitlán (12), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (6, 13), Zapopan (3, 6)	E. Horak 13126 (IBUG); K. Terríquez 163 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 5232 (IBUG, ITCV); L.M. González-Villarreal 4488 (IBUG); O. Rodríguez 478, 3372, 3425, 3600 (IBUG).
<i>B. barrowsii</i> Thiers & A.H. Sm.	Zapopan (6)	G. Nieves 118 (IBUG, ITCV).
<i>B. aff. pinophilus</i> Pilát & Dermek	Mascota (8), Sin localidad (3)	L. Guzmán-Dávalos 6677 (IBUG).
* <i>B. pseudopecki</i> A.H. Sm. & Thiers	Tequila	O. Rodríguez 3782 (IBUG).
<i>B. pseudoseparans</i> Grand & A.H. Sm.	Tlajomulco de Zúñiga (6), Zapopan (9)	O. Rodríguez 629 (IBUG).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
* <i>B. rubriceps</i> D. Arora & J.L. Frank	Tapalpa	<i>O. Rodríguez</i> 3518 (IBUG).
<i>B. rubroflammeus</i> A.H. Sm. & Thiers	Tequila (6)	<i>M. Garza</i> 343 (IBUG).
<i>B. separans</i> Peck	San Martín Hidalgo (6), San Sebastián del Oeste (15)	<i>M. Herrera</i> 58 (IBUG); <i>M.L. Fierros</i> 902 (IBUG).
* <i>B. speciosus</i> Frost	Atemajac de Brizuela, Tequila	<i>A. López</i> 5 (IBUG); <i>Á.E. Saldivar</i> 283 (IBUG).
<i>B. variipes</i> var. <i>fagicola</i> A.H. Sm. & Thiers	Mazamitla**, Tequila (6), Zapotlán el Grande (6, 16)	<i>García</i> 10689 (ITCV); <i>O. Rodríguez</i> 52a, 752 (IBUG, ITCV); <i>S. Ascencio-Ramírez</i> 29 (IBUG).
<i>B. variipes</i> var. <i>variipes</i> Peck	Atenguillo (6), Mazamitla (6), San Gabriel (6, 16), San Sebastián del Oeste**, Tecolotlán (6), Tequila**	<i>L. Guzmán-Dávalos</i> 5315 (IBUG); <i>M.R. Sánchez Jácome</i> 258 (IBUG); <i>M.L. Fierros</i> 800 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 873 (IBUG, ITCV), 3533, 3570 (IBUG).
* <i>Hortiboletus campestris</i> (A.H. Sm. & Thiers) Biketova & Wasser	Tecolotlán, San Sebastián del Oeste	<i>M.L. Fierros</i> 115 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 3407 (IBUG).
<i>H. rubellus</i> (Krombh.) Simonini, Vizzini & Gelardi	Poncitlán (12), San Sebastián del Oeste**, Tequila**, Zapopan**	<i>Á.E. Saldivar</i> 157, 256 (IBUG); <i>K. Terríquez</i> 221, 255 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 3549, 3574, 3632 (IBUG).
<i>Imleria badia</i> (Fr.) Vizzini	Tecolotlán (5)	<i>M.L. Fierros</i> 136 (IBUG).
<i>Porphyrellus alboater</i> (Schwein) E.-J. Gilbert	Mazamitla (6), Mezquitic (6), Zapopan (6)	<i>L. Guzmán-Dávalos</i> 5306 (IBUG); <i>L. Villaseñor</i> 12 (IBUG); <i>Ortega</i> 10 (IBUG).
<i>P. porphyrosporus</i> (Fr. & Hök) E.-J. Gilbert	Cuautitlán de García Barragán (6)	<i>F. Trujillo</i> 967 (IBUG).
<i>Strobilomyces confusus</i> Singer	Ameca**, Mazamitla**, San Gabriel (16), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (6, 13), Tlajomulco de Zúñiga**, Zapopan (9), Zapotlán el Grande (16)	<i>A. Luna</i> 24 (IBUG); <i>García</i> 10, 694 (ITCV); <i>J. Mejía</i> 19 (IBUG); <i>L. Castellanos</i> 16 (IBUG); <i>L. García Hernández</i> 2 (IBUG); <i>L. Guzmán-Dávalos</i> 3450, 5503 (IBUG); <i>M.R. Sánchez-Jácome</i> 1037 (IBUG); <i>M.L. Fierros</i> 792 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 153, 988, 1598, 3638, 3659 (IBUG).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
<i>S. aff. strobilaceus</i> (Scop.) Berk	Casimiro Castillo**, San Gabriel (16), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (13), Zapopan (9), Zapotlán el Grande (16)	Á.E. Saldivar 130 (IBUG); C. Cabral 6 (IBUG); F. Landeros 3259 (IBUG); F. Santos 6 (IBUG); I.L. Chávez 25 (IBUG); M. Herrera 482, 504, 518 (IBUG); M.R. Sánchez-Jácome 91 (IBUG); N. Rojas 11 (IBUG); O. Rodríguez 139, 246, 675, 761, 1012, 1597, 1873, 2099, 3594, 3622, 3638 (IBUG); P. Pérez Guerrero 2 (IBUG); R. Heyer 13 (IBUG).
<i>Tylopilus felleus</i> (Bull.) P. Karst	San Gabriel (16), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (13)	Guzmán 32017 (IBUG); J. Fernández 1 (IBUG); M. Herrera 588, 612 (IBUG); M. Garza 338 (IBUG); O. Rodríguez 261 (IBUG).
<i>T. ferrugineus</i> (Frost) Singer	Talpa**, Zapotlán el Grande (16)	Á.E. Saldivar 169 (IBUG); S. Vázquez 411 (IBUG).
<i>T. gomezii</i> Singer	Tala (10), Tecolotlán**, Zapopan**, Zapotlán el Grande (16)	J. Briseño 40 (IBUG); M. González 13 (IBUG); M.L. Fierros 947 (IBUG); V. Lomelí 3 (IBUG).
* <i>T. obscurus</i> Halling	Tapalpa	O. Rodríguez 3852 (IBUG).
<i>T. plumbeoviolaceus</i> (Snell & E.A. Dick) Snell & E.A. Dick	Tapalpa**, Tecolotlán (5), Zapopan (3), Zapotlán el Grande (16)	E. Gándara 104 (IBUG); G. Santillan 13 (IBUG); V. Lomelí 1 (IBUG).
<i>T. tabacinus</i> (Peck) Singer	Tala (6), Tequila (6)	Á.E. Saldivar 338 (IBUG); García 6619, 10687 (ITCV); M. Garza 338 (IBUG).
<i>Xerocomellus chrysenteron</i> (Bull.) Šutara	Cuautitlán de García Barragán (6), Tecolotlán (5), Tequila (13), Zapopan**, Zapotlán el Grande (6, 16)	Á.E. Saldivar 211 (IBUG); Cibrián 16 (IBUG); M.L. Fierros 542, 998 (IBUG); O. Rodríguez 91 (IBUG).
<i>X. truncatus</i> (Singer, Snell & E.A. Dick) Klofac	Zapotlán el Grande (6, 16)	L. Guzmán-Dávalos 5425, 5907 (IBUG); O. Rodríguez 1156 (IBUG).
CHALCIPOROIDEAE		
<i>Buchwaldoboletus hemichrysus</i> (Berk. & M.A. Curtis) Pilát	Mazamitla (6), Tamazula**, Tequila (13), Tecalitlán**, Zapotlán el Grande (16)	I. Arreaga 14; García 6615 (ITCV); J.A. Perez de la Rosa s/n (IBUG); M. Garza 382 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 4757 (IBUG); O. Rodríguez 588 (IBUG).
* <i>B. lignicola</i> (Kallenb.) Pilát	Zapopan	E. Lobano 6 (IBUG).
* <i>Chalciporus rubinellus</i> (Peck) Singer	Tequila	K. González 26 (IBUG).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
GRUPO PULVEROBOLETUS		
<i>Butyriboletus frostii</i> (J.L. Russell) G. Wu, Kuan Zhao & Zhu L. Yan	Arandas (6), Mazamitla (6), Poncitlán (12), San Gabriel (6, 16), San Ignacio Cerro Gordo (10), San Miguel el Alto (6), Tapalpa (6), Tecolotlán (5), Tequila (6, 13), Tlajomulco de Zúñiga**, Zapopan (9), Zapotlán el Grande (6, 16)	A. Luna 41 (IBUG); B. Arceo-Orozco 357 (IBUG); C. Tellez 985 (IBUG); E. López 9 (IBUG); F. Trujillo 558 (IBUG); García 10691 (ITCV); J.J. Reynoso-Dueñas 895 (IBUG); K. Terriquez 163 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 4443 (IBUG, ITCV); M. Garza 224 (IBUG); M. Herrera 822 (IBUG); M.G. Torres Torres 629 (IBUG); O. Rodríguez 243 (IBUG, ITCV), 330, 379, 717, 744, 808, 3600, 3868 (IBUG); P. Cortés-Garduño 12 (IBUG).
<i>Caloboletus</i> aff. <i>calopus</i> (Pers.) Vizzini	Mezquitic (6), Zapotlán el Grande (6, 16)	García 5902, 6617 (ITCV); L.M. González-Villarreal 3142 (IBUG, ITCV).
<i>C. inedulius</i> (Murrill) Vizzini	Tequila (6), Zapotlán el Grande (16)	García 18,140 (ITCV); L. Guzmán-Dávalos 4290 (IBUG); S.Y. Rubio 116 (IBUG).
<i>Cyanoboletus pulverulentus</i> (Opat.) Gelardi, Vizzini & Simonini	San Sebastián del Oeste (15), Zapotlán el Grande (6, 16)	A. Tamayo y R. González s/n (IBUG); García 6633 (ITCV); L. Guzmán-Dávalos 5349 (IBUG); O. Rodríguez 1021, 3576 (IBUG).
<i>Neoboletus</i> aff. <i>erythropus</i> (Pers.) C. Han	San Gabriel (16), Tequila (13), Zapopan (7), Zapotlán el Grande (16)	C. González 2 (IBUG); E. Alatorre-Chávez 13 (IBUG); J.J. Godinez s/n (IBUG); O. Rodríguez 1599 (IBUG).
<i>Pulveroboletus ravenelli</i> (Berk. & M.A. Curtis) Murrill	Tequila (6, 13), Zapopan**	Á.E. Saldivar 362 (IBUG); García 10695 (ITCV); L. Guzmán-Dávalos 4484 (IBUG); M. Ávalos 8 (IBUG); O. Rodríguez 393, 3738 (IBUG).
<i>Rubroboletus</i> aff. <i>dupainii</i> (Boud.) Kuan Zhao & Zhu L. Yang	Zapopan**	Á.E. Saldivar 347 (IBUG); J.P. Orozco 36 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 5504 (IBUG).
<i>Suillellus luridus</i> (Schaeff.) Murill	Tequila (6, 13), Zapopan (6)	F. Trujillo 910 (IBUG); García 10692 (ITCV); M. Garza 194 (IBUG); O. Rodríguez 282 (IBUG, ITCV), 3530 (IBUG).
<i>S. subvelutipes</i> (Peck) Murill	Zapopan (6), Zapotlán el Grande (6, 16)	F. Trujillo 574 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 5905 (IBUG).
<i>Sutorius eximius</i> (Peck) Halling, Nuhn & Osmundson	San Gabriel (16), Tequila (6), La Manzanilla de la Paz (6), Zapotlán el Grande (6)	Á.E. Saldivar 278 (IBUG); C. Torres-Preciado 9a (IBUG); F. Trujillo 1136 (IBUG); García 10705 (ITCV); L. Guzmán-Dávalos 5645 (IBUG); M. Garza 272 (IBUG); O. Rodríguez 320, 380, 429, 746 (IBUG).
LECCINOIDEAE		
<i>Leccinellum albellum</i> (Peck) Bresinsky & Manfr. Binder	San Sebastián del Oeste (15), Zapopan (6, 9)	García 6638 (ITCV); M. Herrera 217 (IBUG); L. Guzmán-Dávalos 6486 (IBUG).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
<i>L. griseum</i> (Quel) Bresinsky & Manfr. Binder	San Sebastián del Oeste (15)	<i>L. Guzmán-Dávalos</i> 7295 (IBUG); <i>M. Herrera</i> 26 (IBUG).
<i>Leccinum arbuticola</i> Thiers	Tequila (6, 13)	<i>García</i> 10700 (ITCV); <i>M. Garza</i> 339 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 369, 475, 428, 534 (IBUG).
<i>L. cyaneobasileucum</i> Lannoy & Estades	San Sebastián del Oeste (15)	<i>M. Herrera</i> 5750 (IBUG).
<i>L. rugosiceps</i> (Peck) Singer	Mazamitla (6), Tequila (6, 13), Zapotlán el Grande (6, 16)	<i>Á.E. Saldivar</i> 361 (IBUG); <i>C. Tellez</i> 989 (IBUG); <i>M. Garza</i> 31 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 279 (IBUG); <i>S. Casillas-Gaeta</i> 10 (IBUG).
<i>L. scabrum</i> (Bull.) Gray	Tecolotlán (5), Tequila (10)	<i>M.L. Fierros s/n</i> (IBUG); <i>Manzi s/n</i> (IBUG).
<i>L. vulpinum</i> Watling	Cuautitlán de García Barragán (4)	<i>L. Guzmán-Dávalos</i> 1838 (IBUG).
<i>Retiboletus griseus</i> (Frost) Manfr. Binder & Bresinsky	Mazamitla (6), Tecalitlán (6), Tequila (6), Tlajomulco de Zúñiga (6), Zapopan**	<i>Á.E. Saldivar</i> 351 (IBUG); <i>Carrillo</i> 13 (IBUG); <i>García</i> 10685, 10698 (ITCV); <i>L. Guzmán-Dávalos</i> 4416, 5202 (IBUG); <i>L.M. González-Villarreal</i> 4484 (IBUG).
<i>R. ornatipes</i> (Frost) Manfr. Binder & Bresinsky	Tequila (6)	<i>O. Rodríguez</i> 550 (IBUG, ITCV).
XEROCOMOIDEAE		
<i>Aureoboletus auriporus</i> (Peck) Pouzar	Arenal (6), Mezquitic (6), Tequila**, Zapopan (6, 9)	<i>A. González</i> 258 (IBUG); <i>Á.E. Saldivar</i> 220 (IBUG); <i>A. Amaral</i> 1 (IBUG); <i>García</i> 6630, 66370 (ITCV); <i>L. Guzmán-Dávalos</i> 5509 (IBUG); <i>L. Villaseñor</i> 22 (IBUG); <i>M.R. Sánchez-Jácome</i> 554, 594 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 1659, 3735 (IBUG); <i>Y.A. Alquiciras</i> 35 (IBUG).
<i>A. aff. moravicus</i> (Vaček) Klofac	Tequila (6)	<i>García</i> 10706 (IBUG, ITCV).
<i>A. roxanae</i> (Frost) Klofac	Tequila (14)	<i>Á.E. Saldivar</i> 260 (IBUG).
<i>A. russellii</i> (Frost) G. Wu & Zhu L.	Mazamitla (6), Mezquitic (6), San Sebastián del Oeste (15), Tecolotlán (5), Tequila (13), Zapopan (6, 9), Zapotlán el Grande (16)	<i>A. González</i> 16 (IBUG); <i>Á.E. Saldivar</i> 344 (IBUG); <i>C. Casillas</i> 9 (IBUG); <i>D. Rumayor-Carrillo</i> 16 (IBUG); <i>F. Santos</i> 4 (IBUG); <i>G. Guzmán</i> 12410 (IBUG); <i>G.I. López Cortés</i> 31 (IBUG); <i>L. Guzmán-Dávalos</i> 2436, 3384, 3446 (IBUG); <i>M. Herrera</i> 10, 407 (IBUG); <i>M. Mota</i> 4 (IBUG); <i>M.L. Fierros</i> 425, 479, 777 (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 3429 (IBUG); <i>Soltero</i> 762 (IBUG).
<i>Boletellus ananas</i> (M.A. Curtis) Murrill	Casimiro Castillo (11), Cabo Corrientes (8), Cuautitlán de García Barragán (6), Mazamitla (6), San Sebastián del Oeste (15), Tapalpa (6), Tecalitlán (6), Tequila (6, 13), Tecolotlán (6), Zapopan (6, 9)	<i>Á.E. Saldivar</i> 132 (IBUG); <i>B. Arceo-Orozco</i> 394 (IBUG); <i>E. Padilla</i> 400 (IBUG); <i>F. Trujillo</i> 579 (IBUG); <i>G. Nieves</i> 184 (IBUG); <i>L. Guzmán-Dávalos</i> 3445, 4312, 4380, 5336 (IBUG); <i>M. Herrera</i> 188, 587 (IBUG); <i>M.L. Fierros</i> 810a (IBUG); <i>O. Rodríguez</i> 140, 987, 1922 (IBUG).
<i>B. chyrsenteroides</i> (Snell) Snell	Casimiro Castillo (6), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (6, 13), Zapopan (6, 9)	<i>Á.E. Saldivar</i> 269 (IBUG); <i>I. Guerrero</i> 3 (IBUG); <i>García</i> 6627 (ITCV); <i>Loza</i> 82 (IBUG, ITCV); <i>O. Rodríguez</i> 911 (IBUG).

Taxon	Municipio	Colector/Herbario
<i>B. aff. elatus</i> Nagasawa	Etzatlán**, Zapopan (2, 6, 9)	<i>F. Montes s/n</i> (IBUG; ITCV); <i>L. Guzmán-Dávalos 5771</i> (IBUG); <i>O. Rodríguez 1870</i> (IBUG).
* <i>B. flocculosipes</i> (Murrill) Perr.-Bertr.	San Sebastián del Oeste, Zapopan	<i>Á.E. Saldivar 212</i> (IBUG); <i>O. Rodríguez 3546</i> (IBUG).
<i>B. singeri</i> Gonz.-Velázq. & R. Valenz.	Mezquitic (6)	<i>L. Villaseñor 50a</i> (IBUG, ITCV); <i>O. Rodríguez 1685</i> (IBUG).
<i>Heimioporus betula</i> (Schwein.) E. Horak	Mezquitic (6), San Sebastián del Oeste (15), Talpa**, Tequila (13)	<i>Á.E. Saldivar 167</i> (IBUG); <i>B. Corona-Hernández 1</i> (IBUG); <i>J. Curiel s/n</i> (IBUG); <i>L. Guzmán-Dávalos 3396</i> (IBUG); <i>M. Herrera 265</i> (IBUG).
<i>H. ivoryi</i> (Singer) E. Horak	Mezquitic (6), San Sebastián del Oeste (15), Zapopan (6,9)	<i>Á.E. Saldivar 215, 216</i> (IBUG); <i>L. Guzmán-Dávalos 2104, 5509</i> (IBUG); <i>L.M. González-Villarreal 3135</i> (IBUG); <i>M. Herrera 64</i> (IBUG); <i>O. Rodríguez 3736</i> (IBUG).
* <i>Hemileccinum subglabripes</i> (Peck) Halling	San Sebastián del Oeste	<i>O. Rodríguez 3545</i> (IBUG).
<i>Phylloporus rhodoxanthus</i> (Schwein.) Bres	Cuautitlán de García Barragán (1), San Sebastián del Oeste (15), Tequila (13), Zapotlán el Grande (16)	<i>L. Guzmán-Dávalos 4294</i> (IBUG); <i>M.R. Sánchez-Jácome 979</i> (IBUG); <i>O. Rodríguez 542, 736, 766, 3572</i> (IBUG).
<i>Xerocomus illudens</i> (Peck) Singer	Arandas (6), Mazamitla (6), Tapalpa (6), Tequila (6)	<i>Á.E. Saldivar 255</i> ; <i>C. Dávalos 34</i> (IBUG); <i>Díaz 1</i> (IBUG); <i>Loza s/n</i> (IBUG); <i>García 10683</i> (ITCV); <i>Vargas 125a</i> (IBUG).
<i>X. subtomentosus</i> (L.) Quel.	Zapopan (10)	<i>D. García s/n</i> (IBUG); <i>G. Guzmán 2855</i> (IBUG).
ZANGIOIDEAE		
<i>Harrya chromipes</i> (Frost) Halling, Nuhn, Osmundson & Manfr. Binder	Mezquitic (6), Tecolotlán (5), Tequila (13), Zapopan (6)	<i>Á.E. Saldivar 267</i> (IBUG); <i>F. Trujillo 1136</i> (IBUG); <i>García 10696</i> (ITCV); <i>L. Guzmán-Dávalos 3220a</i> (IBUG), <i>3397, 5789</i> (IBUG, ITCV); <i>M.L. Fierros 433</i> (IBUG).

A continuación, se presenta una clave para identificar los géneros de la familia Boletaceae que se encuentran hasta ahora registrados en Jalisco.

Clave dicotómica para géneros de Boletaceae en Jalisco

1a. Basidioma boletoide.....	2
1b. Basidioma filoporoide.....	<i>Phylloporus</i>
2a. Tubos de color blanquecino, rosáceo, rosá, rosá-púrpura o café-rosáceo.....	3
2b. Tubos de color amarillento, amarillo, amarillo-oliváceo, anaranjado o rojizo.....	9
3a. Basidiosporas ornamentadas.....	4
3b. Basidiosporas lisas.....	5
4a. Tubos blanquecinos a grisáceos, contexto se mancha de rojizo a negruzco al exponerse, estípite con superficie flocosa, basidiosporas equinuladas o reticuladas.....	<i>Strobilomyces</i>
4b. Tubos blanquecinos, rosas a rosa-púrpura, contexto blanquecino invariable, estípite reticulado, lacunoso o alveolado, basidiosporas fusiformes, con superficie horadada o con crestas.....	<i>Austroboletus</i>
5a. Tubos de color blanquecino a rosáceos, invariables, contexto blanquecino, invariable.....	6
5b. Tubos de color rosáceo a café-rosá, se manchan ligeramente de azul o verde, contexto blanquecino que se mancha de azul o verde.....	<i>Porphyrellus</i>
6a. Basidioma no viscido, trama himenóforal ligeramente gelatinizada, pileipellis de tipo tricodermo o ixotricodermo.....	7
6b. Basidioma viscido, trama himenóforal y pileipellis fuertemente gelatinizada.....	<i>Fistulinella</i>
7a. Tubos de color blanquecino, rosáceo o café-rosa, estípite liso, a veces reticulado, micelio basal blanquecino.....	8
7b. Tubos de color blanquecino, rosáceo, estípite con escabrosidades de color rosa, micelio basal amarillo brillante.....	<i>Harrya</i>
8a. Píleo con margen entero, recto, tubos de color rosáceo a café-rosáceo o grisáceo, estípite liso, a veces reticulado, sin anillo membranoso, cistidios de color café oscuro.....	<i>Tylophilus</i>
8b. Píleo con margen apendiculado, tubos blanquecinos a rosáceos cubiertos por un velo membranoso, estípite liso, no reticulado, cistidios hialinos.....	<i>Veloporphyrellus</i>
9a. Tubos de color amarillento, amarillo o amarillo-oliváceo.....	10
9b. Tubos de color anaranjado, café-anaranjado, rosáceo o cobrizo.....	28
10a. Tubos invariables.....	11
10b. Tubos se manchan de azul.....	18
11a. Basidiosporas lisas o con ornamentación no reticulada.....	12
11b. Basidiosporas reticuladas parcial o totalmente.....	<i>Heimioporus</i>
12a. Poros de hasta 1 mm de diámetro, redondos a subangulares, trama himenóforal de tipo boletoide.....	13
12b. Poros mayores a 1 mm de diámetro, angulares, trama himenóforal de tipo phylloporoide.....	<i>Xerocomus</i>
13a. Tubos blanquecinos, amarillentos, estípite liso, reticulado o escabroso, contexto invariable o se mancha de rojizo, raramente de azul.....	14
13b. Tubos de color amarillo brillante aún en seco, estípite liso o reticulado, frecuentemente víscido, contexto invariable, basidiosporas lisas o longitudinalmente estriadas, pileipellis de tipo ixotricodermo, cistidios hialinos.....	<i>Aureoboletus</i>
14a. Estípite con escabrosidades de color blanquecino, rojizo, café-rojizo o negruzco, tubos blanquecinos a amarillentos, esporas lisas, nunca ornamentadas, contexto invariable o se mancha de rojizo.....	15
14b. Estípite liso, reticulado o con finas escabrosidades amarillentas, tubos de color blanquecino, amarillento, amarillento o amarillo-oliváceo, contexto blanquecino, amarillento o amarillo.....	16
15a. Contexto invariable, pileipellis de tipo epitelio con elementos terminales globosos a subglobosos.....	<i>Leccinellum</i>
15b. Contexto se mancha de rojizo, vináceo, grisáceo o azul, pileipellis de tipo tricodermo con elementos terminales versiformes, cilíndricos, claviformes o cistidioides.....	<i>Leccinum</i>
16a. Estípite liso, poco o totalmente reticulado, contexto blanquecino o amarillo, invariable, pileipellis de tipo tricodermo entrelazado.....	17

- 16b.** Estípíte con finas escabrosidades amarillentas, contexto amarillento, invariable o rara vez se mancha de azul, pileipellis de tipo epitelio con elementos terminales globosos o subglobosos.....*Hemileccinum*
- 17a.** Estípíte liso, poco o totalmente reticulado, micelio basal blanco, tubos de color amarillento a amarillo-oliváceo, con poros rellenos en etapas inmaduras, contexto blanco, blanquecino, invariable o ligeramente de color rosa, con sabor y olor agradable aun en seco.....*Boletus*
- 17b.** Estípíte totalmente reticulado, micelio basal amarillo, tubos de color blanquecino-grisáceo, amarillento a amarillo, sin poros rellenos en etapas inmaduras, contexto amarillo, invariable, con sabor ligeramente desagradable o amargo.....*Retiboletus*
- 18a.** Basidiosporas lisas.....19
- 18b.** Basidiosporas longitudinalmente estriadas.....*Boletellus*
- 19a.** Poros y tubos concoloros, tubos y poros de color amarillento, amarillo o amarillo oliváceo.....20
- 19b.** Poros y tubos discoloros, tubos de color amarillo-oliváceo y poros de color rojo o anaranjado.....26
- 20a.** Basidioma no pulverulento, himenóforo no cubierto por un velo membranoso en fases inmaduras, tubos amarillo-crema, amarillentos, amarillos, estípíte liso o reticulado.....21
- 20b.** Basidioma con pulverulencia, himenóforo cubierto por un velo membranoso en fases inmaduras.....*Pulveroboletus*
- 21a.** Estípíte con tonalidades rojizas, tubos y poros de color amarillo o amarillo-oliváceo, pileipellis de tipo tricodermo entrelazado, ixotricodermo entrelazado o tricodermo en palisada.....22
- 21b.** Píleo y estípíte con tonalidades cafés, tubos y poros de color amarillo-crema o amarillentos, pileipellis de tipo tricodermo a ixotricodermo entrelazado.....*Imleria*
- 22a.** Estípíte finamente pruinoso, pileipellis de tipo tricodermo en palisada, elementos terminales con pigmento incrustado en la pared.....23
- 22b.** Estípíte liso o reticulado, pileipellis de tipo tricodermo entrelazado o ixotricodermo entrelazado, elementos terminales con o sin pigmento incrustado en la pared.....24
- 23a.** Contexto de la base del estípíte con tonalidades rojizas o rojizo-vináceas, elementos terminales de la pileipellis con contenido incrustado en la pared ligeramente perceptible, trama himenóforal phylloporoide usualmente encontrado en bosques.....*Xerocomellus*
- 23b.** Base del contexto del estípíte sin tonalidades rojizas o vináceas, elementos terminales de la pileipellis con pigmento incrustado en la pared perceptible, trama himenóforal boletoide usualmente encontrado en jardines o espacios abiertos.....*Hortiboletus*
- 24a.** Tubos, poros y contexto se mancha gradualmente de azul, estípíte liso, parcial o totalmente reticulado, cistidios hialinos o de color café claro, elementos terminales de la pileipellis con o sin pigmento incrustado en la pared.....25
- 24b.** Tubos, poros y contexto se manchan inmediatamente de azul al tacto o al exponerse, estípíte liso que se mancha rápidamente de azul al tacto, cistidios de color café oscuro.....*Cyanoboletus*
- 25a.** Contexto de sabor amargo o astringente, pileipellis de tipo tricodermo entrelazado con elementos terminales con pigmento incrustado en la pared.....*Caloboletus*
- 25b.** Contexto de sabor agradable o dulce, pileipellis de tipo tricodermo entrelazado o ixotricodermo entrelazado, elementos terminales sin pigmento incrustado en la pared.....*Butyriboletus*
- 26a.** Píleo de color rosa, rojo rojizos, estípíte con retículo o pruina, hifas del contexto inamiloides.....27
- 26b.** Píleo de color café, café-amarillento, estípíte liso, pruinoso o con retículo de color amarillento o café, hifas del contexto amilooides.....*Suillellus*
- 27a.** Superficie del píleo lisa, poros de color anaranjado, anaranjado-rojizo o rojo, estípíte con retículo o pruina de color rosa, rojo o rojizo.....*Rubroboletus*
- 27b.** Superficie del píleo tomentosa, poros de color café-rojizo, rojizo o raramente amarillo, estípíte generalmente con pruina de color rosa o amarillenta.....*Neoboletus*
- 28a.** Píleo y estípíte con tonos amarillentos, café, anaranjados, rojizos, tubos de color anaranjado rosáceo o cobrizo, estípíte liso.....29
- 28b.** Píleo y estípíte de color café, púrpura, café-púrpura o café-rojizo, tubos de color café, café-anaranjado, estípíte con escabrosidades de color café.....*Sutorius*
- 29a.** Superficie del píleo pulverulenta, tubos de color anaranjado, poros se manchan de azul, crece cerca de troncos caídos o madera en descomposición cerca del suelo.....*Buchwaldoboletus*
- 29b.** Superficie del píleo lisa, no pulverulenta, tubos de color anaranjado, cobrizo o rosáceos, poros concoloros, invariables o raramente se manchan de azul.....*Chalciporus*

Descripción de registros nuevos para Jalisco

Boletellus flocculosipes (Murrill) Perr.-Bertr., *Annls Sci. Nat., Bot. Biol. Vég., sér. 12* 5: 764 (1965) [1964]

≡ *Boletus flocculosipes* Murrill, *Mycologia* 41(4): 491 (1949)

Fig. 1. a, b, c

Píleo de 15–56 mm de diámetro, convexo, superficie aterciopelada, subtomentosa, finamente escamosa por agrietamiento, seca, de color café con tonos anaranjados a negruzcos; margen entero, recto; contexto esponjoso, amarillento, se mancha de azul al exponerse, olor y sabor no testeados. Himenóforo adherido, depreso, superficie amarilla, se mancha de azul al tacto, después se torna color café-castaño, poros 0.5–1 mm de diámetro, angulares a redondos, tubos 4–10 mm de longitud, concoloros a la superficie, se manchan de azul al exponerse. Estípite de 31–50 × 4–11 mm, central, cilíndrico, color café, casi concoloro al píleo, con tonos amarillentos cerca del ápice, superficie aterciopelada a ligeramente furfurácea; contexto amarillo, hacia la base con tonos rojo-vináceos; micelio basal blanquecino a amarillento.

Basidiosporas de 11–14 (–15) × 5–6 (–7.5) μm , Q= (1.7–) 1.8–2.4 (–2.6), elongadas a subcilíndricas, con ligera depresión suprahilar, ápice redondeado a subagudo, estriadas longitudinalmente, sin estrías transversales, pared subgruesa (hasta 1.5 μm), de color amarillo-oliváceo. Basidios de 32–57 × 9–16 μm , tetraspóricos, claviformes, hialinos-amarillentos, con contenido gutular. Pleurocistidios de 35–65 × 7–13 μm , fusiforme-ventricosos a claviforme-rostrados, con cuello largo, pared delgada, la mayoría hialinos y solo algunos con contenido color café. Queilocistidios similares en forma y tamaño a los pleurocistidios. Pileipellis un tricodermo ligeramente entrelazado, con elementos terminales de 25–72 × 4–10 μm , cilíndricos, algunos ventricosos, ápice redondeado a subagudo, pared delgada, color café-amarillento. Estipitipellis con caulocistidios de 25–55 × 6–13 μm , cilíndricos, claviforme-rostrados a utrififormes, pared delgada, con contenido granular, hialinos a amarillentos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito gregario. Hábitat sobre suelo, en bosque mixto de encino-pino y mesófilo de montaña, a elevaciones de 1492-1650 m s.n.m.

Distribución geográfica: En México ha sido reportado de Querétaro, Tamaulipas, Oaxaca y Veracruz (Murrill, 1949; Singer, García, & Gómez, 1992; García Jiménez, 1999; 2013; Ayala-Vázquez, Valenzuela, Aguirre-Acosta, Raymundo, & García-Jiménez, 2018). En este estudio se cita por primera vez para Jalisco de los municipios de San Sebastián del Oeste y Zapopan. Fuera de México, esta especie se conoce de su localidad tipo en Gainesville, Florida, Estados Unidos.

Material revisado: JALISCO, Municipio de San Sebastián del Oeste, camino Real Alto-La Bufa, julio 31, 2009, *O. Rodríguez 3546* (IBUG); Municipio de Zapopan, Cerro El Tepopote, julio 18, 2017, *Á.E. Saldivar 212* (IBUG). Ejemplar de referencia: TAMAULIPAS, Municipio de Gómez Farías, Reserva de la Biosfera El Cielo, julio 18, 1998, *García 6195* (ITCV).

Comentarios: Esta especie se distingue por el color café oscuro del píleo y estípite y las basidiosporas con estrías longitudinales. Es muy semejante a *Boletellus chrysenterooides* (Snell) Snell que se distingue por las basidiosporas cruzadas por estrías transversales. *Boletellus pictiformis* (Murrill) Singer es una especie relacionada, pero se diferencia por el píleo fuertemente tomentoso a escamoso. *Boletellus domingensis* B. Ortiz & Lodge es afín a *B. flocculosipes* por la coloración del píleo y las basidiosporas estriadas longitudinalmente, sin embargo, la primera se diferencia por presentar basidiosporas más grandes, de 12.8–16 × 5.6–8 μm y únicamente registrada en bosques de *Pinus occidentalis* Sw. en República Dominicana (Ortiz-Santana, Lodge, Baroni, & Both, 2007). El material estudiado concuerda con las características morfológicas y el hábitat descrito por Murrill (1949); Singer, García, & Gómez (1992) y García Jiménez (1999).

Boletus pseudopeckii Smith & Thiers, *Boletes of Michigan* (Ann Arbor): 325 (1971)

Fig. 1. d, e, f

Píleo de 60–120 mm de diámetro, convexo, superficie cuando joven fibrilosa, mayormente hacia el margen, cuando maduro areolada, escamosa por agrietamiento, ligeramente viscida, de color rosa vináceo cuando joven, se decolora a color paja a amarillento cuando maduro; margen entero, semi apendiculado; contexto esponjoso, amarillo claro, se mancha de azul al exponerse, olor agradable, sabor no testeados. Himenóforo adherido, superficie amarilla a rosa-rojizo, se mancha de azul al tacto, poros de 0.3–0.5 mm de diámetro, redondos, tubos de 8–10 mm de longitud, concoloros a la superficie, invariables. Estípite de 40–120 × 18–30 mm, central, cilíndrico a subclaviforme, superficie finamente

reticulada que se atenúa hacia la base, de color café-rojizo sobre fondo amarillento, se mancha ligeramente de azul al tacto; contexto de color amarillento, rosa-vináceo; micelio blanco.

Basidiosporas de 10–16 (–26) × 3.5–4.5 µm, Q= (2.5–) 2.7–3.1 subcilíndricas a baciliformes, lisas, con depresión suprahilar, ápice redondeado, pared delgada, de color amarillento. Basidios de 26–36 × 9–13 µm, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, hialinos. Pleurocistidios de 36–58 × 8–13 µm, claviforme-rostrados, de cuello corto, ápice subagudo, pared delgada, hialinos. Queilocistidios similares en forma y tamaño a los pleurocistidios. Pileipellis un tricodermo entrelazado, con elementos terminales de 41–60 × 2–6 µm, cilíndricos, ápice redondeado, hialinos a color café-amarillento. Estipitipellis con caulocistidios de 30–50 × 8–14 µm, fusiforme-ventricosos a claviformes, pared delgada, hialinos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito gregario. Hábitat sobre suelo, en bosque mixto de pino-encino, a elevaciones de 2050–2130 m s.n.m.

Distribución geográfica: Se conoce de Norteamérica en Michigan, Estados Unidos (Smith & Thiers, 1971). En México sólo ha sido citado de Nuevo León (García Jiménez, 1999). En este estudio se registra por primera vez del Municipio de Tequila.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Tequila, volcán de Tequila, julio 24, 2010, O. Rodríguez 3782 (IBUG). Ejemplar de referencia: NUEVO LEÓN, Municipio de Galeana, agosto 31, 1995, García 9496 (ITCV).

Comentarios: Esta especie está adscrita a *Boletus* sect. *Appendiculati* y se distingue por los tonos rosa-vináceo en ejemplares jóvenes que se van tornando palidos al madurar, por su pileipellis con elementos largos y delgados de color café a amarillento y el hábito gregario (Smith & Thiers, 1971; García Jiménez, 1999). Esta especie se distingue de *Butyriboletus appendiculatus* (Schaeff.) D. Arora & J.L. Frank que es un taxón europeo y por los elementos terminales del pileipellis menos alargados (Smith & Thiers, 1971). Otra especie similar es *Boletus speciosus* Frost, pero difiere en que esta retiene los tonos rosa-vináceos del píleo en todo su desarrollo, además, presenta un hábito solitario a subgregario. El ejemplar estudiado, concuerda tanto en características macro y microscópicas con lo descrito por Smith & Thiers (1971) y García Jiménez (1999).

Boletus rubriceps D. Arora & J.L. Frank. *North American Fungi* 9(6): 3 (2014)

Fig. 1. g, h, i

Píleo de 70–95 mm de diámetro, convexo, superficie lisa, ligeramente rugosa, subviscida, de color café rojizo con tonos café-amarillento; margen entero, recto, semiapendiculado; contexto blanquecino, se mancha ligeramente de amarillo, olor y sabor no testeados. Himenóforo adherido, superficie amarilla-olivácea, invariable, poros de 0.3–5 mm de diámetro, redondos, tubos de 7–9 mm de longitud, concoloros a la superficie, invariables. Estípite de 110–125 × 22–27 mm, central, cilíndrico, ensanchado hacia la base, superficie reticulada, retículo de color café con tonos amarillos, sobre fondo blanquecino; contexto blanquecino; micelio basal blanco.

Basidiosporas de 14–21 (–23) × 5–6 µm, Q= 2.8–3.1, subcilíndricas a baciliformes, lisas, con depresión suprahilar, ápice subagudo o redondeado, pared delgada, de color amarillo-oliváceo. Basidios de 23–31 × 9–12 µm, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, hialinos. Cistidios no observados. Pileipellis un ixotricodermo, con elementos terminales de 15–39 × 3–8 µm, cilíndricos, algunos ramificadas, de pared delgada, amarillentos. Estipitipellis con caulocistidios de 23–39 × 7–13 µm, claviformes, fusiforme-ventricosos, de cuello corto o largo, algunos subglobosos de 13 × 11 µm, hialinos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosque de pino, a elevaciones de 2464 m s.n.m.

Distribución geográfica: Conocida para Estados Unidos de Norteamérica, para los estados de Arizona, Colorado y Nuevo México (Arora & Frank, 2014). Se registra por primera vez del municipio de Tapalpa.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Tapalpa, 2.5 km antes del pueblo de Juanacatlán, julio 14, 2009, O. Rodríguez 3518 (IBUG). Ejemplar de referencia: VERACRUZ, Municipio de Xico, este del Cofre de Perote, agosto 31, 1990, García 6462 (ITCV).

Comentarios: *Boletus rubriceps* se distingue por las esporas largas de hasta 21 µm, píleo de color café-rojizo, subviscido, himenóforo amarillo-oliváceo, estípite y contexto blanquecino, este último se mancha ligeramente de amarillo. Una especie relacionada es *B. pinophilus* Pilát & Dermek, sin embargo, se distingue por presentar basidiosporas de menor tamaño, de 13–16 × 4–5 µm (Breitenback & Kränzlin, 1991; García Jiménez, 1999). El material estudiado concuerda con lo descrito por Arora & Frank (2014).

Boletus speciosus Frost, *Bull. Buffalo Soc. nat. Sci.* 2: 101 (1874).

Fig. 2. a, b, c

Píleo de hasta 100 mm de diámetro, convexo, superficie lisa, finamente fibrilosa-escamosa, un poco más conspicuo hacia el borde, color rojo-vináceo, con tonos rosas y algunos amarillentos; margen entero, recto, apendiculado; contexto de 27 mm de grosor, esponjoso, amarillento, se mancha ligeramente de azul, olor y sabor agradable. Himenóforo adherido, ligeramente depresso, superficie amarilla, se mancha de azul al tacto, poros de 0.5 mm de diámetro, redondos, tubos de 5–8 mm de longitud, concoloros, se manchan de azul al exponerse. Estípite de 80–120 × 17–27 mm, central, subclaviforme, superficie reticulada en el ápice, menos conspicuo hacia la base y con apariencia fibrosa-estriada, de color amarillo claro, con tonos rojizos hacia la base; contexto carnoso-compacto, amarillento, se mancha ligeramente de azul; micelio basal amarillento.

Basidiosporas de 10–13 (–14) × (3.5–) 4–5 μm, Q= 2.5–3.5 (–3.6), subcilíndricas a baciliformes, lisas, con depresión suprahilar, pared delgada a subgruesa (hasta 1.5 μm), de color amarillo-oliváceo. Basidios de 27–44 × 9–12 μm, tetraspóricos, algunos bispóricos, claviformes, pared delgada, con contenido gutular, la mayoría hialinos algunos color amarillento. Pleurocistidios de 40–54 × 6–12 μm, fusiforme-ventricosos, de cuello corto o largo, pared delgada, hialinos a amarillento pálido, con contenido gutular. Queilocistidios de 32–55 × 7–12 μm, fusiforme-ventricosos, algunos ligeramente claviformes, pared delgada, hialinos a amarillentos. Pileipellis de tipo cutis a tricodermo entrelazado, con elementos terminales de 23–66 × 2–4 μm, cilíndricos, pared delgada, con ligero contenido granular, hialinos, amarillentos a color amarillo. Estipitipellis con caulobasidios de 18–30 × 8–9 μm, tetraspóricos, claviformes, amarillentos, y caulocistidios de 24–58 × 7–11 μm, fusiforme-ventricosos, claviformes, claviforme-mucronados, pared delgada, hialinos a amarillentos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosque de pino-encino, a elevaciones de 2140-2600 m s.n.m. Distribución geográfica: Se conoce de Norteamérica (Smith & Thiers, 1971; García Jiménez, 1999). Para México se ha reportado de los estados de Guanajuato, Hidalgo y Tamaulipas (García Jiménez, 1999; 2013), y citándose aquí por primera vez para Jalisco de los municipios de Atemajac de Brizuela y Tequila.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Atemajac de Brizuela, octubre 6, 2017, *Á.E. Saldívar* 283 (IBUG); Municipio de Tequila, volcán de Tequila, km 11 camino a la estación de microondas, septiembre 2, 2016, *A. López* 5 (IBUG). Ejemplar de referencia: GUANAJUATO, Municipio de Villagrán, Sierra de Santa Rosa, septiembre 22, 1996, *García* 10263 (ITCV).

Comentarios: Esta especie se distingue por el píleo de color rosa a rosa-vináceo, con superficie ligeramente escamosa y margen apendiculado, himenóforo amarillo que se mancha de azul al tacto, estípite amarillo, con la superficie finamente reticulada y la base acuminada, así como por su sabor agradable. En México *Boletus speciosus* ha sido confundido con *Butyriboletus regius* (Krombh.) D. Arora & J.L. Frank la cual es una especie europea y es posible que en las citas donde se menciona correspondan a *B. speciosus* o algún taxón afín. El ejemplar estudiado concuerda con lo descrito por (Smith & Thiers, 1971; García Jiménez, 1999).

Buchwaldoboletus lignicola (Kallenb.) Pilát, *Friesia* 9: 217 (1969)

≡ *Boletus lignicola* Kallenb., *Pilze Mitteleuropas* (Stuttgart) 1(9): 57 (1929) [1928]

Fig. 3. a, b, c

Píleo de 30–35 mm de diámetro, convexo, superficie lisa, seca, amarilla, con tonos café-anaranjado; margen incurvado, entero; contexto de 6–8 mm de grosor, amarillento, se mancha de azul al exponerse, sabor y olor no testeado. Himenóforo adherido, subdecurrente, superficie de color amarillo que se mancha de verde al tacto, poros 0.5–1 mm de diámetro, angulares; tubos de 5–7 mm de longitud. Estípite de 35–45 × 7–15 mm, central, subclaviforme, superficie lisa, de color amarillo con tonos color café-anaranjado a rojizo; contexto similar al del píleo; micelio basal amarillento.

Basidiosporas de 5–7 × 3–4 μm, Q= 1.6–2.3, elongadas a subcilíndricas, lisas, de pared subgruesa (de hasta 1.5 μm), con contenido gutular, de color amarillentas. Basidios de 20 × 5 μm, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, de color amarillento. Pleurocistidios de 32–46 × 6–11 μm, fusiforme-ventricosos, con cuello corto a largo, pared delgada, muy abundantes, de color amarillento. Queilocistidios similares en forma y tamaño a los pleurocistidios. Pileipellis en un subcutis a tricodermo entrelazado, con elementos terminales de 15–34 × 3–5 μm, cilíndricos a claviformes, con ápice redondeado a subcapitado, hialinos. Estipitipellis sin caulocistidios. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat lignícola, en bosque inducido de pino-encino con elementos de Casuarinaceae y Myrtaceae, a una elevación de 1600 m. s.n.m.

Distribución geográfica: Se ha citado de Europa, noreste de Asia y el Este de Norteamérica (Ortiz-Santana & Both, 2011; Wu, y otros, 2016). En México se ha registrado del estado de Tamaulipas (García Jiménez, 2013) y ahora citado por primera vez de Jalisco, en el Municipio de Zapopan.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Zapopan, Bosque Los Colomos, julio 3, 1999, *E. Lobano 6* (IBUG).

Comentarios: *Buchwaldoboletus lignicola* se caracteriza por su hábitat lignícola, píleo y estípote de color café-amarillento, contexto amarillo a amarillento que se mancha de azul y el himenóforo decurrente con superficie amarilla que se mancha de azul-verde (Ortiz-Santana & Both, 2011; Wu, y otros, 2016). De acuerdo con la literatura consultada, esta especie crece asociada a *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. (Brown, 1985; Watling, 2004), y basado en observaciones al microscopio electrónico de barrido, se ha demostrado que *B. lignicola* es un micoparásito que envuelve a las hifas de *P. schweinitzii* (Nuhn, Binder, Taylor, Halling, & Hibbett, 2013). El material aquí estudiado presenta basidiosporas de tamaño ligeramente menor con lo registrado en la literatura ($6-9 \times 3-4 \mu\text{m}$), no obstante, concuerda con la mayoría de los caracteres macromorfológicos, de igual forma, el tamaño de los pleurocistidios ($32-46 \times 6-11 \mu\text{m}$) se ajusta con lo reportado en la literatura ($29-80 \times 4-9 \mu\text{m}$) y el hábitat descrito por Ortiz-Santana & Both (2011) y Wu y otros (2016).

Chalciporus rubinellus (Peck) Singer, *Persoonia* 7 (2): 319 (1973).

≡ *Boletus rubinellus* Peck, *Ann. Rep.N.Y. St. Mus. Nat. Hist.* 32:33 (1880)

Fig. 2. d, e, f

Píleo de hasta 35 mm de diámetro, convexo, superficie subtomentosa, margen entero, recto, ligeramente ondulado, de color rosa, rojizo-anaranjado; margen entero, recto; contexto de 11 mm de grosor, esponjoso, blanquecino-amarillento, olor no testeado, sabor inapreciable, no picante. Himenóforo adherido, superficie anaranjada con tonos rojizos, poros de 0.5 mm de diámetro, angulares, tubos 8–9 mm de longitud, concoloros a la superficie. Estípote de 70×4 mm, central, cilíndrico, ligeramente flexuoso, base atenuada, superficie lisa, ligeramente estriada, rojiza oscura o concoloro con el píleo; contexto amarillento, hacia la base con tonos rosados; micelio basal blanquecino.

Basidiosporas de $(9-10-13 (-15) \times 4-5 (-6) \mu\text{m}$, $Q = (1.8-2) 2-3$, subcilíndricas, algunas elongadas, lisas, con ligera depresión suprahilar, ápice redondeado, pared delgada a subgruesa (hasta $1.5 \mu\text{m}$), color amarillento. Basidios de $26-42 \times 8-13 \mu\text{m}$, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, hialinos a color amarillo pálido. Pleurocistidios de $47-77 \times 9-15 \mu\text{m}$, fusiforme-ventricosos a utriformes, pared delgada, hialinos. Queilocistidios similares en forma y tamaño a los pleurocistidios. Pileipellis un tricodermo entrelazado, con elementos terminales de $30-78 \times 4-8 \mu\text{m}$, cilíndricos, con pigmento amarillento. Estipitipellis con escasos caulobasidios de $20-36 \times 8-13 \mu\text{m}$, claviformes, tetrasporicos pared delgada, amarillentos, y caulocistidios de $24-40 \times 8-14 \mu\text{m}$, subclaviformes, fusiforme-ventricosos, pared delgada, amarillentos, algunos de color café-amarillento. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosques mixtos de pino-encino, a una elevación de 2200 m s.n.m.

Distribución geográfica: Se conoce de Norteamérica (Smith & Thiers, 1971), de México ha sido reportado de Chiapas, Tamaulipas y Veracruz (García, Gaona, Castillo, & Guzmán, 1986; García Jiménez, 1999; 2013). Se cita por primera vez para Jalisco del Municipio de Tequila.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Tequila, volcán de Tequila, km 12 camino a la estación de microondas, septiembre 13, 2008, *K.L. González 26* (IBUG). Ejemplar de referencia: CHIAPAS, Municipio de San Cristóbal de las Casas, carretera San Cristóbal-Tenejapa, junio 15, 1995, *García 9069, 9078* (ITCV).

Comentarios: Esta especie se distingue macroscópicamente por el píleo subtomentoso, rojizo a color anaranjado, contexto con sabor no picante, superficie del himenóforo anaranjada con poros de 0.5 mm de diámetro y tubos concoloros y estípote liso, ligeramente furfuráceo, anaranjado a rojizo. Se distingue de *Chalciporus piperatus* (Bull.) Bataille porque este último presenta sabor picante en el contexto, poros de 1–2 mm de diámetro, basidiosporas más pequeñas de $7.2-9.6 \times 3.2-4 \mu\text{m}$, y por su crecimiento en bosques con elementos de *Abies* y *Pinus*. El material estudiado concuerda con la descripción de Smith & Thiers (1971) y García Jiménez (1999).

Hemileccinum subglabripes (Peck) Halling, *Aust. Syst. Bot.* 28: 19 (2015)
 ≡ *Boletus subglabripes* Peck, *Bull. N.Y. St. Mus.* 2 (no. 8): 112 (1889)

Fig. 2. g, h, i

Píleo de hasta 83 mm de diámetro, convexo, superficie glabra, en partes con ligero aspecto rugoso, ligeramente húmeda, de color café-anaranjado a café-amarillo; margen entero, recto; contexto 12 mm de grosor, amarillento, se mancha ligeramente de azul, olor y sabor no testeados. Himenóforo adherido, depreso, superficie amarillo-oliváceo, poros de 0.5–1 mm de diámetro, tubos de 12 mm de longitud. Estípite de 90 × 18 mm, central, claviforme, superficie finamente escamosa-fibrilosa, amarillo hacia el ápice, de color café-rojizo hacia la base, escamas de color café-rojizo; contexto esponjoso, con tonos rosado-vináceo.

Basidiosporas de (11–) 12–14 × 4–5 μm, Q= 2.6–3.2, subcilíndricas a baciliformes, lisas, con depresión suprahilar, ápice subagudo a redondeado, pared delgada, color amarillo-oliváceo. Basidios de 23–35 × 8–12 μm, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, hialinos. Cistidios no observados. Pileipellis de tipo epitelio, con elementos terminales de 15–25 × 9–15 μm, globosos a subglobosos, pared delgada, hialinas. Estipitipellis con fascículos de hifas entrelazadas, con caulobasidios de 28–33 × 10–17 μm, claviformes, tetrasporicos, pared delgada, amarillentos, y caulocistidios de 17–40 × 3–7 μm, cilíndricas, pared delgada, hialinas, algunas amarillentas. Fíbulas ausentes en todo el basidioma. Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosque mesófilo de montaña, a una elevación de 1492 m s.n.m.

Distribución geográfica: Se conoce de Norteamérica y Japón (Smith & Thiers, 1971; García Jiménez, 1999). En México se ha citado de los estados de Hidalgo, Nuevo León, Oaxaca, Querétaro y Tamaulipas (García Jiménez, 1999; 2013; Ayala-Vázquez, 2016). Se registra por primera vez para Jalisco del Municipio de San Sebastián del Oeste.

Material revisado: JALISCO, Municipio de San Sebastián del Oeste, Segundo Arroyo, camino Real Alto-La Bufa, julio 31, 2009, *O. Rodríguez 3545* (IBUG). Ejemplar de referencia: TAMAULIPAS, Municipio de Victoria, Cañón del Novillo, octubre 2, 1992, *García 8314* (ITCV).

Comentarios: Esta especie se caracteriza por el píleo de color café-anaranjado, himenóforo amarillo-oliváceo, estípite con finas escamas de color café-rojizo, basidiosporas de 12–14 × 4–5 μm, pileipellis de tipo epitelio y algunas veces el contexto puede mancharse ligeramente de azul. *Boletus longicurvipes* Snell & A.H. Sm. es una especie afín, sin embargo, esta presenta el píleo viscido y basidiosporas de hasta 17 μm de largo (Smith & Thiers, 1971). El material estudiado concuerda con los caracteres macro y micromorfológicos descritos por (Smith & Thiers, 1971; Bessette, Roddy, & Bessette, 2000; 2016).

Hortiboletus campestris (A.H. Sm. & Thiers) Biketova & Wasser, *Index Fungorum* 257: 1 (2015)
 ≡ *Boletus campestris* A.H. Sm & Thiers, *Boletes of Michigan* (Ann Arbor): 266 (1971)

Fig. 3. d, e, f

Píleo de 27–28 mm de diámetro, convexo a plano-convexo, superficie ligeramente escamosa por agrietamiento, rojizo-vinácea, más rojiza hacia el margen, con algunas zonas amarillentas; margen entero, recto; contexto de 3–8 mm de grosor, amarillo, se mancha de azul al exponerse, olor y sabor no testeados. Himenóforo adherido, ligeramente depreso, superficie amarilla a amarillenta, se mancha de azul al tacto, poros de 0.5–1 mm de diámetro, subangulares a redondos, tubos de 3–7 mm de longitud, concoloros a la superficie. Estípite de 35–55 × 4–8 mm, central, atenuado hacia el ápice, superficie glabra a aterciopelada, subpruinosa, en ejemplares jóvenes de color café-amarillento con tonos rojo a rojizo, en maduros amarillo-oliváceo, se mancha de azul al tacto; contexto amarillento, se mancha de azul al exponerse; micelio basal amarillento.

Basidiosporas de 10–14 × 4–5 μm, Q= 2–2.8, subcilíndricas, lisas, con ligera depresión suprahilar, pared subgruesa a gruesa (hasta 1.5 μm), color amarillo a amarillento. Basidios de 25–38 × 7–12 μm, tetraspóricos, claviformes, pared delgada, hialinos. Pleurocistidios de 30–52 × 9–12 μm, fusiforme-ventricosos, claviforme-rostrados de cuello corto o largo, pared delgada, hialinos, dispersos. Queilocistidios de 42–58 × 10–13 μm, similares en forma a los pleurocistidios. Pileipellis un tricoderma entrelazado, con elementos terminales de 21–60 × 6–14 μm, claviformes, de color amarillento a café-amarillento, con ligeros gránulos en la pared. Estipitipellis con caulocistidios de 27–59 × 4.8–13.2 μm, subutriformes a lageniformes, cilíndricos y pocos claviformes, con ápice obtuso y mucronado, pared subgruesa (hasta 1.5 μm), hialinos a amarillentos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosque de pino-encino y mesófilo de montaña, a una elevación de 1490 m s.n.m.

Distribución geográfica: Se conoce de Norteamérica (Bessette, Roody, & Bessette, 2016). En México ha sido reportado de Nuevo León y Tamaulipas (García Jiménez, 1999; 2013). De Jalisco se cita por primera vez de los municipios de San Sebastián del Oeste y Tecolotlán.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Tecolotlán, camino Tecolotlán-Quila al SO del cerro El Huehuentón, agosto 25, 1993, *M.L. Fierros 115* (IBUG); Municipio de San Sebastián del Oeste, Segundo Arroyo camino a Real Alto-La Bufa, agosto 24, 2008, *O. Rodríguez 3407* (IBUG). Ejemplar de referencia: NUEVO LEÓN, Municipio de Galeana, camino a San Francisco, agosto, 31, 1995, *García 9506* (ITCV).

Comentarios: Esta especie se distingue por sus basidiomas de tamaño pequeño, el píleo rojizo a rosáceo que se torna ligeramente areolado con la madurez, el himenóforo amarillento que se mancha de azul y los poros pequeños, por sus basidiosporas amarillas de pared gruesa a subgruesa y su pileipellis de tipo tricodermo entrelazado con elementos terminales cilíndricos a fusiformes, con ligero pigmento en la pared. *Hortiboletus rubellus* (Krombh.) Simonini, Vizzini & Gelardi es una especie similar que presenta un basidioma de mayor tamaño, himenóforo amarillo brillante con poros de más de 1 mm de diámetro, y pileipellis de tipo tricodermo con elementos terminales elipsoides a cistidioides con ápice subagudo (Smith & Thiers, 1971; García Jiménez, 1999). El material estudiado concuerda con lo descrito por Smith & Thiers (1971); García Jiménez (1999) y Bessette, Roody, & Bessette (2016).

Tylophilus obscurus Halling, *Mycotaxon* 34(1): 109 (1989)

=*Tylophilus montanus* Singer, *Fieldiana, Bot.* 21: 125 (1989)

Fig. 3. g, h, i

Píleo de hasta 85 mm de diámetro, convexo-aplanado, superficie finamente velutina y hacia el margen ligeramente areolada, de color café oscuro con reflejos grisáceos; margen, entero, recto; contexto compacto, blanquecino, con tonos rojizos, olor afrutado, sabor dulce. Himenóforo adherido, superficie blanquecina-rosada, se mancha de café-negruzco al tacto, poros de 0.5–1 mm de diámetro, redondos a subangulares, tubos de 8 mm de longitud, concoloros a la superficie. Estípites de 150 × 20 mm, cilíndrico, flexuoso, atenuado-aplanado hacia la base, superficie fuertemente reticulada, retículo negro a negruzco, con tonos rojizos o vináceos, sobre fondo blanquecino; contexto blanquecino; micelio basal blanquecino.

Basidiosporas de (9–) 10–12 (–13) × (3–) 4–5 μm, Q= 2.2–3.3, subcilíndricas a baciliformes, lisas, con depresión suprahilar, pared delgada, de color amarillo-oliváceo. Basidios de 21–36 × 10–12 μm, claviformes, tetraspóricos, pared delgada, con contenido gutular, hialinos. Pleurocistidios de 27–37 × 7–13 μm, fusiforme-ventricosos a lageniformes, pared delgada, contenido granular en la parte ventricosa, amarillentos. Queilocistidios similares en forma y tamaño a los pleurocistidios. Pileipellis de tipo tricodermo entrelazado, con elementos terminales de 33–55 × 4–12 μm, cilíndricos, algunos claviformes, de color café-amarillento. Estipitipellis con caulocistidios de 21–35 × 9–15 μm, claviformes, algunos cilíndricos o claviformes-rostrados con cuello corto, pared delgada, amarillentos o café-amarillentos. Fíbulas ausentes en todo el basidioma.

Hábito solitario. Hábitat sobre suelo, en bosque de pino-encino, a una elevación de 2464 m s.n.m.

Distribución geográfica: Se conoce de Colombia, Costa Rica y México (Halling, 1989; Singer, García, & Gómez, 1991), de este último hasta ahora solo citado del estado de Michoacán (García Jiménez, 1999). Se registra por primera vez para Jalisco del municipio de Tapalpa.

Material revisado: JALISCO, Municipio de Tapalpa, 2.5 km antes del pueblo de Juanacatlán, carretera Atemajac de Brizuela-La Frontera, julio 13, 2011, *O. Rodríguez 3852* (IBUG). Ejemplar de referencia: MICHOACÁN, Municipio de Hidalgo, carretera Cd. Hidalgo-Morelia, junio 30, 1996, *García 9621* (ITCV).

Comentarios: *Tylophilus obscurus* se caracteriza por el píleo gris obscuro a negro, himenóforo adherido de color crema que se mancha de color café al tacto o al exponerse y estípites fuertemente reticulados. *Porphyrellus zaragozae* Singer & García es una especie afín, pero se distingue por el tamaño de las basidiosporas de 13–18 (–22.5) × 4.3–6 (–7.5) μm, y el contexto que se mancha de azul (Singer *et al.*, 1991). El ejemplar estudiado concuerda con lo descrito por Halling (1989); Singer (1989) y Singer, García & Gómez (1991).



Fig. 1. *Boletellus flocculosipes*: a) basidioma, b) basidiosporas longitudinalmente estriadas, c) pileipellis de tipo tricodermo entrelazado; *Boletus pseudopeckii*: d) basidioma, e) basidiosporas lisas, f) pleurocistidios fusiforme-ventricosos; *Boletus rubriceps*: g) basidioma, h) basidiosporas lisas, i) pileipellis de tipo ixotricodermo. Fotos: Á.E. Saldívar, J. García y O. Rodríguez.



Fig. 2. *Boletus speciosus*: a) basidioma, b) basidiosporas lisas, c) pleurocistidio fusiforme-ventricoso; *Chalciporus rubinellus*: d) basidioma, e) basidiosporas lisas, f) estipitipellis con caulocistidios; *Hemileccinum subglabripes*: g) basidioma, h) basidiosporas lisas, i) pileipellis de tipo epitelio. Fotos: Á.E. Saldívar, J. García y O. Rodríguez.



Fig. 3. *Buchwaldoboletus lignicola*: a) basidiosporas lisas, b) pleurocistidio fusiforme-ventricoso, c) pileipellis de tipo tricodermo entrelazado; *Hemileccinum campestris*: d) basidiosporas lisas, e) pleurocistidio fusiforme-ventricoso, f) pileipellis de tipo tricodermo entrelazado; *Tylopilus obscurus*: g) basidiosporas lisas, h) cistidios fusiforme-ventricosos, i) pileipellis de tipo tricodermo entrelazado. Fotos: Á.E. Saldivar.

DISCUSIÓN

Los hongos de la familia Boletaceae son reconocidos por ser elementos conspicuos e importantes en los diferentes ecosistemas forestales debido a la asociación simbiótica ectomicorrizógena que desarrollan, es por eso, que en este estudio se presenta un listado actualizado de las especies fúngicas de este grupo en el estado de Jalisco, basado en la caracterización morfológica de basidiomas y revisión sistemática de literatura. Del total de los 68 taxones aquí catalogados, nueve especies se citan como registros nuevos para la entidad y siete más identificados en estatus de affinis. Respecto a la diversidad de especies reconocidas de la familia Boletaceae en México, existe un registro de 212 especies (García Jiménez, 1999; García & Garza, 2001), por lo que los 68 taxones registrados de este estudio representan en Jalisco el 32% de las especies conocidas de esta familia en el país.

En cuanto a las especies de Boletaceae encontradas en la entidad podemos mencionar que estas guardan afinidad en parte a las registradas de Norteamérica y de la zona neotropical, esto es debido a dos factores. El primero de ellos es la asociación de estos hongos con elementos forestales distribuidos en estas regiones (Halling, Osmundson, & Neves, 2008; Tedersoo & Smith, 2013), y el segundo es que en el estado de Jalisco convergen cinco provincias fisiográficas (Sierra Madre Occidental, Faja Volcánica Transmexicana, Altiplano Mexicano, Sierra Madre del Sur y Depresión de Balsas) que le confieren una amplia variedad de condiciones ambientales y climáticas aptas para el crecimiento de diversos grupos de hongos (Valdivia, 2017). Es notable señalar que las principales comunidades vegetales en las que se encuentran asociados los boletáceos citados en la entidad son los bosques de pino, encino o pino-encino con elementos principalmente de las familias Fagaceae como *Quercus* L. y Pinaceae como *Abies* Mill. y *Pinus* L., y en algunas ocasiones con elementos de Ericaceae. Por mencionar algunos ejemplos, *Tylopilus felleus* se encontró asociado exclusivamente al bosque de pino; *Caloboletus* aff. *calopus* y *Cyanoboletus pulverulentus* asociados a bosques con elementos de *Abies*, y

Leccinum arbuticola relacionado con *Arbutus*, lo que coincide con los datos registrados anteriormente para estas especies (Moreno Fuentes, 1996; García Jiménez, 1999).

Derivado de lo anterior podemos mencionar que tal convergencia de regiones fisiográficas, propicia el desarrollo de especies que resulta difícil muchas veces su identificación, como lo observado en los siete taxa afines registrados en este trabajo, las cuales presentan características morfológicas que concuerdan con la descripción de los taxa, pero que sin embargo de acuerdo a la literatura, no se reconocen en la actualidad con distribución en el continente americano, tal es el caso de *Aureoboletus* aff. *moravicus* (Klofac, 2010), *Boletellus* aff. *elatus* (Nagasawa, 1984; Singer, García, & Gómez, 1992; Halling & Ortiz-Santana, 2009), *Boletus* aff. *reticulatus* (Snell & Dick, 1970; Breitenback & Kränzlin, 1991; Both, 1993; Gelardi, 2020), *Caloboletus* aff. *calopus* (Zhao, Wu, Feng, & Yang, 2014), *Rubroboletus* aff. *dupainii* (Both & Ortiz-Santana, 2009), *Neoboletus* aff. *erythropus* (Singer, 1947; Singer & Kuthan, 1976) y *Strobilomyces* aff. *strobilaceus* (Petersen, Hughes, Adamcik, Tkalcec, & Mesic, 2012; Gelardi, y otros, 2013; Antonin, Vizzini, Ercole, & Leonardi, 2015; Wu, y otros, 2016). Por ello, son necesarios estudios filogenéticos con datos moleculares aunado a caracteres morfológicos y distribución biogeográfica con el fin de aclarar la ubicación taxonómica de tales especies afines con respecto a los taxones relacionados, y que, en su posible caso, resulten ser especies diferentes.

Es importante señalar los caracteres morfológicos que tradicionalmente son considerados para la identificación de géneros y especies de la familia Boletaceae, como la ornamentación de las basidiosporas, color y cambio de coloración del himenóforo al igual que del contexto, ornamentación del estípite, tipo de trama himenóforal, la pileipellis y los elementos terminales de esta última (Singer, 1986; Simonini, 1995; Wu, y otros, 2014). Lo anterior, debe ser complementado con otras características macro y microscópicas diagnósticas como la coloración y grado de humedad del píleo-estípite, el sabor y olor del contexto y el color del micelio basal; así como los cistidios, basidios, caulobasidios y caulocistidios. Por último, otro aspecto de examinar en el estudio de los boletáceos, son pruebas macroquímicas con hidroxido de potasio (KOH) e hidroxido de amonio (NH₄OH) sobre la superficie del píleo, himenóforo, estípite y contexto para identificar los cambios de coloración que presentan estas estructuras al contacto con estos reactivos (Baroni, 1978; Singer, 1986).

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se presenta la actualización taxonómica de la familia Boletaceae y la distribución de sus taxones registrados para el estado de Jalisco, la cual se basó en caracteres morfológicos y aspectos geográficos para su correcta determinación. Es necesario señalar que en la actualidad el uso de caracteres moleculares ha sido una herramienta valiosa para la determinación de especies fúngicas, principalmente en la familia Boletaceae. Por lo que esta contribución sienta las bases para estudios filogenéticos, de esta familia y otros boletáceos, con la integración de caracteres morfológicos, biogeográficos y moleculares que permitirán esclarecer la identidad correcta de los taxa y la aportación de especies nuevas. Asimismo, es necesario continuar con los estudios de este grupo de hongos para distinguir los nichos ecológicos y su relación simbiótica con las plantas que se encuentra en los diferentes ecosistemas; por lo que se requiere ampliar una mayor recolección en regiones poco o nada exploradas, y poder así reconocer la diversidad de especies en Jalisco y resto del país.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Dra. Laura Guzmán-Dávalos, curadora de la Colección Micológica del Herbario IBUG de la Universidad de Guadalajara, por su apoyo y facilidades otorgadas. Al curador de la Colección del Herbario Micológico ITCV del Instituto Tecnológico de Ciudad Victoria, por la ayuda brindada. Los autores reconocen a los diversos colectores por su valiosa contribución del material recolectado en las distintas regiones del estado de Jalisco. Jesús García Jiménez agradece al Tecnológico Nacional de México y al CONACYT por el apoyo a su investigación. Finalmente, un

agradecimiento a los dos revisores anónimos por los comentarios y sugerencias que enriquecieron al manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Antonin, V., Vizzini, A., Ercole, E., & Leonardi, M. (2015). *Strobilomyces pteroreticulosporus* (Boletales), a new species of the *S. strobilaceus* complex from Republic of Korea and remarks on the variability of *S. confusus*. *Phytotaxa*, 219, 76-86. doi:10.11646/phytotaxa.219.1.6
- Arora, D., & Frank, J. L. (2014). *Boletus rubriceps*, a new species of porcini from the southwestern USA. *North American Fungi*, 9, 1-11. doi:10.2509/naf2014.009.006
- Ayala-Vázquez, O. (2016). *Estudio taxonómico de la familia Boletaceae en bosques de Quercus del estado de Oaxaca, México (Tesis de Maestría)*. Ciudad de México: Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- Ayala-Vázquez, O., Valenzuela, R., Aguirre-Acosta, E., Raymundo, T., & García-Jiménez, J. (2018). Species of Boletaceae (Boletales, Basidiomycota) with ornamented spores from temperate forest at the state of Oaxaca, Mexico. *Studies in Fungi*, 3, 271-292. doi:10.5943/sif/3/1/28
- Bandala, V. M., & Montoya, L. (2015). *Gymnopodium floribundum* trees, (Polygonaceae) harbour a diverse ectomycorrhizal fungal community in the tropical deciduous forest of southeastern Mexico. *Research & Reviews: Journal of Botanical Sciences*, 4, 73-75.
- Baroni, T. (1978). Chemical Spot-Test Reactions-Boletes. *Mycologia*, 70, 1064-1076.
- Bessette, A. E., Roody, W. C., & Bessette, A. (2000). *North American Boletes: a color guide to the fleshy pored mushrooms* (1 ed.). Syracuse: Syracuse University Press.
- Bessette, A. E., Roody, W. C., & Bessette, A. R. (2016). *Boletes of Eastern North America*. Syracuse: Syracuse University Press.
- Binder, M., & Hibbett, D. S. (2006). Molecular systematics and biological diversification of Boletales. *Mycologia*, 98, 971-981. doi:10.3852/mycologia.98.6.971
- Both, E. (1993). *The Boletes of North America. A Compendium*. Buffalo: Buffalo Museum of Science.
- Both, E., & Ortiz-Santana, B. (2009). The second record of the European species, *Boletus dupainii* in North America. *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*, 38, 1-4.
- Breitenback, J., & Kränzlin, F. (1991). *Fungi of Switzerland. Boletes and agarics 1st part, Strobilomycetaceae and Boletaceae, Paxillaceae, Gomphidiaceae, Hygrophoraceae, Tricholomataceae, Polyporaceae (lamellate)* (Vol. 3). Lucerna: Verlag Mykologia.
- Brown, R. P. (1985). Is there an association between *Boletus lignicola* and *Phaeolus schweinitzii*? *Bulletin of the British Mycological Society*, 19, 61-63. doi:10.1016/S0007-1528(85)80061-4
- Dentinger, B. T., Ammirati, J. F., Both, E., Desjardin, D. E., Halling, R. E., Henkel, T. W., . . . McLaughlin, D. J. (2010). Molecular phylogenetics of porcini mushrooms (*Boletus* section *Boletus*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 57, 1276-1292. doi:10.1016/j.ympev.2010.10.004
- Desjardin, D. E., Binder, M., Roekring, S., & Flegel, T. (2009). *Spongiforma* a new genus of gastroid boletes from Thailand. *Fungal Diversity*, 37, 1-8.
- Frank, J. L., Siegel, N., Schwarz, C. F., Araki, B., & Vellinga, E. C. (2020). *Xerocomellus* (Boletaceae) in western North America. *Fungal Systematics and Evolution*, 6, 265-288. doi:10.3114/fuse.2020.06.13
- García Jiménez, J. (1999). *Estudio sobre la taxonomía, ecología y distribución de algunos hongos de la familia Boletaceae (Basidiomycetes; Agaricales) de México (Tesis de Maestría)*. Linares: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García Jiménez, J. (2013). *Diversidad de macromicetos en el estado de Tamaulipas, México (Tesis de Doctorado)*. Linares: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- García, J., & Castillo, J. (1981). Las especies de Boletáceos y Gomphidiáceos conocidos de Nuevo León. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, 15, 121-197. doi:10.33885/sf.1981.2.530
- García, J., & Garza, F. (2001). Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. *Ciencia UANL*, 4, 336-343.
- García, J., Gaona, G., Castillo, J., & Guzmán, G. (1986). Nuevos registros de Boletáceos en México. *Revista Mexicana de Micología*, 2, 343-366. doi:10.33885/sf.1986.3.675

- García-Jiménez, J., Garza-Ocañas, F., De la Fuente, J. I., Saldivar, A. E., & Ayala-Vázquez, O. (2019). Three new records of *Aureoboletus* Pouzar (Boletaceae, Boletales) from Mexico. *Check List*, 15, 759-765. doi:10.15560/15.5.759
- García-Jiménez, J., Singer, R., Estrada, E., Garza-Ocañas, F., & Valenzuela, R. (2013). Dos especies nuevas del género *Boletus* (Boletales; Agaricomycetes) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84(Supl. Micología), 152-162. doi:10.7550/rmb.31988
- Gelardi, M. (2020). Diversity, Biogeographic Distribution, Ecology and Ectomycorrhizal Relationships of the Edible Porcini Mushrooms (*Boletus* s. str. Boletaceae) Worldwide: State of the Art an an Annotated Cheklist. En J. Pérez-Moreno, A. Guerin-Laguette, R. Flores Arzu, & F.-Q. Yu, *Mushrooms, Humans and Nature in a Changing World*. Cham: Springer. doi:10.1007/978-3-030-37378-8_8
- Gelardi, M., Vizzini, A., Ercole, E., Voyron, S., Wu, G., & Liu, X.-Z. (2013). *Strobilomyces echinocephalus* sp. nov. (Boletales) from sout-western China, and a key to the genus *Strobilomyces* worldwide. *Mycological Progress*, 12, 575-588. doi:10.1007/s11557-012-0865-3
- González-Chicas, E., Cappello, S., Cifuentes, J., & Torres-de la Cruz, M. (2019). New records of Boletales (Basidiomycota) of a tropical oak forest from Mexican Southeast. *Botanical Sciences*, 97, 423-432. doi:10.17129/botsci.2099
- González-Velázquez, A., & Valenzuela, R. (1993). Boletáceos y Gonfidiáceos del Estado de México I. Discusiones sobre su distribución en diferentes tipos de vegetación, asociaciones ectomicorrizógenas, fenología y comestibilidad. *Revista Mexicana de Micología*, 9, 35-43. doi:10.33885/sf.1993.3.798
- González-Velázquez, A., & Valenzuela, R. (1995). A new species of *Boletellus* (Basidiomycota, Agaricales: Boletaceae) from Mexico. *Mycotaxon*, 55, 399-404.
- González-Velázquez, A., & Valenzuela, R. (1996). Los boletáceos y gomfidiáceos del Estado de México II. *Annales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 41, 119-196.
- Grund, D. W., & Harrison, K. A. (1976). *Nova Scotian Boletes*. Vaduz: J. Cramer.
- Guzmán, G. (1974). El género *Fistulinella* Henn. (= *Ixechnus* R. Heim) y las relaciones florísticas entre México y África. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología*, 8, 53-63. doi:10.33885/sf.1974.2.432
- Guzmán-Dávalos, L., & Fragoza, G. (1995). Los hongos registrados del Estado de Jalisco. *Boletín IBUG (Universidad de Guadalajara)*, 9, 11-23.
- Halling, R. E. (1989). A synopsis of Colombian boletes. *Mycotaxon*, 34, 93-113.
- Halling, R. E., & Ortiz-Santana, B. (2009). A revision of *Boletellus* sect. *Ixocephali*. *Mycological Progress*, 8, 237-244. doi:10.1007/s11557-009-0595-3
- Halling, R. E., Osmundson, T. W., & Neves, M. A. (2008). Pacific boletes: implications for biogeographic relationships. *Mycological Research*, 112, 437-447. doi:10.1016/j.mycres.2007.11.021
- He, M.-Q., Zhao, R.-L., Hyde, K. D., Begerow, D., Kemler, M., Yurkov, A., . . . Kirk, P. M. (2019). Notes outline and divergence times of Basidiomycota. *Fungal Diversity*, 99, 105-367. doi:10.1007/s13225-019-00435-4
- Heim, R., & Perreau, J. (1964). Les genres *Porphyrellus* et *Strobilomyces* au Mexique. *Bulletin de la Societe mycologique de France*, 80, 88-101.
- Henkel, T. W., Terborgh, J., & Vilgalys, R. J. (2002). Ectomycorrhizal fungi and their leguminous host in the Pakaraima Mountains of Guyana. *Mycological Research*, 106, 515-531. doi:10.1017/S0953756202005919
- Kirk, P. M., Canon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J. A. (2008). *Dictionary of the Fungi*. Wallingford: CAB international.
- Klofac, W. (2010). The genus *Aureoboletus*, a world-wide survey. A contribution to a monographic treatment. *Özterr. Z. Pilzk*, 19, 133-174.
- Kuo, M., & Ortiz-Santana, B. (2020). Revision of leccinoid fungi, with emphasis on North America taxa, based on molecular and morphological data. *Mycologia*, 112, 197-211. doi:10.1080/00275514.2019.1685351
- Largent, D. (1986). *How to identify mushrooms to Genus I: Macroscopic features*. Eureka: Mad River Press Inc.
- Largent, D., Johnson, D., & Watling, R. (1977). *How to identify Mushrooms to Genus III: Microscopic features*. Eureka: Mad River Press.

- Montoya, L., & Bandala, V. M. (1991). Studies on the genus *Phylloporus* in Mexico I. Discussion of the know species and description of a new species and a new record. *Mycotaxon*, 41, 471-482.
- Montoya, L., & Bandala, V. M. (2011). A new *Phylloporus* from two relict *Fagus grandifolia* var. *mexicana* populations in montane cloud forest. *Mycotaxon*, 117, 9-18.
- Montoya, L., Garay-Serrano, E., & Bandala, V. (2019). Two new species of *Phylloporus* (Fungi, Boletales) from tropical *Quercus* forests in eastern Mexico. *MycKeys*, 51, 107-123.
- Moreno Fuentes, A. (1996). *Contribución al conocimiento taxonómico del género Leccinum S.F. Gray (Boletaceae) en el centro de México. (Tesis de Maestría en Ciencias)*. Ciudad de México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- Muñoz, J. A. (2005). *Boletus* sl. (excl. *Xerocomus*): *Strobilomycetaceae, Gyrosporaceae, Gyrodontaceae, Suillaceae, Boletaceae. Fungi Europaei*. Alasio: Edizioni Candusso.
- Murrill, W. A. (1910). A new *Boletus* from Mexico. *Mycologia*, 2, 248.
- Murrill, W. A. (1914). *American Boletes*. New York: The Autor.
- Murrill, W. A. (1949). Notes and brief articles. *Mycologia*, 41, 491.
- Nagasawa, E. (1984). *Boletellus elatus*, new bolete from Japan. *Transaction Mycology Society Japan*, 25, 361-366.
- Neves, M. A., & Halling, R. E. (2010). Study on species of *Phylloporus* I: Neotropics and North America. *Mycologia*, 102, 923-943. doi:10.3852/09-215
- Nuhn, M. E., Binder, M., Taylor, A. S., Halling, R. E., & Hibbett, D. S. (2013). Phylogenetic overview of the Boletineae. *Fungal Biology*, 117, 479-511. doi:10.1016/j.funbio.2013.04.008
- Ortiz-Santana, B., & Both, E. (2011). A preliminar survey of the genus *Bucwaldoboletus* (Boletales: Boletaceae). *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences*, 40, 1-14.
- Ortiz-Santana, B., Lodge, D. J., Baroni, T., & Both, E. (2007). Boletes from Belize and the Dominican Republic. *Fungal Diversity*, 27, 247-416.
- Peck, C. H. (1889). The Boleti of the United States. *Bulletin of New York State Museum*, 2, 73-116.
- Petersen, R. H., Hughes, K. W., Adamcik, S., Tkalcic, Z., & Mesic, A. (2012). Typification of three European species epithets attributable to *Strobilomyces* (Boletales). *Czech Mycology*(64), 141-163.
- Rodríguez Alcántar, O., & Herrera-Fonseca, M. (2016). Nuevas adiciones de hongos para San Sebastián del Oeste, Jalisco, México. *Revista Mexicana de Micología*, 44, 21-29. doi:10.33885/sf.2016.3.1158
- Rodríguez, O., Herrera-Fonseca, M., Sánchez-Jácome, M. R., Álvarez, I., Valenzuela, R., García-Jiménez, J., & Guzmán-Dávalos, L. (2010). Catálogo de la micobiota del bosque La Primavera, Jalisco. *Revista Mexicana de Micología*, 32, 29-40. doi:10.33885/sf.2010.3.1069
- Rodríguez-Alcántar, O., Figueroa-García, D., & Herrera-Fonseca, M. (2018). Catálogo de los hongos del volcán de Tequila, municipio de Tequila, Jalisco, México. *Polibotánica*, 45, 15-33. doi:10.18387/polibotanica.45.3
- Rodríguez-Alcántar, O., Figueroa-García, D., & Herrera-Fonseca, M. (2019). Catálogo de los hongos de San Sebastián del Oeste, Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana*, 126, e1364. doi:10.21829/abm126.2019.1364
- Rodríguez, E. C., Martínez-González, C., González, A., & Luna-Vega, I. (2020). *Tylopilus hayatae*, a new endemic bolete species in relict Mexican beech forest. *Phytotaxa*, 441, 35-46. doi:10.11646/phytotaxa.441.1.3
- Sánchez-Jácome, M. R., & Guzmán-Dávalos, L. (2011). Hongos citados para Jalisco II. *Ibugana*, 16, 25-60.
- Simonini, G. (1995). Introduzione allo studio delle Boletaceae. *Pagine di Micologia*, 4, 17-65.
- Singer, R. (1945). The Boletineae of Florida with notes on extralimital species I The *Strobilomycetaceae*. *Farlowia*, 2, 97-141.
- Singer, R. (1947). The Boletineae of Florida with notes on extralimital species III. *The American Midland Naturalist*, 37, 1-135.
- Singer, R. (1973). Notes on Bolete Taxonomy. *Persoonia*, 7, 313-320.
- Singer, R. (1978). Notes on Bolete Taxonomy II. *Persoonia*, 9, 421-438.
- Singer, R. (1981). Notes on Bolete Taxonomy III. *Persoonia*, 11, 269-302.
- Singer, R. (1986). *The Agaricales in Modern Taxonomy* (4 ed.). Koenigstein: Koeltz Scientific Book.
- Singer, R. (1989). New taxa and New Combinations of Agaricales (Diagnoses Fungorum Novorum Agaricalium IV). *Fieldiana Botany*, 21, 1-133.
- Singer, R., & Kuthan, J. (1976). Notes on Boletes. *Česká Mykologie*, 30, 143-155.

Recibido:
26/diciembre/2020

Aceptado:
11/julio/2021

- Singer, R., García, J., & Gómez, L. D. (1990). The Boletineae of Mexico and Central America I-II. *Nova Hedwigia Beihefte*, 98, 1-72.
- Singer, R., García, J., & Gómez, L. D. (1991). The Boletineae of Mexico and Central America III. *Nova Hedwigia Beihefte*, 102, 1-99.
- Singer, R., García, J., & Gómez, L. D. (1992). The Boletineae of Mexico and Central America IV. *Nova Hedwigia Beihefte*, 105, 1-62.
- Smith, A. H., & Thiers, H. D. (1971). *Boletes of Michigan*. Ann Arbor: The University of Michigan Press.
- Smith, M. E., Amses, K. R., Elliot, F. F., Obase, K., Aime, M. C., & Hekel, T. W. (2015). New sequestrate fungi from Guyana: *Jimtrappea guyanensis* gen. sp. nov., *Castellanea pakaraimophila* gen. sp. nov., and *Costatisporus cyanescens* gen. sp. nov. (Boletaceae, Boletales). *IMA Fungus*, 6, 297-317. doi:10.5598/imafungus.2015.06.02.03
- Snell, W. H., & Dick, E. A. (1970). *The Boleti of Northeastern North America*. Lehre: J. Cramer.
- Šutara, J. (2008). *Xerocomus* s.l. in the light of the present state of knowledge. *Czech Mycology*, 60, 29-62.
- Tedersoo, L., & Smith, M. E. (2013). Lineages of ectomycorrhizal fungi revisited: Foraging strategies and novel lineages revealed by sequences from belowground. *Fungal Biology Reviews*, 27, 83-99.
- Terríquez, A., Herrera-Fonseca, M., & Rodríguez Alcántar, O. (2017). Contribución al conocimiento de la micobiota del cerro Punta Grande, Mezcala, municipio de Poncitlán Jalisco, México. *Scientia Fungorum*, 45, 53-66. doi:10.33885/sf.2017.0.1167
- Thiers, B. (2021). *Index Herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. (N. Y. Garden, Editor) Recuperado el 2021, de New York Botanical Garden's Virtual Herbarium: <http://sweetgum.nybg.org/ig/>
- Torres-Preciado, C., Rodríguez Alcántar, O., Herrera-Fonseca, M., & Figueroa-García, D. (2020). Catálogo de la micobiota del Complejo Volcánico de Colima, México. *Acta Botánica Mexicana*, 127, e1686. doi:10.21829/abm127.2020.1686
- Valdivia, L. (2017). Superficie y Relieve. En CONABIO, *La Biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado* (Vol. 1, págs. 23-29). Ciudad de México.
- Vellinga, E. C. (1998). Glossary. En C. Bas, T. H. Kuyper, M. Noordeloos, & E. C. Vellinga, *Flora Agaricina Neerlandica. Critical monographs on families of agarics and boleti occurring in the Netherlands* (1 ed.). Rotterdam: A.A. Balkema.
- Watling, R. (2004). New combinations in Boletaceae and Gomphidiaceae (Boletales). *Edinburgh Journal of Botany*, 61, 41-47.
- Wijayawardene, N. N., Hyde, K., Al-Ani, L. T., Tedersoo, L., Haelewaters, D., Rajeshkumar, K. C., . . . Thines, M. (2020). Outline of Fungi and fungus-like taxa. *Mycosphere*, 11, 1060-1456. doi:10.5943/mycosphere/11/1/8
- Wolfe, C. B. (1979). *Austroboletus* and *Tylopilus* subgenus *Porphyrellus*, with emphasis on North American Taxa. *Bibliotheca Mycologica*, 69, 1-148.
- Wu, G., Feng, B., Xu, J., Zhu, X. T., Li, Y. C., Zeng, N. K., . . . Yang, Z. L. (2014). Molecular phylogenetic analyses redefine seven major clades and reveal 22 new generic clades in the fungal family Boletaceae. *Fungal Diversity*, 69, 93-115. doi:10.1007/s13225-014-0283-8
- Wu, G., Li, Y. C., Zhu, X. T., Zhao, K., Han, L. H., Cui, Y. Y., . . . Yang, Z. L. (2016). One hundred noteworthy boletes from China. *Fungal Diversity*, 81, 25-188. doi:10.1007/s13225-016-0375-8
- Zhao, K., Wu, G., Feng, B., & Yang, Z. L. (2014). Molecular phylogeny of *Caloboletus* (Boletaceae) and a new species in East Asia. *Mycological Progress*, 13, 1127-1136. doi:10.1007/s11557-014-1001-3



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

CATÁLOGO DE EJEMPLARES TIPO DEL HERBARIO CODAGEM (MÉXICO)

CATALOGUE OF TYPE SPECIMENS OF THE CODAGEM HERBARIUM (MEXICO)

Quintero Bastida, S.L.; A. Domínguez López y J.A. López Sandoval.

CATÁLOGO DE EJEMPLARES TIPO DEL HERBARIO CODAGEM (MÉXICO).

CATALOGUE OF TYPE SPECIMENS OF THE CODAGEM HERBARIUM (MEXICO).

CATÁLOGO DE EJEMPLARES TIPO DEL HERBARIO CODAGEM (MÉXICO)

CATALOGUE OF TYPE SPECIMENS OF THE CODAGEM HERBARIUM (MEXICO)

Quintero Bastida, S.L.;
A. Domínguez López
y J.A. López Sandoval

CATÁLOGO DE
EJEMPLARES TIPO DEL
HERBARIO CODAGEM
(MÉXICO)

CATALOGUE OF TYPE
SPECIMENS OF THE
CODAGEM HERBARIUM
(MEXICO)



Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 51-62. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.4

S.L. Quintero Bastida

A. Domínguez López

J.A. López Sandoval/ jalopezsa@uaemex.mx

Universidad Autónoma del Estado de México

Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Universitario El Cerrillo,
El Cerrillo Piedras Blancas, 50200 Toluca, Estado de México, México.

RESUMEN: En el herbario CODAGEM se analizaron los materiales tipo. Como resultado, se registraron 38 ejemplares, los cuales representan los tipos nomenclaturales de 36 nombres de especies, una variedad y una forma de plantas pertenecientes a las angiospermas y un helecho. De cada taxón se indican los siguientes datos: nombre científico, autor (es), basinónimos (si corresponde), revista donde fue citado el ejemplar o descrita la especie, país, estado, municipio (en su caso), localidad, hábitat, altitud donde se colectó, fecha de colecta, colector (es) y número de colecta; además de la clase del tipo nomenclatural correspondiente. Se detectaron 37 isotipos, un holotipo y un lectotipo. Se destacan las familias Bromeliaceae y Dioscoreaceae. La mayoría de los ejemplares tipo en el herbario CODAGEM fueron identificados previamente a este trabajo, pero la revisión de la colección permitió encontrar dos tipos nuevos: en Acanthaceae un isotipo de *Justicia matudae* T. F. Daniel y en Asparagaceae un lectotipo de *Manfreda malinaltenangensis* Matuda.

Palabras clave: Herbario CODAGEM, Estado de México, Tipos nomenclaturales.

ABSTRACT: Type materials were analyzed in the CODAGEM herbarium. As a result, 38 specimens were registered, which represent the nomenclatural types of 36 species names, a variety and a form of plants belonging to angiosperms and a fern. The following data are indicated for each taxon: scientific name, author (s), basionyms (if applicable), journal where the specimen was cited or the species was described, country, state, municipality (where appropriate), locality, habitat, altitude where it was collected, date of collection, collector (s) and collection number; in addition to the class of the corresponding nomenclatural type. 37 isotypes, a holotype and a lectotype were detected. The Bromeliaceae and Dioscoreaceae families stand out. Most of the type specimens in the CODAGEM herbarium were identified prior to this work, but the review of the collection allowed us to find two new types: in Acanthaceae an isotype of *Justicia matudae* T. F. Daniel and in Asparagaceae a lectotype of *Manfreda malinaltenangensis* Matuda.

Kew word: CODAGEM herbarium, Estado de Mexico, nomenclatural types.

INTRODUCCIÓN

Eizi Matuda (1874-1978) y Maximino Martínez (1888-1964) trabajaron en la Comisión Botánica Exploradora desde 1954 y por más de 20 años en el Estado de México, para coleccionar la diversidad vegetal de esta entidad federativa, aunque también existen ejemplares de otros estados de la República Mexicana (Martínez & Matuda, 1979). La Comisión dio origen al Herbario CODAGEM (acrónimo según Thiers, 2019) y permitió dar a conocer nuevas especies. Actualmente esta colección forma parte del

Herbario “Eizi Matuda” de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma del Estado de México, el cual se encuentra ubicado en el Campus Universitario “El Cerrillo”, El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México. Dicha colección se encuentra activa y están registrados internacionalmente 30, 000 ejemplares (Thiers, 2019) pero la base de datos del herbario indica 45, 000 debido a que se ha incrementado con otros colectores (López-Patiño *et al.*, 2012; López-Sandoval *et al.*, 2010).

La mayoría de los herbarios se encuentran alistando sus bases de datos o catálogos y en México no es la excepción. Algunos casos ya lo hicieron para responder de forma eficiente a la necesidad de datos biológicos ante la crisis de biodiversidad que vivimos. El *Index Herbariorum* en 2019 indica que existen en el mundo 3, 324 herbarios con 392, 252, 689 ejemplares; México cuenta con 69 herbarios con 5, 348, 670 ejemplares (Thiers, 2019). Algunos herbarios en México cuentan con catálogos de sus tipos nomenclaturales, como es el caso de ENCEB (Arreguín-Sánchez *et al.*, 1996, 2003); IBUG (González-Villareal, 2014); IEB (Ocampo-Acosta & Medellín-Villamil, 2004) y MEXU (Hernández-Magaña & Lira-Saade, 1991; Montero-Castro *et al.*, 2001).

En los ejemplares de la colección del herbario CODAGEM se incluyen varios tipos, la mayoría colectados por Eizi Matuda. Los tipos pertenecientes a la familia Bromeliaceae de esta colección fueron publicados por López-Ferrari & Espejo-Serna (1998). Sin embargo, existen otros tipos de otras familias como Araceae, Asparagaceae, Commelinaceae y Dioscoreaceae que no se han publicado aún y requieren ser difundidos.

Un ejemplar tipo es aquel incluido en la descripción original que permite una correcta interpretación nombre científico de un taxón (Greuter *et al.*, 2000). Los ejemplares tipo representan la referencia permanente asociada a los nombres científicos asignados a los seres vivos, por lo tanto, su consulta es fundamental en los trabajos taxonómicos y florísticos. Aunque ya se han hecho esfuerzos académicos en la divulgación de los tipos que se encuentran en los herbarios en México; esta investigación tiene como objetivo dar a conocer a la comunidad científica los ejemplares tipo que están depositados en el Herbario CODAGEM.

MÉTODO

En el Herbario CODAGEM se hizo una base de datos, para lo cual fue necesario revisar cada uno de los ejemplares de la colección. Se observó que en algunos de ellos existía una etiqueta roja con algunas anotaciones que indicaban ser tipos nomenclaturales (Fig. 1). Debido a lo anterior, se elaboró un catálogo de sus tipos y se comenzó con la búsqueda y separación de los ejemplares tipo depositados en el acervo general del Herbario CODAGEM. Una vez seleccionados los ejemplares se hizo una revisión exhaustiva en bases de datos (IPNI, 2020; JSTOR, 2021; POWO, 2021; Tropicos.org, 2020), herbarios virtuales (UNAM, 2020; University of Michigan, 2021) y artículos específicos y protólogos (Castañeda-Rojas *et al.*, 2005; López-Ferrari & Espejo-Serna, 1998) para corroborar su validez y el tipo nomenclatural correcto.

Las categorías de los tipos, consideradas en este trabajo, están definidas según el Código Internacional de nomenclatura de algas, hongos y plantas (Shenzhen Code) (Turland *et al.*, 2018): holotipo (único elemento -ejemplar o ilustración- usado por el autor o designado por él como tipo nomenclatural); isotipo ejemplar duplicado del holotipo) y lectotipo (elemento (ejemplar o ilustración) del material designado como tipo nomenclatural; si al publicarse el nombre no se indicó el holotipo, o si el holotipo falta, o si se reconoce que pertenece a más de un taxón).



Fig. 1. Ejemplar de isotipo de *Agave tepsicana* Matuda.

El catálogo de ejemplares tipo se ordenó de acuerdo con Smith *et al.* (2006) para helechos y con Stevens (2020) para angiospermas, y dentro de cada familia en forma alfabética según los nombres de los taxa. Para cada taxón se indican los datos siguientes: nombre científico y autor (es); referencia de la publicación original; país, estado, municipio y localidad de colecta; hábitat, altitud (en su caso); fecha de colecta colector y número de colecta, así como la

categoría de tipo nomenclatural a la que corresponde el ejemplar. Además, se incluyó el nombre actual (Anexo 1).

RESULTADOS

Se reportan 38 tipos nomenclaturales, que a su vez se agrupan en ocho familias y 17 géneros (Anexo 1). Las familias con mayor número de tipos son Bromeliaceae, Dioscoreaceae y Commelinaceae; entre las tres constituyen el 71% de la colección de tipos CODAGEM (Cuadro 1). Por otro lado, el 52,59% de la colección de tipos se concentra en tres géneros: *Tillandsia* L., *Dioscorea* L. y *Manfreda* Salisb. (Cuadro 2).

Cuadro 1. Número de ejemplares tipo en el herbario CODAGEM por familia.

Familia	Número de especies
Bromeliaceae	14
Dioscoreaceae	7
Commelinaceae	6
Asparagaceae	4
Araceae	4
Dryopteridaceae	1
Acanthaceae	1
Podostemataceae	1

Cuadro 2. Géneros representados en la colección de tipos de CODAGEM.

Familia	Género	Número de especies
Bromeliaceae	<i>Tillandsia</i> L.	11
Dioscoreaceae	<i>Dioscorea</i> L.	6
Asparagaceae	<i>Manfreda</i> Salisb.	3
Araceae	<i>Anthurium</i> Schott.	2
Bromeliaceae	<i>Werauhia</i> J.R. Grant	2
Commelinaceae	<i>Commelina</i> L.	2
Commelinaceae	<i>Tradescantia</i> L.	2
Araceae	<i>Monstera</i> Adans.	1
Dryopteridaceae	<i>Elaphoglossum</i> Schott. J. Sm.	1
Araceae	<i>Spathiphyllum</i> Schott	1
Asparagaceae	<i>Agave</i> L.	1
Bromeliaceae	<i>Bromelia</i> L.	1
Commelinaceae	<i>Callisia</i> Loef.	1
Commelinaceae	<i>Tripogandra</i> Raf.	1
Dioscoreaceae	<i>Nanarepenta</i> Matuda	1
Acanthaceae	<i>Justicia</i> L.	1
Podostemaceae	<i>Tristicha</i> Thouars	1

Los Estados de Guerrero y Estado de México representan el 68,4% en de la colección de tipos de CODAGEM (Cuadro 3). El colector que destaca por el número de sus ejemplares depositados en la colección tipo es E. Matuda con 78,9% (Cuadro 4).

Cuadro 3. Número de ejemplares tipo en el herbario CODAGEM, por estados político administrativos.

Estado	Número de ejemplares Tipo
México	16
Guerrero	10
Chiapas	5
Oaxaca	4
Veracruz	1
San Luis Potosí	1
Jalisco	1

Cuadro 4. Número de ejemplares tipo en el herbario CODAGEM, por Colector.

Colector	Número de ejemplares Tipo
Eizi Matuda	30
Thomas MacDougall	2
Kruse Hubert	3
Carlos Beutelpacher	2
Eric Halbenger	1

La mayor parte de los tipos en el herbario CODAGEM corresponden a isotipos (92,1%), mientras que el 7,9% corresponde a las clases de lectotipo y holotipo (Cuadro 5).

Cuadro 5. El número de ejemplares tipo en el herbario CODAGEM, por clase.

Clase	Número de ejemplares
Isotipos	36
Lectotipo	1
Holotipos	1

DISCUSIÓN

A la fecha, la mayoría de los herbarios mexicanos no cuentan con una lista de los tipos nomenclaturales dentro de sus colecciones. Sin embargo, Ocampo-Acosta & Medellín-Villamil (2004), indican una sinopsis de los tipos de los herbarios más grandes en México. De acuerdo con esta lista, el herbario CODAGEM ocupa el décimo lugar, con 38 tipos; tiene más tipos que los herbarios CICY y FCME con 31 y 4 respectivamente. Los demás herbarios tienen los siguientes tipos y ejemplares: AMO (437 tipos y 115, 000 ejemplares), ANSM (99 tipos), CHAPA (221 tipos/160,000 ejemplares), ENCB (1039 tipos/1,080,000 ejemplares), IBUG (139 tipos/200,000 ejemplares), IEB (340 tipos/245,000 ejemplares), MEXU (3320 tipos/1,300,000 ejemplares), XAL (178 tipos/350,000 ejemplares), UAMIX (116 tipos). En una actualización de datos del herbario CICY en cuanto a tipos indica (499 tipos/70,000 ejemplares), con esta nueva información ubicaría al Herbario CODAGEM onceavo lugar (Fernández-Concha, 2021).

Bromeliaceae es la familia con mayor número de ejemplares tipo en el herbario CODAGEM con 14 taxa. Esto distingue a la colección de otros herbarios como MEXU, IEB, ENCB, donde la familia Compositae es la más distintiva (Arreguín-Sánchez *et al.*, 2003; Hernández-Magaña & Lira-Saade, 1991; Ocampo-Acosta & Medellín-Villamil, 2004). Para el caso del herbario IBUG la familia Orchidaceae es la más importante con 79 taxa (González-Villareal, 2014). De los materiales recolectados por la Comisión Botánica Exploradora del Estado de México se describieron varias especies de la familia Bromeliaceae. Sus tipos fueron publicados por López-Ferrari & Espejo-Serna (1998), reportándose 13 ejemplares tipo; en esta publicación se adiciona el isotipo de *Werauhia nocturna* (Matuda) J.R. Grant (= *Vriesea nocturna* Matuda).

El Estado de México es el mejor representado en la colección de tipos de CODAGEM con 16 ejemplares y el mayor colector es Eizi Matuda con 30 ejemplares. Como se mencionó en la introducción, Eizi Matuda trabajó por más de 20 años en el Estado de México, lo que explica este número elevado de tipos para esta entidad federativa.

CONCLUSIONES

El herbario CODAGEM desde su fundación en 1952 se ha focalizado en registrar la biodiversidad de plantas en el Estado de México. Dicho estado se caracteriza por tener una alta riqueza de angiospermas con las siguientes formaciones vegetales: bosque templado, bosque tropical estacionalmente seco, bosque húmedo de montaña, bosque tropical húmedo y matorral xerófilo. Con base en lo presentado en el trabajo se pone en evidencia la existencia de numerosos tipos nomenclaturales principalmente para especies de la familia Bromeliaceae, que permiten la correcta interpretación de estos taxones. El herbario CODAGEM continúa con las colectas del Estado de México para servir de referencia en la investigación botánica en particular del Estado de México y en general de la biodiversidad de la República Mexicana.

LITERATURA CITADA

- Arreguín-Sánchez, M. de la L., Escamilla-Aquino, A. M., & Fernández-Nava, R. (2003). Adiciones de ejemplares tipo de plantas vasculares depositados en el herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. *Polibotanica*, 16, 113–124.
- Arreguín-Sánchez, M. de la L., Fernández-Nava, R., & Rodríguez-Jiménez, A. (1996). Catálogo de los ejemplares tipo de plantas vasculares del Herbario de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas (ENCB), del Instituto Politécnico Nacional, México. *Polibotanica*, 3, 18–81.
- Castañeda-Rojas, A., Franco-Martínez, S. I., & García-Mendoza, A. (2005). *Manfreda galvaniae* (Agavaceae), especie nueva de México, con nota sobre la ubicación taxonómica de *M. malinanltenguensis* Matuda y su lectopificación. *Acta Botánica Mexicana*, 72, 65–76.
- Fernández-Concha, G. (2021). *Herbario CICY*. <https://www.cicy.mx/unidad-de-recursos-naturales/herbario/colecciones>
- González-Villareal, L. M. (2014). Actualización del catálogo de la colección de tipos de plantas vasculares en el Herbario Luz María Villarreal de Puga (IBUG). *Ibugana*, 6, 3–80.
- Greuter, W., McNeill, J., Barrie, F. R., Burdet, H. M., Demoulin, V., Filgueiras, T. S., Nicholson, D. H., Silva, P. C., Skog, J. E., Trehane, P., Turland, N. J., & Hawksworth, D. L. (2000). *International code of botanical nomenclature*. International Association for Plant Taxonomy.
- Hernández-Magaña, R., & Lira-Saade, R. (1991). Catálogo de ejemplares tipo del Herbario Nacional de México (MEXU) I. Criptógamas y Gramíneas. *Anales del Instituto de Biología*, 61(1), 45–63.

Recibido:
31/marzo/2021

Aceptado:
2/agosto/2021

- IPNI. (2020). *International Plant Names Index*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. <http://www.ipni.org>
- JSTOR. (2021, April). *Global Plants*. ITHAKA. plants.jstor.org
- López-Ferrari, A., & Espejo-Serna, A. (1998). The Type Specimens of Bromeliaceae in the Herbarium "Eizi Matuda" (CODAGEM) of the Comisión Botánica Exploradora del Estado de México. *Selbyana*, 19(1), 66–82.
- López-Patiño, E. J., Szeszko, D. R., Rescala-Pérez, J. & Beltrán-Retis, A. S. 2012. The flora of the Tenancingo-Malinalco-Zumpahuacán protected natural area, State of Mexico, Mexico. *Harvard Papers in Botany* 17(1), 65-167. DOI:<https://doi.org/10.3100/025.017.0113>
- López-Sandoval, J. A., Koch S. D., Vázquez-García, L. M., Munguía-Lino, G. & Morales-Rosales, E. J. (2010). Estudio florístico de la parte central de la barranca Nenetzingo, municipio de Ixtapan de la Sal, Estado de México. *Polibotanica*, 30, 9-33.
- Martínez, M., & Matuda, E. (1979). *Flora del Estado de México. Edición fascicular de los fascículos publicados en los años de 1953 a 1972*. (S. A. Editorial Libros de México, Ed.). Biblioteca Enciclopédica del Estado de México.
- Montero-Castro, J. C., Sosusa-Peña, M., & García-Peña, M. del R. (2001). Catálogo de ejemplares tipo del Herbario Nacional de México (MEXU). V. Solanaceae. *Anales del Instituto de Biología*, 72(1), 119–122.
- Ocampo-Acosta, G., & Medellín-Villamil, A. L. (2004). Catálogo de ejemplares tipo del herbario IEB (México). *Polibotanica*, 67, 1–41.
- POWO. (2021, April). *Plants of the World online*. The Royal Botanic, Gardens Kew. powo.science.kew
- Smith, A. R., Pryer, K. M., Schuettpelz, E., Korall, P., Schneider, H., & Wolf, P. G. (2006). A classification for extant ferns. *Taxon*, 55(3), 705–731.
- Stevens, P. F. (2020). *Angiosperm Phylogeny Website*. <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>
- Thiers, B. (2019). *Index herbariorum: A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. www.tropicos.org/science/ih/
- Tropicos.org. (2020). *Missouri Botanical Garden. St. Louis, MO, USA*. www.tropicos.org
- Turland, N. J., Wiersema, J. H., Barrie, F. R., Greuter, W., Hawksworth, D. L., Herendeen, P. S., Knapp, S., Kusber, W.-H., Li, D.-Z., Marhold, K., May, T. W., McNeill, J., Monro, A. M., Prado, J., Price, M. J., & Smith, G. F. (Eds.). (2018). *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017. Regnum Vegetabile 159*. Koeltz Botanical Books. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- UNAM. (2020). *Portal de Datos Abiertos UNAM (en línea) México, Universidad Nacional Autónoma de México*. <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU>
- University of Michigan. (2021, April). *LSA HERBARIUM. UNIVERSITY OF MICHIGAN*. lsa.umich.edu

Anexo 1. A continuación se citan, por orden alfabético, las familias, géneros, especies de los ejemplares depositados en el Herbario CODAGEM; se consideran primero los helechos y después las angiospermas (monocotiledóneas y eudicotiledóneas).

HELECHOS

Dryopteridaceae

Elaphoglossum nanchititlense Matuda, Helechos Edo. Méx.: 36. 1956. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Cerro de Nanchititla: Falda sur rocosa, bosque deciduo mixto, a 1400-1900 m de altitud. 8-IX-1954, *E. Matuda* 31589.

ISOTIPO. Holotipo: IBUNAM:MEXU: T61574 (UNAM, 2020)

Observación: Actualmente es *Elaphoglossum sartorii* (Liebm.) Mickel. (Tropicos.org, 2020).

ANGIOSPERMAS

MONOCOTILEDÓNEAS Y EUDICOTILEDÓNEAS

Araceae

Anthurium chochotlensis Matuda, Cact. Suc. Mex. 20:11-12, f. 5. 1975. MÉXICO: OAXACA: Chochotla cerca de Huatla de Jiménez, Oaxaca, epífita sobre encinos, en ladera húmeda, a 1800 m de altitud, 7-IV-1974, *E. Matuda* 38620. **ISOTIPO.**

Observación: Actualmente es *Anthurium andicola* Liebm. (Tropicos.org, 2020)

Anthurium mapastepecense Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 27: 339-341. 1956. MÉXICO: CHIAPAS: Finca Prusia, Mapastepec, a 1000 m de altitud, s/d-XI-1953, *Thomas MacDougall* 337. **ISOTIPO.** Holotipo: IBUNAM:MEXU: T109434 (UNAM, 2020)

Observación: Actualmente es *Anthurium lucens* Standl. ex Yunck (Tropicos.org, 2020)

Monstera tacanaensis Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 43: 55-56. 1972. MÉXICO: CHIAPAS: Unión Juárez, en falda oeste del volcán Tacana, en bosque de chiquilite, a 850 m de altitud, 14-II-1969, *E. Matuda* 37584. **ISOTIPO.** Holotipo: IBUNAM:MEXU: T119981 (UNAM, 2020).

Isotipo: IBUNAM:MEXU: T157118 (UNAM, 2020)

Observación: Actualmente es *Monstera deliciosa* Liebm. (Tropicos.org, 2020)

Spathiphyllum uxpanapense Matuda, Cacto Suc. Mex. 21(3): 74. 1976. MÉXICO: VERACRUZ: Mpio. Minatitlán, a orillas del Río Uxpanapa, campamento Hidalgotitlán, en selva perennifolia, en pared de rocas calcáreas, a 75 m de altitud, 23-II-1975, *E. Matuda* 38660. **ISOTIPO.** Isotipo: IBUNAM:MEXU: T180734 (UNAM, 2020)

Asparagaceae

Agave teopiscana Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México.43:51-52, f 1-2. 1972. MÉXICO: CHIAPAS: Km. 1-189, entre San Cristóbal de las Casas y Teopisca, en bosque claro de *Juniperus* sobre rocas, a 2250 m de altitud, 28-V-1969, *E. Matuda* 37648. **ISOTIPO.**

Observación: Actualmente es *Agave chiapensis* Jacobi (Tropicos.org, 2020)

Manfreda malinaltenangensis Matuda, Cact. Suc. Mex. 21(3): 74, f. 28. 1976. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. Ixtapan de la Sal, barranca de Malinaltenango, en matorral claro sobre bordo de barranca, 15-XI-1975, *E. Matuda* 38695. **LECTOTIPO.** Isolectotipo IBUNAM:MEXU:T285804 (UNAM, 2020)

Observación: Lectotipo designado por Castañeda-Rojas, A. Franco-Martínez, S. I. y García-Mendoza, A. en Act. Bot. Mex. 72:65-76.

Manfreda tlatlayensis Matuda, Brittonia 30(2): 165. 1978. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. Tlatlaya, norte de San Antonio del Rosario, Cerro de Rincón Grande, ladera rocosa, en bosque de *Quercus*, a 850 m de altitud, 12-XI-1965, *E. Matuda* 37463. **ISOTIPO.**

Observación: Actualmente es *Manfreda hauniensis* (J.B. Petersen) Verh.-Will. (Tropicos.org, 2020)

Manfreda tamazunchalensis Matuda, Ciencia (México) 24 (5–6): 189–191, f. 2. 1966. MÉXICO: SAN LUIS POTOSÍ: cercanías de Tamazunchale, (Carretera Internacional de México a Nuevo Laredo), en ladera rocosa húmeda de matorral bajo, a 400 m de altitud, 15-III-1965, *E. Matuda 37454*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Manfreda variegata* (Jacobi) Rose (Tropicos.org, 2020)

Bromeliaceae

Bromelia tejupilcana Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 27: 353-356, f. 8–9. 1956. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. Tejupilco, en ladera húmeda sombreada, a 1800 m de altitud, 5-VI-1954, *E. Matuda 30905*. **ISOTIPO**.

Observación: Actualmente es *Bromelia hemispherica* Lam. (Tropicos.org, 2020)

Tillandsia carlos-hankii Matuda, Cact. Succ. J. (Los Ángeles) 45: 186–187, f. 1–2. 1973. MÉXICO: OAXACA: Mpio. San Carlos Yautepec, Santiago Lachivia, Sierra de Santiago, bosque mixto de encino y pino, a 2900 m de altitud, 28-X-1972, *E. Matuda 38514*. **ISOTIPO**.

Tillandsia circinnatioides Matuda, Cact. Succ. J. (Los Angeles) 45: 187–189, f. 4, 4a, 5. 1973. MÉXICO: GUERRERO. Mpio. Chilpancingo, cerca de Chilpancingo, en una barranca a pleno sol, sobre rocas, a 1500 m de altitud, 22-II-1972, *E. Matuda 38432*. **ISOTIPO**.

Tillandsia intumescens L. B. Smith. Phytologia 5: 177, t. 1, f. 1–3. 1955. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO. Mpio. Valle de Bravo, Ixtapatongo hasta la junta, en ladera seca, matorral alto, a 600-800 m de altitud, 24/25-IV-1954, *E. Matuda 30665*. **ISOTIPO**.

Tillandsia kalmbacheri Matuda, Cact. Suc. Mex. 19: 26, f. 16. 1974. MÉXICO: GUERRERO: Mpio. Chilpancingo de los Bravos, filo de cerro las Trincheras, Rincón de la Vía, en vegetación de encino (*Quercus magnolifolia*), a 1, 200 m de altitud, 7-X-1973, *K. Hubert 38629*. **ISOTIPO**.

Tillandsia kruseana Matuda, Cact. Suc. Mex. 19: 24–25, f. 15. 1974. MÉXICO: GUERRERO: Mpio. Chilpancingo de los Bravos, Rincón de la Vía, epífita sobre encino, a 600 m de altitud, 7-X-1973, *K. Hubert 3118*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Tillandsia xerographica* Rohweder (Tropicos.org, 2020)

Tillandsia maritima Matuda, Cact. Suc. Mex. 16: 90–91, f. 47. 1971. MÉXICO: JALISCO: Axamala, en matorral alto cerca del mar, a 0 m de altitud, 8-VI-1971, *E. Matuda 38361*. **ISOTIPO**.

Tillandsia quaquaflorescens Matuda, Cact. Suc. Mex. 22: 23–24, f. 14. 1977. MÉXICO: GUERRERO: Minas cerca de Petatlán, epífita sobre encinos, abundante, a 1500 m de altitud, 29-I-1976, *E. Matuda 38699*. **ISOTIPO**.

Tillandsia simplex Matuda, Cact. Suc. Mex. 17: 113, f. 65. 1972. MÉXICO: GUERRERO: cerca de San Francisco Acuitlapan, camino a Las Granadas, 20 Km antes de Taxco, epífita, a 1400 m de altitud, 15-III-1971, *Carlos C. Beutelspacher 38372*. **ISOTIPO**.

Observación: Actualmente es *Tillandsia makoyana* Baker (Tropicos.org, 2020)

Tillandsia sierrajuarezensis Matuda, Cact. Suc. Mex. 18: 50–51, f. 24. 1973. MÉXICO: OAXACA: Cumbre de la Sierra Juárez, bosque mixto húmedo, a 2800 m de altitud, 23-III-1972, *E. Matuda 38420*. **ISOTIPO**.

Tillandsia supermexicana Matuda, Cact. Suc. Mex. 22: 21–22, f. 12. 1977. MÉXICO: GUERRERO: bosque de Yerbabuena, en la Sierra Costera, a 1900 m de altitud, 19-XII-1973, *E. Matuda 38641*. **ISOTIPO**.

Tillandsia vriesioides Matuda, Cact. Succ. J. (Los Angeles) 45: 187, f. 3. 1973. MÉXICO: CHIAPAS: entre Finca Prusia y Triunfo, Sierra Madre de Chiapas, en ladera húmeda, bosque mixto de *Liquidambar*, *Matudaea* y *Miconia*, a 1200 m de altitud 13-I-1971, *E. Matuda 38244*. **ISOTIPO**.

Vriesea nocturna Matuda, Cact. Suc. Mex. 20(2): 44, f. 23. 1975. MÉXICO: GUERRERO: Sierra de Juárez, 8 Km de Tuxtepec, a Guelatao, a 2000 m de altitud, 27-V-1974, *Carlos C. Beutelspacher 73*. **ISOTIPO**.

Observación: Actualmente es *Werauhia nocturna* (Matuda) J.R. Grant (Tropicos.org, 2020)

Vriesea ovandensis Matuda, Cact. Suc. Méx. 2: 78-79, f. 51. 1957. MÉXICO: CHIAPAS: Monte Ovando, NE de Escuintla, epífita en bosque alto, húmedo, siempre verde, a 1300 m de altitud, 25-III-1957, *E. Matuda 32634*. **ISOTIPO**. Holotipo: IBUNAM:MEXU: T160906 (UNAM, 2020)
Observación: Actualmente es *Werauhia pycnantha* (L.B. Sm.) J.R. Grant (Tropicos.org, 2020)

Commelinaceae

Callisia nizandensis Matuda, Cact. Suc. Mex. 21(3): 75-76. 1976. MÉXICO: OAXACA: Mpio. de Santo Domingo Tehuantepec, Nizanda, área rocosa, a 50 m de latitud, 4-XI-1960, *Thomas T. MacDougall, s/n*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Callisia tehuantepecana* Matuda (Tropicos.org, 2020)

Commelina bambusifolia Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México, Bot. 26: 62, f. 1. 1955. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. de Valle de Bravo, La Junta, en matorral alto, ladera seca rocosa, a 650 a 900 m de altitud, 11-IX-1954, *E. Matuda 31671*. **ISOTIPO**.

Commelina coelestis Willd. fo. *albipetala* Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 26: 339. 1955. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Entre los municipios de Valle de Bravo y Donato Guerra, en bosque mixto de pino y encino, ladera húmeda, a 1800- 2500 m de altitud, 10-IX-1954, *E. Matuda 31601*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Commelina tuberosa* L. (Tropicos.org, 2020)

Tradescantia mexicomontana Matuda, Bol. Soc. Bot. México 17: 1-2. 1954. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Villa del Carbón, en bosque de encino, ladera semihúmeda, a 2800 m de altitud, 30-VIII-1953, *E. Matuda 29218*. **ISOTIPO**.

Tripogandra guerrensis Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 36: 113, f. 8. 1965. MÉXICO: GUERRERO: Rincón de la Vía, a 775 m de altitud, 24-IX-1961, *Kruse Hubert 461*. **ISOTIPO**.

Dioscoreaceae

Dioscorea gallegosi Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 24(2): 288-289, 1954. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: San Antonio, Tlatlaya, en matorral alto ladera seca, a 220-750 m de altitud, 25-I-1953, *E. Matuda 29611*. **ISOTIPO**.

Dioscorea sanchez-colinii Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 24(2): 336-337, f. 31. 1953[1954]. MEXICO: ESTADO DE MÉXICO: Cerro de Atitlán, cerca de Texcaltitlán, en ladera húmeda, en matorral bajo, a 2600 m de altitud, 20-X-1953, *E. Matuda 29396*. **ISOTIPO**.

Dioscorea tubiperianthia Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 24(1): 55-56, f. 1. 1953. MEXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio, Temascaltepec, en ladera húmeda, a 1800 m de altitud, s/n-X-1952, *E. Matuda 28584*. **HOLOTIPO**.

Dioscorea ulinei Greenm. ex R. Knuth var. *longipes* Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 24: 359. 1954. MEXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. Valle de Bravo, Valle de Bravo, en ladera húmeda, matorral bajo, a 1700 m de altitud, 17-IX- 1952, *E. Matuda 27941*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Dioscorea ulinei* Greenm. ex R. Knuth (Tropicos.org, 2020)

Dioscorea urceolata fo. *atropurpureoloba* Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 24(2): 329-330. 1953[1954]. MEXICO: ESTADO DE MÉXICO: cercanías de Valle de Bravo, a la orilla de bosque de encinos, a 1800 m de altitud, 1-VIII-1953, *E. Matuda 28869*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Dioscorea urceolata* Uline (Tropicos.org, 2020).

Nanarepenta guerrensis Matuda), Cact. Suc. Mex. 19(3): 70. 1974. MÉXICO: GUERRERO: camino de Tlapa a Huamuxtitlán, en llano seco, roca calcárea, 15-VIII-1972, *E. Matuda 38470*. **ISOTIPO**.
Observación: Actualmente es *Dioscorea longirhiza* Caddick & Wilkin (Tropicos.org, 2020).

Nanarepenta tolucana Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 32: 144. 1962. MEXICO: ESTADO DE MÉXICO: cerca de San Miguel Almoloyan, Valle de Toluca, Méx., de 20 a 25 Km de Toluca, carretera al Estado de Michoacán, a 2650 m de altitud, 1-X-1961, *E. Matuda 37246*. **ISOTIPO**.

Observación: Actualmente es *Dioscorea multinervis* Benth

Acanthaceae

Justicia matudae T. F. Daniel, Proc. Calif. Acad. Sci. 66:67. 2019. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. de Valle de Bravo, Oztoloapan, 5-IX-1954, *E. Matuda 31440*. **ISOTIPO**.

Podostemaceae

Tristicha tlatlayana Matuda, Anales Inst. Biol. Univ. Nac. México 27(2): 360–361, f. 11. 1956. MÉXICO: ESTADO DE MÉXICO: Mpio. Tlatlaya, Méx. Cerro de San Antonio Tlatlaya, en arroyo, en bosque bajo espinoso, deciduo, ladera seca, a 500-700 m de altitud, 29/-30-XI-1954, *E. Matuda 32106*. **ISOTIPO**.

LAS COLECCIONES BOTÁNICAS COMO FUENTE DE ENSEÑANZA: EL CASO FES-Cuautitlán, UNAM

BOTANIC COLLECTIONS AS A SOURCE OF TEACHING: THE CASE FES-Cuautitlan, UNAM

Torres-Montúfar, A.

LAS COLECCIONES BOTÁNICAS COMO FUENTE DE ENSEÑANZA: EL CASO FES-CUAUTITLÁN, UNAM.

BOTANIC COLLECTIONS AS A SOURCE OF TEACHING: THE CASE FES-CUAUTITLAN, UNAM.

LAS COLECCIONES BOTÁNICAS COMO FUENTE DE ENSEÑANZA: EL CASO FES-Cuautitlán, UNAM

BOTANIC COLLECTIONS AS A SOURCE OF TEACHING: THE CASE FES-Cuautitlan, UNAM

Torres-Montúfar, A.

LAS COLECCIONES
BOTÁNICAS COMO
FUENTE DE ENSEÑANZA:
EL CASO FES-
CUAUTITLÁN, UNAM

BOTANIC COLLECTIONS
AS A SOURCE OF
TEACHING: THE CASE
FES-CUAUTITLAN, UNAM

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 63-74, Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.5

A. Torres-Montúfar / montuf@hotmail.com

Herbario FES-Cuautitlán, Departamento de Ciencias Biológicas.

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-

Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM),

Carretera Cuautitlán Teoloyucan km 2.5, San Sebastián Xhala

C.P. 54714, Cuautitlán Izcalli, México.

RESUMEN: Las colecciones biológicas son reservorios de organismos, vivos o preservados, que contienen la información básica sobre la diversidad biológica de un lugar y tiempo en particular, se constituyen como la piedra angular para estudios taxonómicos, biogeográficos y de conservación. La participación de las colecciones botánicas (Herbario y Jardín Botánico) en el inventariado, conocimiento, conservación y rescate de la flora mexicana es tan importante como su papel en la formación de alumnos capacitados para esta labor. En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), se resguarda tanto un Herbario como un Jardín Botánico, colecciones que cumplen con propósitos tanto de investigación como de docencia en la carrera de Ingeniería Agrícola. El objetivo del presente trabajo fue definir la trascendencia de las colecciones botánicas científicas como herramienta para la enseñanza de la botánica entre el alumnado, para esto se diseñó y aplicó una encuesta virtual de 12 preguntas a 154 alumnos. Las preguntas se plantearon para conocer la percepción que generan las colecciones científicas al utilizarse como herramienta didáctica para la enseñanza de botánica básica. Los resultados apuntan a que el Jardín Botánico se visita más, mientras que el Herbario FESC es poco frecuentado; no obstante, este último es la colección más empleada en las asignaturas de Ingeniería Agrícola, donde la mayoría de los estudiantes considera provechoso el uso de las colecciones científicas en su desarrollo académico, además de que asisten regularmente a los eventos de difusión organizados por las mismas. Las colecciones biológicas a resguardo en la FES-Cuautitlán, tanto el Herbario como el Jardín Botánico cumplen cabalmente con labores de investigación, difusión y docencia, particularmente esta última tarea es clave para la formación de los alumnos.

Palabras clave: Aprendizaje, Didáctica, Herbario, Jardín Botánico.

ABSTRACT: Scientific collections are reservoirs of biological knowledge that contain basic information on the biological diversity of a particular place and time. They constitute the cornerstone for taxonomic, biogeographic and conservation studies. The participation of the botanical collections (Herbarium and Botanical Garden) in the inventory, knowledge and conservation of the Mexican flora is also as important as their role in the formation and training of students. In the Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), both an Herbarium and a Botanical Garden are collections that fulfill both research and teaching purposes in the Agricultural Engineering career. The objective of the present work was to evaluate the importance of scientific botanical collections in the learning of botany among the students, for this, a virtual survey of 12 questions was designed and applied to 154 students. The questions were posed to explore the

knowledge, perception and expectations generated by scientific collections as vectors for learning basic botany. The results indicate that the Botanical Garden is the most visited, while the FESC Herbarium is little frequented; however, the latter is the most widely used collection in Agricultural Engineering career, where most students consider the use of scientific collections to be beneficial in their academic development. The biological collections preserved in the FES-Cuautitlan, both the Herbarium and the Botanical Garden, fully comply with research, scientific dissemination, and teaching tasks, particularly this last task is key for the correct learning of the students.

Keywords: Learning, Didactic, Herbarium, Botanical Garden.

INTRODUCCIÓN

Las colecciones biológicas son reservorios de organismos, vivos o preservados en seco, que contienen la información básica sobre la diversidad biológica de un lugar y tiempo en particular (Suarez & Tsutsui, 2004; Swing *et al.*, 2014). Las colecciones son la piedra angular para estudios de taxonomía, sistemática, ecología y biogeografía (García-Deras *et al.* 2001; Leão *et al.*, 2017), además de ser depósito de la diversidad genética (Ossa *et al.*, 2012). Además, las colecciones biológicas son testimonio tangible de la biodiversidad, riqueza, abundancia y variabilidad morfológica de las especies y comunidades.

La importancia biológica de México a nivel mundial, como país megadiverso, está ampliamente referida (Martínez-Meyer *et al.*, 2014), sin embargo, también son patentes las amenazas hacia sus recursos naturales (Ochoa-Gaona *et al.*, 2007). A pesar de que, en México, se cuenta con numerosas colecciones biológicas consolidadas que coadyuvan con los esfuerzos de conservación y desarrollo sustentable (Bye, 1994; García-Deras *et al.*, 2001; Luna-Plascencia *et al.*, 2011; Rzedowski, 2016) se requiere invertir mayores esfuerzos en el conocimiento de la biodiversidad mexicana, en particular de la flora, pues, aunque se tiene un listado reciente de las especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2016), se requieren inventarios florísticos regionales y la participación activa de las colecciones científicas para el conocimiento, conservación y rescate de las plantas mexicanas así como de la formación de recursos humanos capacitados para esta labor .

Los dos esquemas de colecciones botánicas son el Herbario (colección de plantas herborizadas) y el Jardín Botánico (colección de plantas vivas), este último es un espacio destinado al cultivo de las especies vegetales con fines científicos, por ello los jardines están asociados, generalmente, a un instituto botánico o herbario, o bien se constituyen, en sí mismos, como centros de investigación (Wassenberg *et al.*, 2015).

Las colecciones científicas vegetales tienen el reto y la oportunidad de la exploración y planeación para generar, compilar y compartir el conocimiento taxonómico básico de la flora mexicana y permanecer como los pilares que dan sustento a las investigaciones taxonómicas, sistemáticas, ecológicas, fitoquímicas, etnobotánicas, farmacológicas, de botánica económica, estructura y composición de los bosques, principalmente.

La trascendencia de las colecciones científicas botánicas va más allá de ser bancos de datos o documentación de la biodiversidad. En la literatura botánica es patente la importancia científica de los herbarios y jardines botánicos (Bebber *et al.*, 2010), a pesar de que existen algunos estudios que han abordado el rol de las colecciones científicas, particularmente el herbario, en la formación universitaria de biólogos (Rollins, 1965; Rushforth *et al.*, 2010; Flannery, 2013), en los cuales se resalta la relevancia al acceso a estas colecciones y el complemento didáctico que ofrecen, en general el papel en la enseñanza de la botánica y formación de recursos humanos está un poco desdeñado, siendo que las colecciones científicas vegetales son un recurso de primera calidad en la formación.

El objetivo del presente trabajo es evaluar la trascendencia de estas colecciones científicas como herramienta para la enseñanza de la botánica entre el alumnado de la carrera de Ingeniería Agrícola impartida en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México (FESC-UNAM), donde se resguarda tanto un Herbario como un Jardín Botánico, colecciones que cumplen con propósitos tanto de investigación como de docencia en la carrera de Ingeniería Agrícola. Ambas colecciones se encuentran en el Campus 4 de la FESC ubicado en San Sebastián Xhala del municipio de Cuautitlán Izcalli en el Estado de México (Fig. 1).



Fig. 1. Localización geográfica de las colecciones Botánicas en la FES-Cuautitlán.

El Herbario contiene alrededor de 10000 especímenes secos, además de colecciones anexas de frutos y semillas, xiloteca y una colección de hongos; por su parte, el Jardín Botánico alberga alrededor de 700 especies tanto en exhibición como en invernaderos, ambos encaminados a la investigación y docencia (Fig. 2).

Ambas colecciones botánicas son mayormente empleadas en las asignaturas Anatomía y Organografía Vegetal, de primer semestre, donde se aborda el reconocimiento de las principales estructuras morfológicas de las plantas, así como sus características anatómicas, mediante la observación de laminillas de cortes anatómicos bajo el microscopio óptico y la revisión de material fresco bajo el microscopio estereoscópico. Otra de las asignaturas donde se usan constantemente las colecciones botánicas es Botánica Económica y Sistemática, asignatura que se imparte en el segundo semestre de la carrera, en la cual el docente imparte 40 de las principales familias botánicas comercialmente importantes presentes en México para la cual se hace acopio de observación de ejemplares de Herbario y se visita el Jardín Botánico para la revisión de plantas en vivo.



Fig. 2. Enseñanza a estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola mediante las colecciones Botánicas en la FES-Cuautitlán. A. Visitas guiadas al Jardín Botánico. B. Enseñanza de botánica básica en el Herbario FESC.

MÉTODO

Se diseñó una encuesta virtual de 12 preguntas que se envió entre el 15 y el 20 de junio a 180 alumnos de la carrera de Ingeniería Agrícola que actualmente cursan del tercer al décimo semestre del plan de estudios 2004. Los reactivos de la encuesta están planteados con el objetivo de detectar la percepción que generan las colecciones científicas para la enseñanza de botánica básica. Las preguntas de esta encuesta se enviaron mediante Google Forms con una breve explicación del objetivo de la encuesta e invitando a responder el cuestionario de forma voluntaria y anónima; esta misma herramienta permitió capturar, monitorear y organizar las respuestas (Tabla 1).

Tabla 1. Preguntas de la encuesta sobre las colecciones botánicas de la FES-Cuautitlán, UNAM, aplicada a estudiantes de la carrera de Ingeniería Agrícola.

1.	¿Conoce las colecciones científicas a resguardo en la FES-Cuautitlán?
2.	¿Qué colección científica es la que más visita?
3.	¿Conoce las colecciones anexas al Herbario (hongos, xiloteca, frutos y semillas)?
4.	¿Qué tan frecuentemente hizo uso del Herbario en la asignatura Botánica Económica y Sistemática?
5.	¿Qué tan frecuentemente hizo uso del Herbario en la asignatura Anatomía Vegetal y Organografía?
6.	¿Qué tan frecuentemente hizo uso del Jardín Botánico en la asignatura Botánica Económica y Sistemática?
7.	¿Qué tan frecuentemente hizo uso del Jardín Botánico en la asignatura Anatomía Vegetal y Organografía?
8.	¿Ha utilizado las colecciones científicas en alguna otra asignatura que se imparte en la carrera de Ingeniería Agrícola? Especifique ¿cuál?
9.	¿Considera adecuado el uso didáctico de las colecciones científicas en Ingeniería Agrícola?
10.	¿Ha asistido a los eventos académicos promovidos por las colecciones científicas?
11.	¿Considera adecuadas las instalaciones del Herbario FESC para la enseñanza de botánica básica en Ingeniería Agrícola?
12.	¿Considera adecuadas las instalaciones del Jardín Botánico para la enseñanza de botánica básica en Ingeniería Agrícola?

Los resultados de Google Forms se exportaron a Excel, para realizar la selección y codificación de los datos, y generar las estadísticas descriptivas y las gráficas de los resultados.

RESULTADOS

De 180 encuestas enviadas, contestaron un total de 154 estudiantes. Es destacable que todo el alumnado tiene conocimiento o ha hecho uso didáctico de las colecciones científicas a resguardo en la FES-Cuautitlán, donde indudablemente el Jardín Botánico es el más visitado. El Herbario FESC en general es poco visitado y sus colecciones anexas son prácticamente desconocidas (Fig. 3A-C).

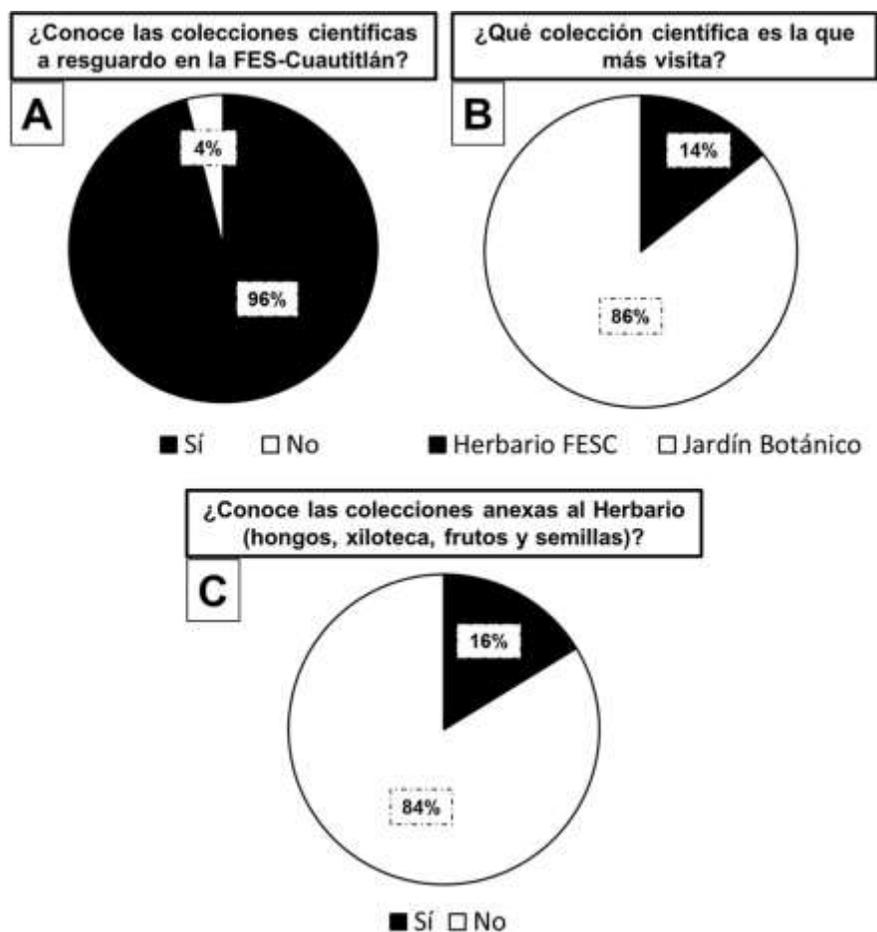


Fig. 3. Conocimiento de las colecciones botánicas entre el alumnado de la carrera de Ingeniería Agrícola, FES-Cuautitlán, UNAM

En cuanto al uso didáctico de las colecciones científicas en las asignaturas de botánica básica: Anatomía y Organografía Vegetal (primer semestre) y Botánica Económica y Sistemática (segundo semestre), el Herbario FESC es la colección más empleada en la asignatura de Botánica Económica y Sistemática, mientras que en Anatomía y Organografía Vegetal es visitado algunas veces en el transcurso del semestre que se cursa la asignatura (Fig. 4A-B). Por otra parte, el Jardín Botánico es usado en ambas asignaturas (Fig. 4C-D).

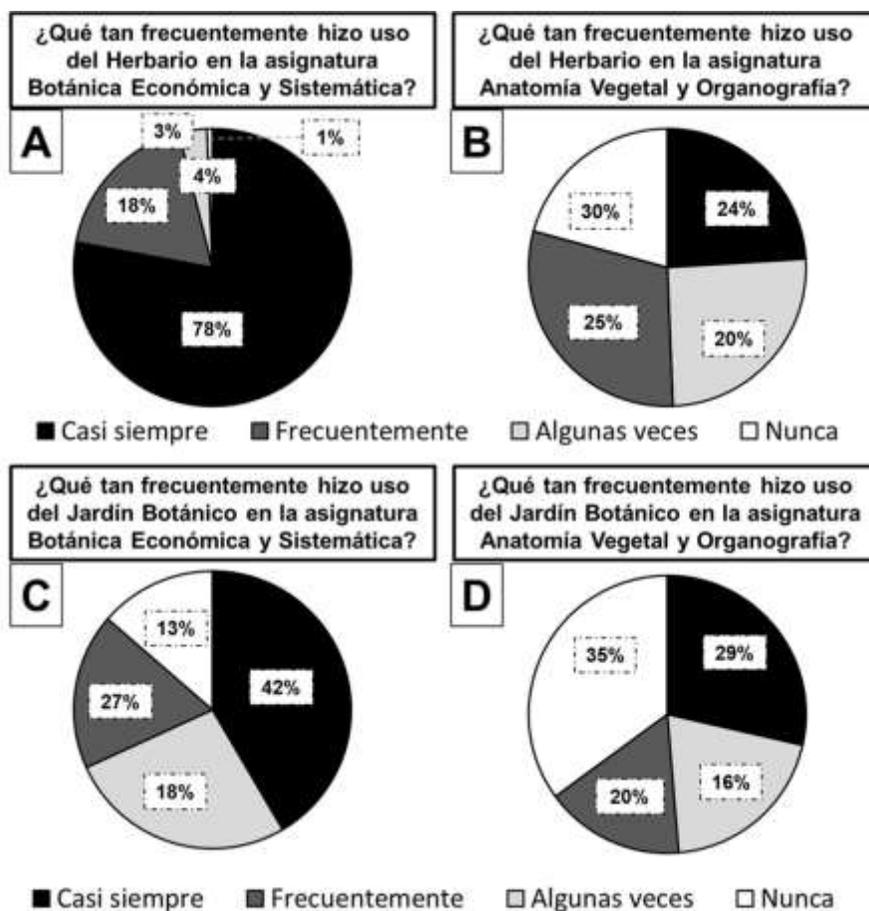


Fig. 4. Uso de las colecciones botánicas como recurso de enseñanza-aprendizaje en las asignaturas de botánica básica de la carrera de Ingeniería Agrícola en la FES-Cuautitlán, UNAM.

Un gran porcentaje de alumnos nunca ha visitado las colecciones botánicas en otras asignaturas, sin embargo, algunas materias hacen uso de las colecciones como recurso didáctico (Fig. 5A). La mayoría de los estudiantes considera provechoso el uso de las colecciones científicas en su desarrollo académico (Fig. 5B), además de que asisten regularmente a los eventos de difusión organizados por las mismas (Fig. 5C). En cuanto a las instalaciones e infraestructura de trabajo en las colecciones científicas, la mayoría de los estudiantes consideran adecuadas las colecciones científicas (Fig. 5D-E).

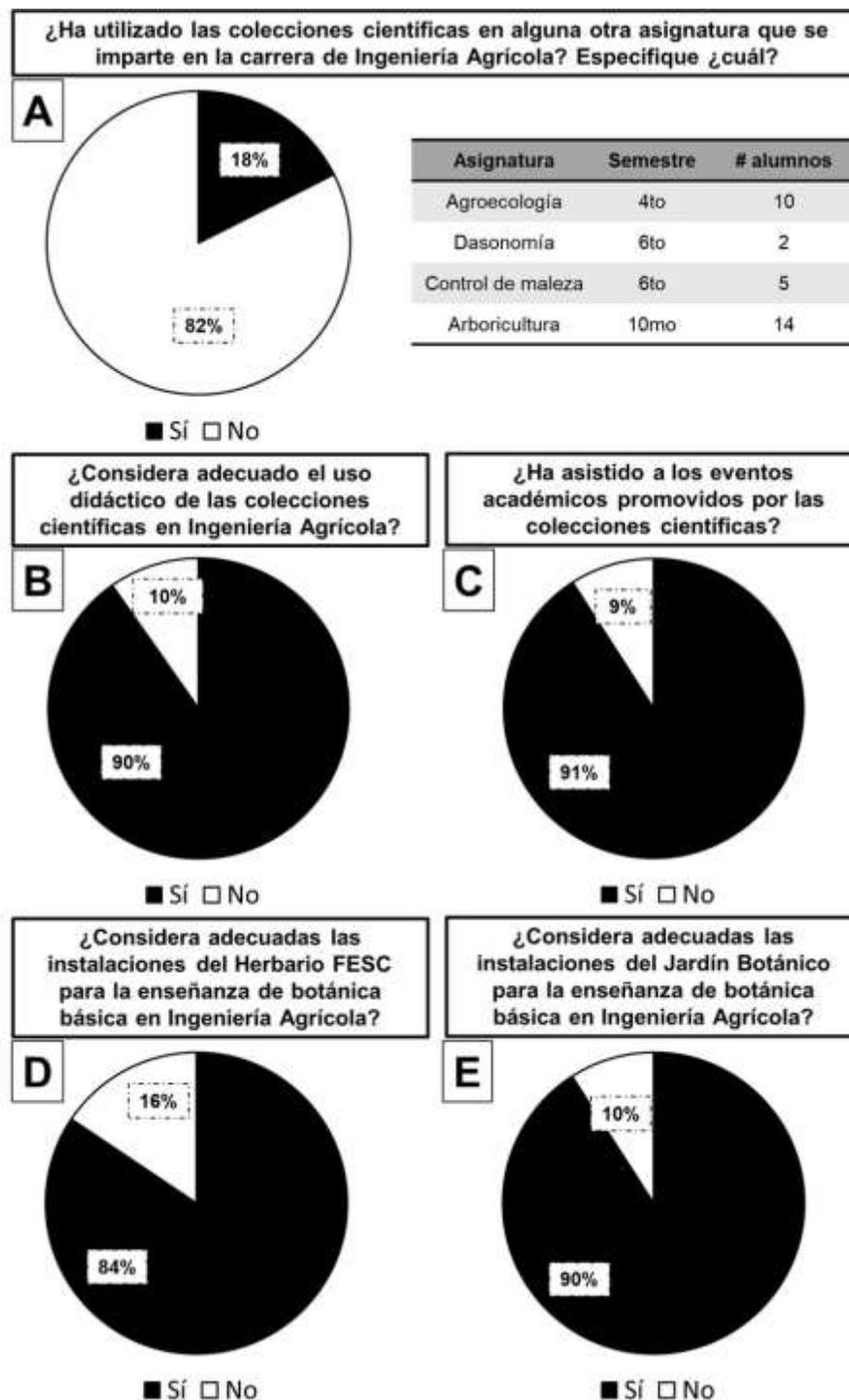


Fig. 5. Percepción del uso didáctico de las colecciones botánicas entre el alumnado de la carrera de Ingeniería Agrícola, FES-Cuautitlán, UNAM.

DISCUSIÓN

Las colecciones biológicas brindan una gran cantidad de posibilidades para abordar el programa de estudios de la carrera de Ingeniería Agrícola, de tal forma que estudiantes y docentes pueden aprovecharlas como verdaderas estrategias didácticas así como lo han señalado diversos autores (Funk, 2002; Rushforth *et al.*, 2010), facilitando la enseñanza-aprendizaje de la botánica en los alumnos de Ingeniería Agrícola de la FES-Cuautitlán.

De los resultados obtenidos en la encuesta destaca el conocimiento que tiene el alumnado sobre las colecciones biológicas en la FES-Cuautitlán, particularmente el del Jardín Botánico, que además de fungir como espacio de docencia cumple funciones de recreación (Arapetyan, 2015), también es un espacio estéticamente atractivo en el campus, por lo cual alumnos de todos los semestres lo visitan frecuentemente a lo largo del ciclo escolar no necesariamente con fines didácticos.

El Herbario FESC, por otra parte, es principalmente visitado en la asignatura que se imparte en el segundo semestre de la carrera, Botánica Económica y Sistemática, para la cual sirve de apoyo para muchos linajes que, por su distribución y fenología, a veces es solo posible conocer en ejemplares secos. Para este fin se tienen ejemplares destinados a la docencia en un Herbario didáctico, los cuales los alumnos pueden disectar libremente. En esta misma materia, el Jardín Botánico también aporta materiales en fresco para el reconocimiento de estas familias, no obstante, para algunas familias de afinidad tropical o bien que carecen de estructuras fértiles en el periodo de clase, se complementan con los mencionados ejemplares del Herbario.

La materia de Anatomía y Organografía Vegetal, de primer semestre representa uno de los primeros acercamientos formales a la botánica por parte del alumnado donde aprenden a distinguir las principales estructuras que conforman una planta. En términos de docencia, en esta asignatura se emplean principalmente laminillas anatómicas y se efectúan observaciones en microscopio, por lo cual el apoyo de colecciones científicas es secundario, no obstante, prevalece el uso del Jardín Botánico para algunas prácticas para el acceso a diversos órganos vegetales que ilustren lo visto en clase (hojas, flores, frutos y semillas).

Un dato interesante es el uso de las colecciones científicas en otras materias de la carrera; en el perfil del egresado se menciona que el alumno estará capacitado para hacer un manejo racional de los recursos naturales y materiales para la producción agrícola, forestal y pecuaria y durante la carrera cursan asignaturas afines a las colecciones biológicas (p. ej. Agroecología, Fisiología vegetal, Agricultura en zonas templadas, Agricultura en zonas áridas y Agricultura en zonas tropicales y subtropicales), no obstante, es reducido el número de estudiantes y docentes que emplean el Herbario o el Jardín Botánico fuera de los dos primeros semestres de su carrera. Algunas de las asignaturas en las que visitan el Herbario o el Jardín Botánico es “Control de Malezas” o bien “Dasonomía” ambas en el sexto semestre. La subutilización de las colecciones científicas se debe quizás falta mayor difusión del potencial que tienen como herramienta para la enseñanza y de la información que resguardan, en particular de las colecciones anexas del Herbario, donde se cuenta con una importante colección de semillas de relevancia agrícola, de colección de maderas con uso forestal y una colección de hongos comestibles, fuente potencial de numerosos estudios y formación de recursos humanos entre el alumnado de la FES-Cuautitlán.

En cuanto a la infraestructura de las colecciones botánicas en la FES-Cuautitlán, existe un número considerable de usuarios que considera que las instalaciones del Herbario son inadecuadas. Actualmente el Herbario, está en un proceso de reestructuración, recientemente fue incorporado al Index Herbariorum y se están organizando las instalaciones y las colecciones anexas para su óptimo funcionamiento y difusión, es quizás la razón por la cual el 20% de los alumnos encuestados consideró inadecuadas sus instalaciones.

Las colecciones científicas complementan la formación de los alumnos ya que les permiten observar los elementos vegetales ya sea en vivo o preservados, estos últimos ayudan particularmente para plantas que crecen en otras zonas del país. Sin lugar a duda la manipulación de ejemplares vivos o secos favorece la retención de algunas características, tales como formas de vida, tipos de flor y fruto, para las cuales las texturas y tridimensionalidad son de gran apoyo.

Otra labor fundamental de las colecciones botánicas es la organización de eventos académicos y talleres donde participan diversos ponentes que abordan diversos temas de investigación y difusión en la botánica (p. ej. Seminario de Botánica en la FES-Cuautitlán, Día Nacional de los Jardines Botánicos). A estos eventos acude gran número del alumnado de la carrera de Ingeniería Agrícola, con lo cual se complementa su formación en el área con temas de interés general.

Es así que, las colecciones biológicas además de los especímenes, vivos o preservados en seco, deben complementarse con registros fotográficos, bibliografía especializada, material didáctico, componentes que tienen que estar adecuadamente organizados y estar disponibles para su consulta con el fin tanto de ser referencia en proyectos de investigación, como de su uso en las actividades de docencia, cumpliendo así con ser recintos clave para el apoyo en actividades académicas y de divulgación en torno a los especímenes que están bajo su resguardo.

CONCLUSIONES

Las colecciones biológicas a resguardo en la FES-Cuautitlán, tanto el Herbario como el Jardín Botánico cumplen cabalmente con labores de difusión y docencia, en particular esta última tarea es posible gracias a la cantidad de información almacenada en estas colecciones y permite apoyar las actividades de enseñanza de botánica básica, pero también pueden ser un recurso didáctico para numerosas otras asignaturas del plan de estudios de Ingeniería Agrícola como agroecología, arboricultura, control de maleza y dasonomía, además de ser reservorio de información para diversos temas de investigación potenciales a desarrollar entre los alumnos y un material de apoyo indispensable para los docentes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de la comunidad estudiantil de la carrera de Ingeniería Agrícola de la FES-Cuautitlán, así como los aportes de los revisores anónimos del manuscrito que ayudaron a enriquecerlo. Particular agradecimiento a la Dra. Mayte Stefany por la información acerca del Jardín Botánico FESC.

LITERATURA CITADA

- Arapetyan, E. (2015). Botanical gardens are the main base for education for sustainable development. *Thaiszia Journal of Botany*, 25, 7-11.
- Bebber, D. P., Carine, M. A., Wood, J. R. I., Wortley, A. H., Harris, D. J., Prance, G. T., Davidse, G., Paige, J., Pennington, T. D., Robson, N. K. B., & Scotland, R. W. (2010). Herbaria are a major frontier for species discovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(51), 22169-22171. <https://doi.org/10.1073/pnas.1011841108>
- Bye, R. (1994). Historia de los jardines botánicos: evolución de estilos, ideas y funciones. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 2, 43-53.
- Flannery, M. C. (2013). Plant collections online: Using digital herbaria in biology teaching. *Bioscene*, 39(1), 3-9.

Recibido:
28/noviembre/2020

Aceptado:
5/julio/2021

- Funk, V. (2003). 100 Uses for a Herbarium (well at least 72). *Plant Science Bulletin*, 49, 17-19.
- García-Deras, G. M., López de Aquino, S., Honey-Escandón, M., Cortés, N., Hernández, B. E. (2001). La importancia actual de las colecciones de tejidos. *Biodiversitas*, 39, 11-14.
- Leão, V. M., Lucas, F. C. A., & Gurgel, E. S. C. (2017). Herbaria as patrimony: the contribution of the mfs collection in the conservation of amazonian biodiversity. *Ciência e Natura*, 39(3), 467-483. <https://doi.org/10.5902/2179460x27080>
- Luna Plascencia, R., Castañon Barrientos, A., & Raz-Guzmán, A. (2011). La biodiversidad en México: su conservación y las colecciones biológicas. *Ciencias*, 101, 36-43.
- Martínez-Meyer, E., Sosa-Escalante, J. E., & Álvarez, F. (2014). El estudio de la biodiversidad en México: ¿una ruta con dirección? *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S1-S9. <https://doi.org/10.7550/rmb.43248>
- Ochoa-Gaona, S., Hernández-Vázquez, F., de Jong, B. H. J., Gurri, F. (2007). Pérdida de diversidad florística ante un gradiente de intensificación del sistema agrícola de roza-tumba-quema: un estudio de caso en la Selva Lacandona, Chiapas, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 81, 65-80.
- Ossa L., P., Giraldo M., J., López G., G., Dias, L., & Rivera P., F. (2012). Colecciones biológicas: una alternativa para los estudios de diversidad genética. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 16(1), 143-155.
- Rollins, R. C. (1965). The role of the university herbarium in research and teaching. *Taxon*, 14(4), 115-120. <https://doi.org/10.2307/1217441>
- Rushforth, S. J., Edlund, M. B., Spaulding, S. A., & Stoermer, E. F. (2010). The Reimer Diatom Herbarium: An important resource for teaching and research. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia*, 160, 1344-1352. <https://doi.org/10.1635/053.160.0103>
- Rzedowski, J. (2016). Un siglo de la botánica en México. *Botanical Sciences*, 40, 1-14. <https://doi.org/10.17129/botsci.1183>
- Suarez, A. V., & Tsutsui, N. D. (2004). The value of Museum Collections for research and society. *BioScience*, 54(1), 66-74. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2004\)054\[0066:TVOMCF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0066:TVOMCF]2.0.CO;2)
- Swing, K., Denkinger, J., Carvajal, V., Encalada, A., Silva, X., Coloma, L.A., Guerra, J.F., Campos, F., Zak, V., Riera, P., Rivadeneira, J.F., & Valdebenito. H. (2014). Las colecciones científicas: percepciones y verdades sobre su valor y necesidad. *Bitácora Académica USFQ*, 1(1), 2-46
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(3), 559-902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Wassenberg, C. L., Goldenberg, M. A., & Soule, K. E. (2015). Benefits of botanical garden visitation: A means-end study. *Urban Forestry and Urban Greening*, 14(1), 148-155. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.01.002>

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED AFTER USE FOR LIVESTOCK

Patiño-Flores, A.M.; E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado, H. González-Rodríguez, O.A. Aguirre-Calderón y V.M. Molina-Guerra.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED AFTER USE FOR LIVESTOCK.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DEL MATORRAL ESPINOSO TAMAULIPECO REGENERADO POSTERIOR A USO PECUARIO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF THE TAMAULIPAN THORNSCRUB REGENERATED AFTER USE FOR LIVESTOCK

Patño-Flores, A.M.;
E. Alanís-Rodríguez,
E. Jurado,
H. González-Rodríguez,
O.A. Aguirre-Calderón
y V.M. Molina-Guerra

ESTRUCTURA Y
DIVERSIDAD DEL
MATORRAL ESPINOSO
TAMAULIPECO
REGENERADO POSTERIOR
A USO PECUARIO

STRUCTURE AND
DIVERSITY OF THE
TAMAULIPAN
THORNSCRUB
REGENERATED AFTER
USE FOR LIVESTOCK

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 75-88. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.6

A.M. Patiño-Flores
E. Alanís-Rodríguez / eduardo.alanisrd@uanl.edu.mx

E. Jurado
H. González-Rodríguez
O.A. Aguirre-Calderón

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales,
Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apdo. Postal 41, CP 67700,
Linares, Nuevo León, México.

V.M. Molina-Guerra

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Forestales,
Carretera Linares-Cd. Victoria km 145, Apdo. Postal 41, CP 67700,
Linares, Nuevo León, México.

RENAC Asesorías Ambientales, S.A. de C.V., Calle Perlitas 127,
Fraccionamiento las Glorias, CP 67710, Linares, Nuevo León, México.

RESUMEN: La actividad pecuaria ha provocado el cambio en la estructura vegetal de las comunidades en el noreste de México. En los últimos años se ha estudiado la estructura del matorral espinoso tamaulipeco después de haber estado bajo alguna actividad antropogénica, pero pocas investigaciones han abordado el tema de la filogenia para comprender el ensamblaje de las especies después del disturbio. En el presente estudio, el objetivo fue evaluar la composición, estructura y diversidad de una comunidad vegetal regenerada posterior a uso pecuario con 36 años de regeneración. Además, se evaluó si la distancia filogenética entre individuos correlacionaba con la distancia física. Se espera que los individuos más emparentados se encuentren más alejados entre sí como una estrategia de disminución de competencia. Se establecieron cuatro parcelas de 40 m x 40 m. A cada individuo >1 cm de diámetro basal $d_{0.10}$ se le midió la altura total, diámetro basal y el diámetro de copa en sentido norte-sur y este-oeste. Para el análisis filogenético se eligieron *Havardia pallens*, *Vachellia farnesiana* y *Zanthoxylum fagara* como especie focal y se midió la distancia física en cm con sus cinco vecinos más cercanos. La distancia filogenética se estimó mediante Time Tree, entre la especie focal y sus cinco vecinos más cercanos. Se registraron 15 especies presentes en los estratos bajo y medio. Con el análisis de filogenia *Vachellia farnesiana* presentó una correlación negativa entre la distancia física y la distancia filogenética, por lo que es una especie facilitadora para sus vecinos más cercanos.

Palabras clave: facilitación, filogenia, regeneración, rasgos funcionales.

ABSTRACT: Livestock activity has caused a change in the plant structure of the communities in northeast Mexico. In recent years, the structure of the Tamaulipas thorn scrub has been studied after having been under some anthropogenic activity, but little research has addressed the issue of phylogeny to understand the assembly of species after the disturbance. In the present study, the objective was to evaluate the composition, structure and diversity of a regenerated plant community after livestock use with 36 years of regeneration. In addition, we evaluated if the phylogenetic

distance between individuals correlated with the physical distance. It is expected that the most related individuals are more distant from each other as a strategy to reduce competition. Four plots of 40 m x 40 m were established. For each individual > 1 cm basal diameter $d_{0.10}$. Total height, basal diameter and crown diameter were measured in the north-south and east-west directions. For the phylogenetic analysis, *Havardia pallens*, *Vachellia farnesiana* and *Zanthoxylum fagara* were chosen as focal species and the physical distance in cm with its five closest neighbors was measured. Phylogenetic distance was estimated by Time Tree, between the focal species and its five closest neighbors. Fifteen species were recorded present in two low and middle strata. With the phylogeny analysis, *Vachellia farnesiana* showed a negative correlation between physical distance and phylogenetic distance, making it a facilitating species for its closest neighbors.

Key words: facilitation, phylogeny, regeneration, functional traits.

INTRODUCCIÓN

El matorral espinoso tamaulipeco es la comunidad vegetal más abundante en el noreste de México, con una superficie de 125,000 km² (González, 1985). Dicha comunidad posee una densidad de 15,000 a 21,000 N ha⁻¹ constituidos por más de 50 especies arbóreas y arbustivas (Molina-Guerra *et al.*, 2019). Los matorrales se han degradado debido al cambio en el uso de suelo, por actividades como minería, ganadería, agricultura, entre otras; lo que ocasiona que la estructura y composición original se vean alteradas (Alanís Rodríguez *et al.*, 2013; Molina-Guerra *et al.*, 2013; Mora *et al.*, 2013). El matorral ha registrado una pérdida de 953,000 ha por cambio de uso de suelo entre los años 1993 a 2002, lo que lo coloca en el segundo lugar de ecosistemas más afectados en México (SEMARNAT, 2006).

Una de las actividades de cambio de uso del suelo más utilizadas en el noreste de México es la eliminación total de la vegetación nativa para el establecimiento de pastos exóticos (principalmente *Cenchrus ciliaris*) destinados a la actividad pecuaria de ganado vacuno (Aguirre y Mendoza *et al.* 2009; Quero, 2013). Estas áreas son utilizadas durante cierto periodo; después, cuando la productividad disminuye son abandonadas y la vegetación leñosa se regenera (Mora *et al.*, 2013). Estos cambios alteran la estructura de las comunidades vegetales, que, para lograr recuperarse, dentro del ecosistema se presentan interacciones entre las especies que pueden ser negativas como competencia (Boucher *et al.* 1982) y positivas, también conocidas como facilitación (Stachowicz, 2001). Mediante la facilitación las especies que son menos tolerantes llegan a establecerse debajo o cerca de otras, que mejoran el microclima para su mejor desarrollo (Padilla y Pugnaire, 2006).

Incorporar la información filogenética de las especies en estudios de comunidades vegetales ha demostrado que es de gran utilidad para lograr entender los cambios en la composición de las especies (Penone *et al.*, 2014). La filogenia ha ganado importancia dentro de la facilitación a través de millones años desde un ancestro en común y determinar que entre más emparentados los árboles y arbustos menor es la competencia por los recursos del sitio (Brooker *et al.*, 2008; Valiente-Banuet y Verdú, 2007). Las especies que son ecológicamente similares comparten rasgos funcionales, los cuales son atributos que determinan la sobrevivencia, interacción entre ellas y cómo contribuyen al funcionamiento del ecosistema (Violle *et al.* 2007). Existen rasgos que tienen efectos considerables para el buen funcionamiento del ecosistema como lo son tasa de descomposición, ciclo de nutrientes, secuestro de carbono (Weedon *et al.*, 2009), entre otros. Las relaciones filogenéticas entre las plantas han sido poco estudiadas en el matorral espinoso tamaulipeco (Marroquín *et al.* 2019), por lo que el estudio de la filogenia con respecto a los vecinos más cercanos es de gran importancia.

En el matorral espinoso tamaulipeco, se han generado investigaciones que evalúan a corto plazo (< 21 años) las comunidades vegetales regeneradas posterior a uso pecuario (Alanís *et al.*, 2008; Leal Elizondo *et al.*, 2018; Pequeño-Ledezma *et al.*, 2012), pero se desconoce cómo son a

mayor plazo. La presente investigación evalúa la composición, estructura, diversidad y filogenia de una comunidad vegetal regenerada posterior a uso pecuario con 36 años de regeneración. La hipótesis es que a menor distancia física será mayor la distancia filogenética entre la especie focal y sus vecinos más cercanos.

MÉTODO

Área de estudio

El estudio se realizó en una comunidad vegetal de matorral espinoso tamaulipeco en el noreste de México, en el municipio de Linares, Nuevo León. El área de estudio se localiza entre las coordenadas 24°48' de latitud Norte y 99°32' longitud Oeste, con una altitud de 350 m. El clima en la región es semiseco, muy cálido, con lluvias en el verano (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1986). La temperatura promedio mensual oscila entre 14.7 °C en enero a 22.3 °C en agosto. La precipitación promedio anual fluctúa entre 500 y 700 mm (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1986).

Trabajo de campo

Para analizar la regeneración del elemento leñoso, se seleccionó una superficie de 22 ha de matorral con historial de uso pecuario. El área fue desmontada con maquinaria agrícola y después fue sembrado zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). El área fue abandonada en el año 1982, después de ser utilizada para el pastoreo de ganado vacuno. En el verano de 2018 (36 años después del cese de la actividad productiva), se establecieron de manera aleatoria cuatro parcelas de 40 m × 40 m (1,600 m²), colocando estacas en cada una de las esquinas para su delimitación, además de un elemento de la brigada para mayor visibilidad. En cada parcela se cuantificaron todos los individuos arbóreos y arbustivos > 1 cm de diámetro basal. A cada uno de los individuos, se le tomaron medidas dasométricas de altura total (h , m), diámetro basal ($d_{0.10}$, cm) y diámetro de copa (m) en sentido norte-sur y este-oeste. Las especies se identificaron por personal calificado de la Universidad Autónoma de Nuevo León usando la guía de especies características del matorral (Molina-Guerra *et al.*, 2019).

Análisis de la información

La diversidad se determinó mediante dos índices: el de Margalef (D_{Mg}) el cual se basa en la cuantificación de especies presentes (riqueza específica) y el de Shannon-Wiener (H') que mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección (Magurran, 1988; Baev y Penev, 1995). Las fórmulas se describen a continuación:

$$D_{Mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$$

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln(p_i)$$

$$p_i = n_i/N$$

Donde, S = número de especies presentes, N = número total de individuos, n_i = número de individuos de la especie i .

Se estimó la diversidad verdadera de orden 1 (1D) mediante el exponencial del índice de Shannon (Jost, 2006):

$$1D - \exp(H') - \exp \left[\sum_{i=1}^S p_i \ln (p_i) \right]$$

Donde p_i es abundancia relativa de la i -ésima especie y S es el número de especies.

Para cada especie, se determinó la abundancia con base en el número de individuos, dominancia en función del área basal y frecuencia con la presencia en las parcelas de muestreo. Con estos resultados se obtuvo el valor ponderado a nivel taxon denominado índice de Valor de Importancia (IVI), el cual adquiere valores porcentuales en una escala del 0 al 100 (Mueller-Dombois, 1974). Para estimar la abundancia relativa (AR_i) de cada especie se utilizó la siguiente ecuación:

$$AR_i = \left(\frac{A_i/A_i}{i = 1 \dots n} \right) \times 100$$

Donde, A_i = abundancia absoluta. La dominancia relativa (DR_i) se determinó mediante la ecuación:

$$DR_i = \left(\frac{D_i/D_i}{i = 1 \dots n} \right) \times 100$$

Donde, D_i = dominancia absoluta. Para la frecuencia relativa (FR_i) se empleó la ecuación:

$$FR_i = \left(\frac{F_i/\sum F_i}{i = 1 \dots n} \right) \times 100$$

Donde, F_i = frecuencia absoluta. El IVI se define como (Whittaker, 1972; Alanís et al, 2020) .

$$IVI = \frac{\sum_n^i (AR_i, DR_i, FR_i)}{3}$$

Donde, AR_i = abundancia relativa de la especie i respecto a la abundancia total, DR_i = dominancia relativa de la especie i respecto a la dominancia total, FR_i = frecuencia relativa de la especie i respecto a la frecuencia total.

El índice de Valor de Importancia Familiar ($IVIF$) presenta valores de 0 a 100% y fue calculado de la siguiente manera (Whittaker, 1972; Alanís et al, 2020):

$$IVIF = \frac{\sum_n^i (ARF_i, DRF_i, FRF_i)}{3}$$

Donde ARF_i = abundancia relativa de la familia i respecto a la abundancia total, DRF_i = dominancia relativa de la familia i respecto a la dominancia total, FRF_i = frecuencia relativa de la familia i respecto a la frecuencia total.

Para determinar la estructura vertical de las especies, se utilizó el índice de distribución vertical de especies (A), el cual es una modificación del índice de Shannon (Pretzsch, 2009); registra valores entre 0 y un valor máximo (A_{max}). Un valor $A = 0$ indica que una sola especie tiene presencia en un solo estrato. A_{max} se alcanza cuando la totalidad de las especies se encuentran en la misma proporción en el rodal como en los estratos (Pretzsch, 2009). En este índice, tres estratos se representan con base en la altura máxima registrada. El estrato I comprende las alturas que se encuentran en el rango del 80 al 100%, siendo el árbol más alto el 100%, y a partir de este se establecen las proporciones para los árboles subsiguientes; el estrato II presenta las alturas del 50 al 80% de la altura total registrada, y el estrato III va del 0 a 50% (Pretzsch, 2009).

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^Z p_{ij} * \ln p_{ij}$$

$$A_{max} = \ln(S * Z)$$

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln(S * Z)} * 100$$

Donde, S = número de especies presentes, Z = número de estratos en altura, P_{ij} = porcentaje de especies en cada zona y se estima mediante la siguiente ecuación: $p_{ij} = n_{i,j}/N$; donde $n_{i,j}$ = número de individuos de la misma especies (i) en la zona (j) y N = número total de individuos.

Para el análisis de la filogenia, se seleccionaron las tres especies (*Havardia pallens* (Benth.) Britton & Rose, *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn y *Zanthoxylum fagara* (L.) Sarg.) que presentaron mayor IVI. Cada individuo de estas especies fue georeferenciado y se les midió la distancia (cm) física de cada vecino más cercano, siendo estos los individuos más cercanos físicamente a la especie focal. La distancia física se midió de tallo a tallo con una cinta métrica. Para determinar la diversidad filogenética se utilizó la distancia filogenética de cada especie focal con sus vecinos; se determinó en millones de años desde un antepasado común utilizando TimeTree.org (Kumar *et al*, 2017), la cual es una base de datos pública que presenta los tiempos de divergencia entre especies, líneas de tiempo que trazan la evolución de una especie a través del tiempo y árboles del tiempo de un grupo de especies; todo esto calculado a partir de datos de secuencias moleculares. Para este trabajo solo se utilizaron los datos de tiempos de divergencia de nuestras especies focales con sus vecinos más cercanos. Se realizaron pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk para después analizar la correlación por medio del coeficiente de correlación de Pearson y de Spearman y determinar si la distancia física de la especie focal con sus vecinos más cercanos está relacionada con la distancia filogenética (MYA).

RESULTADOS

Riqueza. En el área de estudio se registraron 15 especies pertenecientes a 14 géneros y nueve familias. La familia con mayor número de especies fue la Fabaceae (siete), mientras que el resto de las familias solo registraron una especie cada una. La familia Fabaceae incluye seis géneros y siete especies, lo que representa el 46.66% de la flora presente en el área de estudio. De las especies registradas, *Leucaena leucocephala* es considerada como exótica (Aguirre y Mendoza, 2009) y *Vachellia farnesiana* como maleza (Villaseñor y Espinosa, 1998), el resto son nativas.

Estructura. Con base en los valores del índice de importancia familiar (*IVIF*), las familias Fabaceae y Rutaceae fueron las más importantes con el 77.52% de este índice. Las familias Sapotaceae y Boraginaceae fueron las que presentaron los valores más bajos de *IVIF* (Tabla 1).

Tabla 1. Parámetros estructurales estimados para las familias registradas en el área de estudio.
IVIF = Índice de Valor de Importancia Familiar.

Familia	Abundancia		Dominancia		Frecuencia	IVIF
	Absoluta (ind/ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² /ha ⁻¹)	Relativa (%)	Relativa (%)	
Fabaceae	389.06	63.36	11.79	87.75	21.05	57.39
Rutaceae	187.50	30.53	1.18	8.81	21.05	20.13
Cannabaceae	21.88	3.56	0.06	0.43	21.05	8.35
Oleaceae	3.13	0.51	0.01	0.06	10.53	3.70
Asparagaceae	1.56	0.25	0.22	1.65	5.26	2.39
Ebenaceae	4.69	0.76	0.02	0.15	5.26	2.06
Rhamnaceae	1.56	0.25	0.09	0.65	5.26	2.06
Sapotaceae	1.56	0.25	0.06	0.43	5.26	1.98
Boraginaceae	3.13	0.51	0.01	0.08	5.26	1.95
Total	614,06	100	13,43	100	100	100

El área estudiada presentó una densidad de individuos de 614.06 N ha⁻¹ y un área basal de 13.43 m² ha⁻¹. A nivel de especie, las más sobresalientes fueron *Vachellia farnesiana*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*, registrando los valores más altos del *IVI*; en conjunto representan el 67.83% del total del área de estudio. Las especies con los valores más bajos de *IVI* fueron *Sideroxylon celastrinum* y *Cordia boissieri* con valores cercanos a 1% (Tabla 2).

Estructura vertical. Mediante el índice de Pretzsch, se realizó el análisis de la distribución vertical, el cual está conformado por tres estratos: I (alto), II (medio) y III (bajo). El estrato I, lo integran cuatro especies, donde *Vachellia farnesiana* es la que presenta mayor abundancia y dominancia. En el estrato II, se registran nueve especies, encontrándose tres de las cuatro presentes en el estrato I; aquí las especies que dominan son *Vachellia farnesiana* y *Havardia pallens*. En el estrato III se registraron 13 especies, donde *Vachellia farnesiana*, *Zanthoxylum fagara* y *Havardia pallens* son las que dominan. *Havardia pallens*, *Leucaena leucocephala* y *Vachellia farnesiana* tienen presencia en los tres estratos (Tabla 3).

Tabla 2. Parámetros estructurales estimados para las especies registradas en el área de estudio.

IVI = Índice de Valor de Importancia.

Especie	Abundancia		Dominancia		Frecuencia		IVI
	Absoluta (ind/ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta (m ² /ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	131.25	21.37	8.72	64.88	100	10.81	32.36
<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	173.44	28.24	2.31	17.19	100	10.81	18.75
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	187.50	30.53	1.18	8.81	100	10.81	16.72
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnst.	21.88	3.56	0.18	1.34	100	10.81	5.24
<i>Celtis pallida</i> Torr.	21.88	3.56	0.06	0.43	100	10.81	4.94
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	31.25	5.09	0.38	2.79	50	5.41	4.43
<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	10.94	1.78	0.07	0.51	100	10.81	4.37
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	15.63	2.54	0.08	0.59	75	8.11	3.75
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	3.13	0.51	0.01	0.06	50	5.41	1.99
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	1.56	0.25	0.22	1.65	25	2.70	1.54
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth. (Seigler & Ebinger	4.69	0.76	0.06	0.43	25	2.70	1.30
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	4.69	0.76	0.02	0.15	25	2.70	1.20
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc.	1.56	0.25	0.09	0.65	25	2.70	1.20
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn	1.56	0.25	0.06	0.43	25	2.70	1.13
<i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	3.13	0.51	0.01	0.08	25	2.70	1.10
Total	614,06	100	13,43	100	925	100	100

El valor de A que se obtuvo del índice vertical de especies fue de 2.36, con un A_{\max} de 3.81 y un A_{rel} de 62.08%; valores de A_{rel} cercanos a 100 indican que todas las especies están distribuidas equitativamente en los tres estratos de altura. Un valor de A_{rel} de 62.08% indica que la comunidad vegetal evaluada está conformada predominantemente por dos estratos de altura, que de acuerdo a la Tabla 3 son el II y III.

Diversidad. El índice de Margalef para el área de estudio dió como resultado un valor de 2.34. Respecto a la diversidad de especies, el índice de Shannon registró un valor de 1.78 y el índice de diversidad verdadera de Shannon 5.91.

Tabla 3. Estructura vertical de la vegetación, índice de Pretzsch.

Estrato I	Índice de Pretzsch						
	Especie	Abundancia			Dominancia		
		Ind/ha	del total	del estrato	m ² /ha	del total	del estrato
<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	6.25	1.02	36.36	0.21	1.53	10.22	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	1.56	0.25	9.09	0.00	0.03	0.19	
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	7.81	1.27	45.45	1.58	11.74	78.56	
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	1.56	0.25	9.09	0.22	1.65	11.04	
	17.19	2.80	100.00	2.01	14.94	100.00	
Estrato II							
<i>Celtis pallida</i> Torr.	1.56	0.25	0.82	0.00	0.04	0.05	
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	4.69	0.76	2.46	0.06	0.43	0.67	
<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	67.19	10.94	35.25	1.80	13.36	20.83	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	23.44	3.82	12.30	0.35	2.64	4.11	
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.C. Johnst.	1.56	0.25	0.82	0.01	0.06	0.09	
<i>Sideroxylon celastrinum</i> (Kunth) T.D. Penn	1.56	0.25	0.82	0.06	0.43	0.66	
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	70.31	11.45	36.89	5.82	43.34	67.55	
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	1.56	0.25	0.82	0.05	0.40	0.62	
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	18.75	3.05	9.84	0.47	3.47	5.41	
	190.63	31.04	100.00	8.62	64.15	100.00	
Estrato III							
<i>Celtis pallida</i> Torr.	20.31	3.31	5.00	0.05	0.40	1.91	
<i>Cercidium macrum</i> I.M. Johnst.	10.94	1.78	2.69	0.07	0.51	2.43	
<i>Cordia boissieri</i> A. D.C.	3.13	0.51	0.77	0.01	0.08	0.39	
<i>Diospyros palmeri</i> Eastw.	4.69	0.76	1.15	0.02	0.15	0.71	
<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	10.94	1.78	2.69	0.02	0.17	0.79	
<i>Forestiera angustifolia</i> Torr.	3.13	0.51	0.77	0.01	0.06	0.29	
<i>Hvardia pallens</i> (Benth.) Britton & Rose	100.00	16.28	24.62	0.31	2.30	11.01	
<i>Karwinskia humboldtiana</i> (Schult.) Zucc	1.56	0.25	0.38	0.09	0.65	3.11	
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	6.25	1.02	1.54	0.02	0.13	0.61	
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd) M.C. Johnst.	20.31	3.31	5.00	0.17	1.29	6.15	
<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	53.13	8.65	13.08	1.32	9.81	46.91	
<i>Vachellia rigidula</i> (Benth.) Seigler & Ebinger	3.13	0.51	0.77	0.00	0.04	0.17	
<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	168.75	27.48	41.54	0.72	5.34	25.53	
Total	406.25	66.16	100.00	2.81	20.91	100.00	
Total general	614.06	100.00	300.00	13.43	100.00	300.00	

Filogenia. *Havardia pallens* no presentó correlación lineal ($R_s=-0.009$; $P=0.45$) (Tabla 4) entre la distancia física (cm) con la distancia filogenética (MYA) de sus vecinos más cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Karwinskia humboldtiana*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia farnesiana*, *Vachellia rigidula* y *Zanthoxylum fagara*).

Vachellia farnesiana mostró correlación negativa entre la distancia física de sus vecinos cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia rigidula* y *Zanthoxylum fagara*) y la distancia filogenética ($R_s=-0.116$; $P=0.03$).

Zanthoxylum fagara ($R_s=-0.03$; $P=0.26$) no presentó correlación al igual que *Havardia pallens* entre la distancia física y sus vecinos más cercanos (*Cordia boissieri*, *Ebenopsis ebano*, *Forestiera angustifolia*, *Havardia pallens*, *Karwinskia humboldtiana*, *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Vachellia farnesiana* y *Vachellia rigidula*). Sin embargo, el hecho de que solo se presentara esta correlación para una especie, permite suponer que existen otros factores, además de la filogenia, influyendo en la distribución espacial de las especies.

Tabla 4. Pruebas de normalidad y análisis de correlación de Pearson y Spearman entre la distancia física (cm) y la distancia filogenética (MYA) entre la especie focal y sus vecinos más cercanos en el área de estudio.

Especie focal	Kolmogorov-Smirnov	Shapiro -Wilk	Correlación de Pearson		Correlación de Spearman	
			Sig (unilateral)	Sig (unilateral)	Sig (unilateral)	Sig (unilateral)
<i>Havardia pallens</i>	0.200 - 0.010	0.003 - 0.010 - 0.960			-0.009	0.453
<i>Vachellia farnesiana</i>	0.200 - 0.041	0.375 - 0.738	-0.116	0.037		
<i>Zanthoxylum fagara</i>	0.2	0.571 - 0.784	-0.039	0.261		

DISCUSIÓN

La actividad pecuaria ha sido una de las causas de pérdida de biodiversidad en México, dado que su principal impacto es la degradación y fragmentación de los ecosistemas, afectando en gran medida composición de especies y sus procesos ecológicos (Pequeño *et al.*, 2012). Según Challenger y Soberón (2008), el territorio del país ha perdido alrededor del 50% de su cobertura natural original, de la cual el 22% presenta cobertura de vegetación secundaria.

El municipio de Linares, donde se ubica el área de estudio no es la excepción, ya que la actividad pecuaria induce que grandes áreas se encuentren provistas por pastizales inducidos que, al ser abandonadas por el cese de la actividad, son ocupadas por vegetación secundaria en distintas fases de desarrollo (Jiménez *et al.*, 2009).

En el área evaluada, la familia con mayor número de especies y mayor valor de IVIF (57.39%) fue la Fabaceae; esta familia es de las características de los matorrales del estado (Rojas-Mendoza, 1965; Rzedowski, 1978; Briones y Villarreal, 2001). En el estudio realizado por Jiménez Pérez *et al.*, (2012), en el matorral espinoso tamaulipeco, con historial agrícola, la familia Fabaceae también fue la más común y *Vachellia farnesiana* fue la especie con los valores más altos de dominancia y frecuencia, coincidiendo con Pequeño-Ledezma *et al.* (2012), quienes evaluaron un área de matorral con historial pecuario.

Alanís *et al.* (2008), evaluaron la misma área de estudio que la presente investigación. En la actualidad, presenta mayor riqueza de especies ($S=11$ antes, $S=15$ ahora), y en ambas evaluaciones la especie con mayor IVI fue *Vachellia farnesiana*; pero en el estudio anterior no se

registró la presencia de *Havardia pallens*, siendo ahora la segunda especie dominante con mayor IVI. Jiménez Pérez *et al.* (2012) y Estrada *et al.* (2004) reconocen que *Vachellia farnesiana* presenta rápido establecimiento en áreas que han sufrido algún tipo de disturbio por actividades antropogénicas. Cabe mencionar que tan solo esta especie representa el 32.36% del valor de importancia para el área evaluada.

Las Fabaceas son especies de fácil adaptación ya que presentan una gran diversidad de formas de vida, distribución geográfica, relaciones con polinizadores, dispersores de semillas, herbívoros y otros animales asociados; aunado a ello, también tienen la capacidad de formar asociaciones simbióticas con bacterias fijadoras de nitrógeno (McKey, 1994). Al presentar esta gran habilidad para fijar el nitrógeno, ayudan a los suelos degradados, ya que el cambio uso de suelo afecta la fertilidad de estos, disminuyendo los contenidos de C y N (Cantú Silva y Yañez Díaz, 2018).

Los valores de diversidad de este estudio son similares a los obtenidos por y Jiménez Pérez *et al.* (2012) pero menores a los reportados por Molina-Guerra *et al.* (2013) en estudios realizados en área de matorral con diferentes disturbios. Para el área de estudio la diversidad es considerada como baja, dado las pocas especies que se encuentran; sin embargo, con el paso del tiempo esta comunidad vegetal ha ido incrementando la riqueza de especies.

Los resultados de filogenia para *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara* fueron similares al estudio realizado por Marroquín *et al.* (2019) donde no encontraron relación entre la proximidad de la especie y su distancia filogenética. La correlación negativa de *Vachellia farnesiana* indica en contraste con la hipótesis que se tenía planteada, que cuanto menor sea la distancia física mayor será la distancia filogenética, por lo que los vecinos más cercanos a esta especie presentan rasgos funcionales diferentes aumentando la diversidad filogenética del área, y al establecerse cerca de *Vachellia farnesiana* encuentran las condiciones óptimas para su desarrollo. La función de *Vachellia farnesiana* en esta área es de facilitadora para sus vecinos más cercanos.

Estrada *et al.*, (2004) mencionan que *Vachellia farnesiana* es una especie que se desarrolla en sitios con disturbios, se considera un elemento importante de la vegetación secundaria, llegando a formar asociaciones densas conocidas como “huizachales”. Su establecimiento se da en cortos periodos de tiempo (3 a 5 años). Esta especie presenta un gran potencial como fitorremediadora, ya que ha sido utilizada en sitios contaminados por plomo y arsénico, elementos que cambian la composición química del suelo y llegan a causar toxicidad en los organismos que los absorben (Armienta *et al.*, 2008; Landeros *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

La hipótesis de que a menor distancia física será menor la distancia filogenética entre los vecinos más cercanos a nuestra especie focal no fue respaldada por los resultados. *Vachellia farnesiana* presenta una función de facilitadora para sus vecinos más cercanos. La familia más común fue Fabaceae, mientras que las especies con mayor índice de valor de importancia fueron *Vachellia farnesiana*, *Havardia pallens* y *Zanthoxylum fagara*. Para la estructura vertical se reconocen dos estratos de altura en la comunidad. La diversidad es considerada baja con respecto a comunidades maduras del matorral espinoso tamaulipeco.

LITERATURA CITADA

Aguirre A. y Mendoza R. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. In CONABIO (Ed.), *Capital natural de México* (Capital na, pp. 277–318).

- Alanís, E., Jiménez, J., Aguirre, O., Treviño, E., Jurado, E. & González, M. (2008). Efecto del uso del suelo en la fitodiversidad del matorral espinoso tamaulipeco. *Ciencia UANL*, XI (1), 56–62.
- Alanís Rodríguez, E., Jiménez Pérez, J., González Tagle, M., Yerena Yamallel, J. y Cuellar Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Phyton*, 82(December), 185–191.
- Alanís-Rodríguez E., Mora-Olivo A., Marroquín de la Fuente J. S. 2020. *Muestreo ecológico de la vegetación*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 245 p. ISBN: 978-607-27-1307-9.
- Armenta M.A., Ongley L.K., Rodríguez R., Cruz O., Mango H. y Villaseñor G. (2008). Arsenic distribution in mesquite (*Prosopis laevigata*) and huizache (*Acacia farnesiana*) in the Zimapán mining area, México. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 8, 1–7. <https://doi.org/https://doi.org/10.1144/1467-7873/07-144>
- Baev, P.V. y Penev, L. D. (1995). *BIODIV: program for calculating biological diversity parameters, similarity, niche overlap, and cluster analysis*. (5.1.; p. 57). Pensoft, Sofia-Moscow.
- Boucher, D.H., James, S., & Keeler, K. H. (1982). The ecology of mutualism. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 13, 315-47.
- Briones, O.L. y Villarreal, J.A. (2001). Sobre la flora, vegetación y fitogeografía de la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. *Acta Botanica Mexicana* 73, 1-18.
- Brooker, R. W., Maestre, F. T., Callaway, R. M., Lortie, C. L., Cavieres, L. A., Kunstler, G., Liancourt, P., Tielbörger, K., Travis, J. M. J., Anthelme, F., Armas, C., Coll, L., Corcket, E., Delzon, S., Forey, E., Kikvidze, Z., Olofsson, J., Pugnaire, F., Quiroz, C. L., Michalet, R. (2008). Facilitation in plant communities: The past, the present, and the future. *Journal of Ecology*, 96(1), 18–34. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01295.x>
- Cantú Silva, I., y Yañez Díaz, M. I. (2018). Efecto del cambio de uso de suelo en el contenido del carbono orgánico y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(45), 122–151. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i45.138>
- Challenger, A. y Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. In Conocimiento actual de la bioiversidad. Conabio (Ed.), *Los ecosistemas terrestres* (Vol I, pp. 87–108).
- Estrada, E., Méndez, Y., Delgado, A. y Villarreal, J.A. (2004). Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales Del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 75(1). <http://www.redalyc.org/html/400/40075105/>
- Villaseñor, J.L. y Espinosa, F. (1998). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México.
- González, M. (1985). El límite sur de la provincia biótica tamaulipeco. En II Simposio Internacional sobre la Provincia Biótica Tamaulipeco, UAT y UNAM. PP 7-14. .
- González-Rodríguez, H., Ramírez-Lozano, R., Cantú-Silva, I., Gómez-Mesa, M.V., . y Uvalle-Sauceda, J.I. (2010). Composición y estructura de la vegetación en tres sitios de estudio del estado de Nuevo, León, México. *Polibotánica*, 29, 91–106.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1986). *Síntesis geográfica de Nuevo León* (Secretaría de Programación y Presupuesto).
- Jiménez-Pérez, J., Alanís-Rodríguez, E., Aguirre-Calderón, O., Pando-Moreno, M., González-Tagle, M. (2009). Análisis sobre el efecto del uso del suelo en la diversidad estructural del matorral espinoso tamaulipeco. *Madera y Bosques*. 15, 5-20.
- Jiménez Pérez, J., Alanís Rodríguez, E., Ruiz González, J., González Tagle, M., Yerena Yamallel, J., y Alanís Flores, G. (2012). Diversidad de la regeneración leñosa del matorral espinoso tamaulipeco con historial agrícola en el noreste de México. *Ciencia-Uanl*, 15(58), 66–71.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*. 113 363-375 <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Kumar, S., Stecher, G., Suleski, M., Hedges, S.B. (2017). TimeTree: A resource for Timelines, timetrees and divergence times. *Molecular Biology and Evolution*, 34, 1812-1819.

- <https://doi.org/10.1093/molbev/msx116>
- Leal Elizondo, N. A., Alanís Rodríguez, E., Mata Balderas, J. M., Treviño Garza, E. J., y Yerena Yamallel, J. I. (2018). Estructura Y Diversidad De Especies Leñosas Del Matorral Espinoso Tamaulipeco Regenerado Post-Ganadería En El Noreste De México. *Polibotánica*, 0(45), 75–88. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.45.6>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and its Measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 Pp.
- Marroquín, J., Jurado, E., Flores, J., Pando-Moreno, M., González-Rodríguez, H., & Alanís, E. (2019). Are plants nearest neighbors phylogenetically distant? A test in three vegetation types in Northern Mexico^{1,2}. *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 146(1), 41. <https://doi.org/10.3159/torrey-d-17-00050.1>
- McKey, D. (1994). Legumes and nitrogen: The evolutionary ecology of a nitrogen-demanding lifestyle. *Advances in Legume Systematics 5: The Nitrogen Factor*, 5, 211–228. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Molina-Guerra, V. M., Pando-Moreno, M., Alanís-Rodríguez, E., Canizales-Velázquez, P. A., Rodríguez, H. G., & Jiménez-Pérez, J. (2013). Composición y diversidad vegetal de dos sistemas de pastoreo en el matorral espinoso tamaulipeco del Noreste de México. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarías*, 4(3), 361–371.
- Molina-Guerra, V.M., Mora-Olivo A., Alanís-Rodríguez, E., Soto-Mata B., Patiño-Flores A.M. (2019). *Plantas características del matorral espinoso tamaulipeco en México*. Editorial Universitaria de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México. 114 Pp.
- Mora, C., Rodríguez, E., Pérez, J., González, M., Yerena, J., y Cuellar, L. (2013). Estructura, composición florística y diversidad del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Ecología Aplicada*, 12(1), 29–34. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000100004&script=sci_arttext
- Mueller-Dombois, D. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. Wiley International. United States of America.
- Landeros Tejo, O.R., Reveles, M., Valdez, R.D., Arreola, J.G., Pedroza A. y Ruíz, J. (2012). Uso potencial del huizache (*Acacia farnesiana* L. Will) en la fotorremediación de suelos contaminados con plomo. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 17, 11–20.
- Padilla, F. M., & Pugnaire, F. I. (2006). The role of nurse plants in the restoration of degraded environments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 4(4), 196–202. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2006\)004\[0196:TRONPI\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2006)004[0196:TRONPI]2.0.CO;2)
- Penone, C., Davidson, A. D., Shoemaker, K. T., Di Marco, M., Rondinini, C., Brooks, T. M., Young, B. E., Graham, C. H., & Costa, G. C. (2014). Imputation of missing data in life-history trait datasets: Which approach performs the best? *Methods in Ecology and Evolution*, 5(9), 961–970. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12232>
- Pequeño-Ledezma, M. Á., Alanís-Rodríguez, E., Jiménez-Pérez, J., González-Tagle, M. A., Yerena-Yamallel, J. I., Cuellar-Rodríguez, G., & Mora-Olivo, A. (2012). Análisis de la restauración pasiva post-pecuaria en el matorral espinoso tamaulipeco del noreste de México. *CienciaUAT*, 7(1), 48. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v7i1.39>
- Pretzsch, H. (2009). *Forest Dynamics, Growth and Yield. From Measurement to Model*. Springer-Verlag, Berlín Heidelberg, Alemania. 664 Pp.
- Quero Carrillo, A. R. (2013). *Gramíneas Introducidas: Importancia e impacto en ecosistemas ganaderos*. Serie Biblioteca Básica de Agricultura. COLPOS, INIFAP, UACH. ISBN: 978-607-715-106-7.
- Rojas-Mendoza, P. (1965). *Generalidades sobre la vegetación del estado de Nuevo León y datos acerca de su flora*. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Limusa. México D.F. 432 Pp.
- SEMARNAT. (2006). *El Medio Ambiente en México 2005: en resumen*.
- Stachowicz, J. J. (2016). *the Structure of Ecological Communities*. 3568(April). [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051)

Recibido:
31/marzo/2021

Aceptado:
4/julio/2021

- Valiente-Banuet, A., & Verdú, M. (2007). Facilitation can increase the phylogenetic diversity of plant communities. *Ecology Letters*, 10(11), 1029–1036. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01100.x>
- Villarreal, O. L. B. y J. (2001). Vegetación y flora de un ecotono entre las provincias del Altiplano y de la Planicie Costera del Noreste de México. *Acta Botanica Mexicana*, 55, 39–67.
- Violle C, Nemergut D, Pu Z, J. L. (2011). Phylogenetic limiting similarity and competitive exclusion. *Ecology Letters*, 14, 728–787. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01644.x>
- Weedon, J.T., Cornwell, W.K., Cornelissen, J., Zanne, A., Whirth, C. and Coomes D.A. (2009). *Ecology Letters*. 12: 45-56. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01259.x>
- Whittaker, R. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO

Silva-García, J.E.; O.A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, E. Jurado-Ybarra, J. Jiménez-Pérez y B. Vargas-Larreta.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO.

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO.

ESTRUCTURA Y DIVERSIDAD DE ESPECIES ARBÓREAS EN UN BOSQUE TEMPLADO DEL NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND DIVERSITY OF TREE SPECIES IN A TEMPERATE FOREST OF NORTHWESTERN MEXICO

Silva-García, J.E.;
O.A. Aguirre-Calderón,
E. Alanís-Rodríguez,
E. Jurado-Ybarra,
J. Jiménez-Pérez
y B. Vargas-Larreta

ESTRUCTURA Y
DIVERSIDAD DE ESPECIES
ARBÓREAS EN UN BOSQUE
TEMPLADO DEL
NOROESTE DE MÉXICO

STRUCTURE AND
DIVERSITY OF TREE
SPECIES IN A TEMPERATE
FOREST OF
NORTHWESTERN MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 89-102. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.7

J.E. Silva García / je_silvag@hotmail.com /

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4919-1680>

O.A. Aguirre Calderón / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5668-8869>

E. Alanís Rodríguez / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6294-4275>

E. Jurado Ybarra / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4043-5549>

J. Jiménez Pérez / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8020-4342>

Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León
Carretera nacional Km 85 CP 67700, Ciudad de Linares, Nuevo León, México

B. Vargas Larreta / ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1176-7330>

Instituto Tecnológico de El Salto

Calle Tecnológico 101 Col. La Forestal CP 34942 El Salto, P.N., Durango, México

RESUMEN: El objetivo del estudio fue evaluar la estructura, diversidad de una comunidad vegetal en un bosque templado de Durango. La información dasométrica se obtuvo de 55 sitios de muestreo (1000 m²) considerando: Diámetro normal (Dn), Altura total (H) y registró de cada individuo. Para cada especie se evaluó abundancia, frecuencia y dominancia a través del área basal; se calculó, además, el IVI e IVF por familia y especie. La riqueza específica y diversidad de especies se estimaron mediante el índice de Margalef (D_{mg}) y el índice de Diversidad Verdadera de Shannon (¹D). Se utilizó el índice de Pretzsch (1998), ubicando tres estratos de altura (I, II, III). Los resultados arrojaron una riqueza específica de 29 especies y densidad de 299 N ha⁻¹ en el área evaluada. Las familias Pináceae y Fagáceae presentaron los valores más altos de índice de valor de importancia familiar (IVIF) e índice de valor forestal (IVF). Las especies más dominantes fueron; *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* y *Q. crassifolia*. El valor de *A_{rel}* fue de 77.92%, lo que indica que la comunidad vegetal es multicohortal, ya que por lo menos existen dos estratos bien conformados con una alta cantidad de especies presentes.

Palabras clave: Diversidad verdadera, Distribución vertical, Densidad, Riqueza, IVF.

ABSTRACT: The objective of the study was to evaluate the structure and diversity of tree species in a temperate forest of Durango. The dasometric information was obtained from 55 sampling sites (1000 m²) considering: Normal diameter (Dn), Total height (H) and record of everyone. For each species abundance, frequency and dominance were evaluated through the basal area; In addition, IVI and IVF were calculated by family and species. The specific richness and diversity of species were estimated using the Margalef index (D_{mg}) and the Shannon True Diversity index (¹D). The Pretzsch (1998) index was used, locating three height strata (I, II, III). The results showed a specific richness of 29 species and a density of 299 Na ha⁻¹ in the evaluated area. Stratum I showed the lowest density and richness of species with a total of 16 species and 8 Na ha⁻¹, while stratum III obtained the highest values with 29 species and 230 N ha⁻¹, the most dominant species were *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *P. oocarpa*, *P. herrerae* and *Q. crassifolia*.

Keywords: True diversity, Vertical distribution, Density, Wealth, IVF.

INTRODUCCIÓN

México cuenta con una superficie arbolada de aproximadamente 65 millones de hectáreas incluyendo diferentes tipos de vegetación en diferentes ecosistemas, entre las cuales el 52% pertenece a bosques templados (CONAFOR, 2012). Entre los principales géneros que se distribuyen en este tipo de comunidad vegetal se encuentran *Pinus*, *Abies*, *Pseudotsuga*, *Cupressus*, *Juniperus*, y *Quercus* y en ocasiones forman comunidades mixtas en distintas proporciones (Challenger & Soberón, 2008).

La evaluación de la estructura y composición de los bosques ha sido tema de interés para los responsables de su manejo, quienes tienen que tomar en cuenta las condiciones actuales de las masas para realizar actividades de manejo para mantenerlas o mejorarlas (Aguirre *et al.*, 2003). Para ello se requiere de información precisa en distintos componentes ecológicos, entre las que destacan la riqueza, abundancia, frecuencia, dominancia y diversidad ecológica de especies o familias (Méndez-Toribio *et al.*, 2014; Graciano-Ávila *et al.*, 2017).

La importancia de caracterizar la estructura del estrato arbóreo se centra en conocer la diversidad de un bosque y conocer su comportamiento ante disturbios naturales o antropogénicas (Pretzsch, 1998; Corral *et al.*, 2005; Solís *et al.*, 2006; Hernández-Salas *et al.*, 2018).

El conocimiento de las estructuras vertical y horizontal de los bosques es esencial para desarrollar mejores prácticas de manejo forestal y coadyuvar en la conservación de la biodiversidad en los ecosistemas (Aguirre-Calderón, 2015). Acorde con lo anterior, el análisis de la estructura, composición y distribución espacial de las comunidades arbóreas ha tenido gran interés entre los manejadores y científicos en estas áreas, ya que suele ser el punto clave para desarrollar mejores estrategias de manejo en los programas de conservación y restauración ecológica (Gadow *et al.*, 2012, Ni *et al.*, 2014).

En el Noroeste de México se han realizado diferentes estudios que evalúan la composición y estructura de comunidades vegetales, pero son escasos para la superficie que ocupa esta cadena montañosa y éstos se han realizado en localidades puntuales (Aguirre *et al.*, 2003; Solís *et al.*, 2006; Graciano-Ávila *et al.*, 2017; Hernández-Salas *et al.*, 2018). Por lo anterior, el objetivo del estudio fue caracterizar la estructura y evaluar la diversidad de especies arbóreas en un bosque templado del Estado de Durango, México.

MÉTODOS

El área de estudio se ubica en el macizo montañoso denominado Sierra Madre Occidental (SMO) en el municipio de Pueblo Nuevo, al sur del Estado de Durango. Se encuentra ubicado geográficamente entre las coordenadas 23° 24' 0.55" N y 105° 29' 19.68" W (Fig. 1).

De acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García (1988); los tipos de clima predominantes en el área son: templado subhúmedo, semifrío subhúmedo, seco templado; en los tipos de clima presentes dentro del área la temperatura varía entre -3° a 18 °C con lluvias en verano y sequías en invierno y una precipitación promedio de 1200 mm (González *et al.*, 2012). La vegetación característica se conforma de bosques de pino y encino, así como de mezclas entre los mismos con dominancias de acuerdo con el área (Acevedo-Benítez *et al.*, 2018). El sistema de topoformas corresponde principalmente a sierra alta con cañadas, superficie de gran meseta con cañadas y Cañón típico.

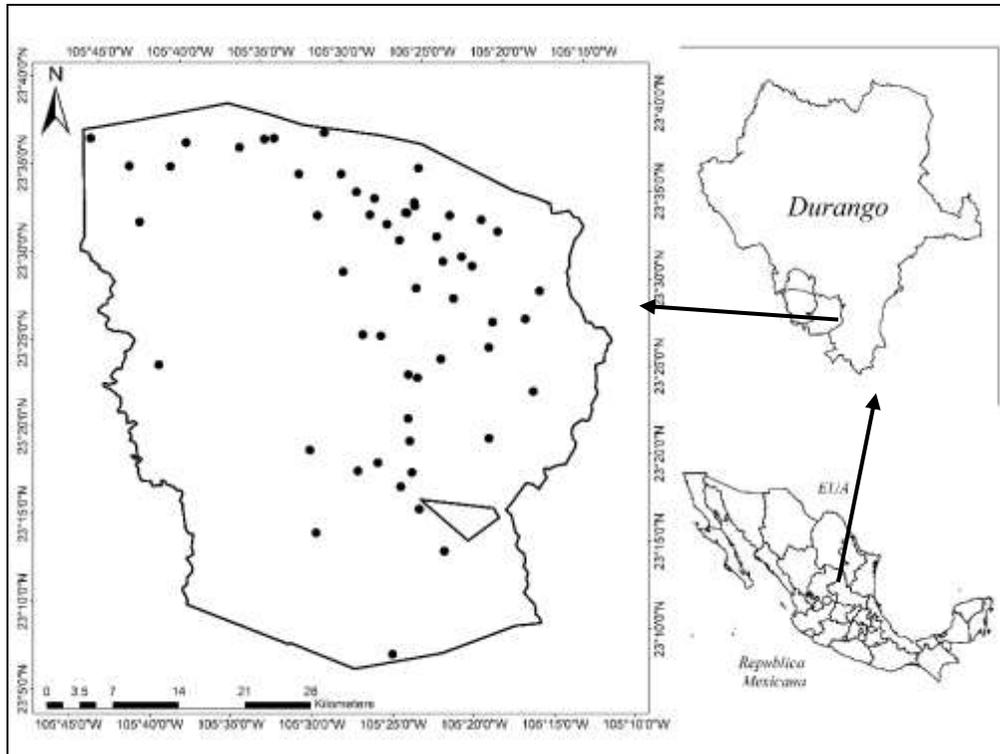


Fig. 1. Ubicación de los sitios de muestreo en el área de estudio.

Obtención y análisis de información

Se establecieron 55 sitios de muestreo circulares (1000 m²) distribuidos aleatoriamente en un rango de elevación que osciló de 1829 a 2875 msnm; la información dasométrica colectada fue: diámetro normal (Dn > 7.5 cm), altura total (H m) y el registro de las especies arbóreas.

Se calculó el Índice de Valor de Importancia Ecológica (IVI), el cual obtiene valores porcentuales en una escala de 0 a 100 (Müeller-Dombois y Ellenberg, 1974; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020) determinando el grado de presencia de cada especie en un área determinada, a partir de la sumatoria de los parámetros estructurales: Abundancia, Frecuencia y Dominancia relativas (Whittaker, 1972; Moreno, 2001). El cálculo de cada uno de los parámetros se realizó con las ecuaciones siguientes:

Tabla 1. Ecuaciones de parámetros estructurales e índices de diversidad.

Abundancia	$A_i = N_i/S$ $AR_i = \left[\frac{A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \right] * 100$	donde: A_i es la abundancia absoluta, AR_i es la abundancia relativa de la especie i , con respecto a la abundancia total, N_i es el número de individuos de la especie i , y S la superficie de muestreo (ha).
Frecuencia	$F_i = P_i/NS$ $FR_i = \left[\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F_i} \right] * 100$	donde: F_i es la frecuencia absoluta, FR_i es la frecuencia relativa de la especie i , con respecto a la frecuencia total, P_i es el número de sitios en la que la especie se encuentra presente i , y NS el número total de sitios de muestreo.
Dominancia	$D_i = A_b/S$ $DR_i = \left[\frac{D_i}{\sum_{i=1}^n D_i} \right] * 100$	donde: D_i es la dominancia absoluta, DR_i es la dominancia relativa de la especie i , con respecto a la dominancia total, A_b el área basal de la especie i , y S la superficie (ha).
IVI	$IVI = \frac{(AR_i + FR_i + DR_i)}{3}$	
Índice de Margalef	$D_{mg} = \frac{(S - 1)}{\ln(N)}$	donde: S es el número de especies presentes, N es el número total de individuos y ni es el número de individuos de la especie i .
Índice de diversidad verdadera de Shannon	$H = \sum_{i=1}^s P_i * \ln(P_i)$ $P_i = n_i/N$ ${}^1D = \exp(H)$	donde: p_i =abundancia proporcional de la i -ésima especie.

El cálculo del Índice de Valor Forestal (IVF) se estimó con el propósito de evaluar la estructura bidimensional de la vegetación arbórea considerando tres medidas: al nivel del estrato inferior en el plano horizontal (Diámetro normal D_n), segunda en estratos inferior y superior en el plano vertical (altura H), y la tercera al nivel del estrato superior en el plano horizontal (cobertura, Área basal) (Corella *et al.*, 2001).

$$IVF = \frac{(Dn + H + Dom)}{3}$$

Para la caracterización de la estructura vertical de la comunidad arbórea se utilizó el índice de distribución vertical de especies (A) (Del Río *et al.* 2003; Alanís-Rodríguez *et al.*, 2020). Del índice A se derivan el A_{max} , que corresponde al valor máximo de A , dado por el número de especies y zonas de altura; y el A_{rel} , que es la estandarización en porcentaje del índice A . Se definieron tres estratos de altura, de la siguiente manera: estrato I 80%-100% de la altura máxima de la comunidad arbórea (del individuo más alto), estrato II: 50%-80% y estrato III de 0 a 50%. El índice se estimó con la siguiente fórmula:

$$A = - \sum_{i=1}^S \sum_{j=1}^S P_{ij} \ln(P_{ij})$$

$$A_{max} = \ln (S * Z)$$

Dónde: S= número de especies presentes; Z= número de estratos de altura; p_{ij} = porcentaje de especies en cada zona, y se estima mediante la siguiente ecuación $p_{ij} = n_{i,j} / N$; donde $n_{i,j}$ = número de individuos de la misma especie (i) en la zona (j) y N= número total de individuos. El valor de A se estandariza de la siguiente forma:

$$A_{rel} = \frac{A}{\ln (S*Z)} * 100$$

RESULTADOS

En el área analizada se identificaron 29 especies, distribuidas en 5 familias. Fagaceae obtuvo el mayor porcentaje (51.72%), seguido de Pinaceae (37.93%). Cupressaceae, Betulaceae y Ericaceae registraron únicamente una especie cada uno (Tabla 1).

Tabla 1. Nombre científico, nombre común y familia de las especies (ordenadas alfabéticamente).

Nombre científico	Nombre común	Familia
(1) <i>Alnus acuminata</i> kunth	Aliso	Butelaceae
(2) <i>Arbutus xalapensis</i> kunth	Madroño	Ericaceae
(3) <i>Juniperus deppeana</i> Steud.	Tascate	Cupressaceae
(4) <i>Pinus cooperi</i> C. E. Blanco	Pino chino	Pinaceae
(5) <i>Pinus douglasiana</i> Martinez	Pino avellano	Pinaceae
(6) <i>Pinus durangensis</i> Martinez	Pino alazán	Pinaceae
(7) <i>Pinus herrerae</i> Martinez	Pino llanero	Pinaceae
(8) <i>Pinus leiophylla</i> Schiede ex Schltdl. & Cham.	Pino prieto	Pinaceae
(9) <i>Pinus lumholtzii</i> B.L.Rob. & Fernald	Pino triste	Pinaceae
(10) <i>Pinus maximinoi</i> (H.E.Moore) Silba	Pino ocote	Pinaceae
(11) <i>Pinus michoacana</i> Lindl.	Pino michoacano	Pinaceae
(12) <i>Pinus oocarpa</i> Schiede	Pino amarillo	Pinaceae
(13) <i>Pinus strobiformis</i> Engelm.	Pino cahuite	Pinaceae
(14) <i>Pinus teocote</i> Schltdl. & Cham.	Pino rosillo	Pinaceae
(15) <i>Quercus castanea</i> Née.	Encino amarillo	Fagaceae
(16) <i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	Encino blanco	Fagaceae
(17) <i>Quercus depressipes</i> Trel.	Encino triste	Fagaceae
(18) <i>Quercus durifolia</i> Seemen ex Loes.	Encino laurelillo	Fagaceae
(19) <i>Quercus eduardii</i> Trel.	Encino blanco	Fagaceae
(20) <i>Quercus emoryi</i> Torr.	Encino duraznillo	Fagaceae
(21) <i>Quercus fulva</i> Trel.	Encino roble	Fagaceae
(22) <i>Quercus gentryi</i> C.H.Mull.	Encino colorado	Fagaceae
(23) <i>Quercus laeta</i> Liebm.	Palo chino	Fagaceae
(24) <i>Quercus obtusata</i> Bonpl.	Encino chino	Fagaceae
(25) <i>Quercus resinosa</i> Liebm.	Roble blanco	Fagaceae
(26) <i>Quercus rugosa</i> Née.	Encino negro	Fagaceae
(27) <i>Quercus sideroxyla</i> Bonpl.	Encino colorado	Fagaceae
(28) <i>Quercus urbanii</i> Trel.	Encino cucharo	Fagaceae
(29) <i>Quercus viminea</i> Trel.	Encino sauce	Fagaceae

La familia Pinaceae presentó el valor más alto de acuerdo con el IVIF), obteniendo los mayores valores de abundancia, frecuencia y dominancia. La familia Betulaceae mostró los resultados más bajos con 1.09% de IVIF (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros estructurales estimados por familia (ordenada de acuerdo con el mayor valor porcentual).

Familia	Densidad		Frecuencia		Dominancia		IVIF
	Absoluta (N ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta (m ² ha ⁻¹)	Relativa (%)	
Pinaceae	168	56	55	35.71	7.55	58.57	50.16
Fagaceae	105	35	55	35.71	4.4	34.13	34.99
Cupressaceae	3	1	8	5.19	0.16	1.24	2.48
Ericaceae	22	7	34	22.08	0.77	5.97	11.80
Butelaceae	1	0	2	1.30	0.01	0.08	0.57
Total	299	100	154	100	12.88	100	100

IVIF= Índice de valor de importancia familiar.

Pinus presentó las densidades más altas en comparación con los demás géneros, con un total de 168 N ha⁻¹, lo cual representa 56% del total. La especie con mayor densidad fue *P. durangensis* con valor de 40 N ha⁻¹ que representan el 13%.

Los géneros *Pinus* y *Quercus* estuvieron presentes en la totalidad de los sitios de muestreo, *A. xalapensis* y *P. douglasiana* los más frecuentes con 13.93% y 8.61%. La familia Betulaceae representada por *A. acuminata* tuvo frecuencia baja en comparación con las demás, con un valor de 0.82%. *Quercus? gentryi* y *Q. depressipes* fueron las especies menos frecuentes con los valores más bajos (Tabla 3).

La dominancia de los géneros *Pinus* y *Quercus* se destacó considerablemente del resto de los géneros registrados, lo que denota una diferencia con los resultados obtenidos a través del área basal en cada especie. Los mayores valores registrados corresponden a *P. durangensis* y *P. herrerae* y entre ambas especies suman el 23.83% del área basal total. Los valores más bajos se observaron en *Q. depressipes* y *P. maximinoi* con 0.21% (0.03 m² ha⁻¹) (Tabla 3).

Índice de Valor de Importancia (IVI)

Con respecto al IVI el género *Pinus* obtuvo 53.44% del IVI, siendo la especie con mayor valor de importancia: *P. durangensis* con 11%; seguidos de *A. xalapensis* con 9.12%. La especie que obtuvo el menor valor de importancia ecológica fue *Q. gentryi* con 0.20% (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros estructurales estimados para cada especie en el área de estudio (Ordenadas de mayor a menor % de IVI).

Especie	Densidad		Frecuencia		Dominancia		IVI
	Absoluta (N ha ⁻¹)	Relativa (%)	Absoluta	Relativa (%)	Absoluta (m ² ha ⁻¹)	Relativa (%)	
<i>P. durangensis</i>	40	13	12	4.92	1.91	14.82	11.00
<i>A. xalapensis</i>	22	7	34	13.93	0.77	5.96	9.12
<i>P. herrerae</i>	23	8	20	8.20	1.16	9.01	8.27
<i>P. douglasiana</i>	22	7	21	8.61	1.10	8.57	8.22
<i>P. oocarpa</i>	24	8	16	6.56	0.92	7.11	7.21
<i>Q. crassifolia</i>	21	7	17	6.97	0.81	6.28	6.75
<i>P. lumholtzii</i>	22	7	15	6.15	0.65	5.08	6.15
<i>P. cooperi</i>	21	7	9	3.69	0.99	7.68	6.12
<i>Q. sideroxylla</i>	16	5	10	4.10	0.60	4.65	4.66
<i>Q. obtusata</i>	13	4	9	3.69	0.53	4.11	4.08
<i>Q. viminea</i>	7	2	13	5.33	0.42	3.25	3.65
<i>Q. urbanii</i>	13	4	7	2.87	0.40	3.09	3.46
<i>Q. durifolia</i>	7	2	8	3.28	0.35	2.71	2.77
<i>P. strobiformis</i>	7	2	8	3.28	0.30	2.36	2.63
<i>Q. fulva</i>	8	3	6	2.46	0.35	2.69	2.61
<i>P. michoacana</i>	5	2	6	2.46	0.31	2.38	2.12
<i>J. depeanna</i>	3	1	8	3.28	0.16	1.26	1.88
<i>Q. eduardii</i>	5	2	5	2.05	0.22	1.69	1.83
<i>Q. laeta</i>	4	1	4	1.64	0.16	1.26	1.39
<i>Q. rugosa</i>	3	1	4	1.64	0.15	1.19	1.31
<i>Q. castanea</i>	5	2	2	0.82	0.19	1.46	1.29
<i>P. teocote</i>	5	2	1	0.41	0.17	1.29	1.07
<i>Q. emoryi</i>	1	0	1	0.41	0.14	1.08	0.62
<i>A. acuminata</i>	1	0	2	0.82	0.01	0.05	0.39
<i>P. maximinoi</i>	0	0	2	0.82	0.02	0.12	0.35
<i>Q. resinosa</i>	0	0	1	0.41	0.06	0.48	0.34
<i>P. leiophylla</i>	1	0	1	0.41	0.02	0.18	0.30
<i>Q. depressipes</i>	0	0	1	0.41	0.01	0.09	0.21
<i>Q. gentryi</i>	0	0	1	0.41	0.01	0.08	0.20
Total	299	100	244	100	12.88	100	100

Índice de valor Forestal (IVF)

El IVF se calculó utilizando valores relativos de diámetro, altura y dominancia de cada una de las especies presentes. El diámetro relativo mayor se presentó en *P. durangensis* con 15.45%. Con respecto a la altura, los valores más altos los presentaron *P. durangensis* y *P. herrerae*. La mayor dominancia relativa se observó en las especies antes mencionadas. (Tabla 4).

Tabla 4. Valores de volumen e índice de valor forestal (IVF) de las especies presentes en el área de estudio ordenadas de acuerdo con el mayor valor de IVF.

Especie	Diámetro		Altura		Dominancia		Volumen	IVF
	cm	(%)	m	(%)	m ² ha ⁻¹	(%)	(m ³ ha ⁻¹)	
<i>P. durangensis</i>	4807.10	14.20	3223.40	17.32	1.91	14.82	0.03	15.45
<i>P. herrerae</i>	2896.00	8.55	1738.30	9.34	1.16	9.01	0.82	8.97
<i>P. douglasiana</i>	2649.50	7.82	1347.50	7.24	1.10	8.57	10.33	7.88
<i>P. cooperi</i>	2521.60	7.45	1465.60	7.88	0.99	7.68	10.48	7.67
<i>P. oocarpa</i>	2524.20	7.45	1494.20	8.03	0.92	7.11	10.48	7.53
<i>Q. crassifolia</i>	2232.30	6.59	1042.40	5.60	0.81	6.28	0.11	6.16
<i>A. xalapensis</i>	2332.00	6.89	992.80	5.34	0.77	5.96	0.53	6.06
<i>P. lumholtzii</i>	2031.30	6.00	1256.50	6.75	0.65	5.08	0.11	5.94
<i>Q. sideroxyla</i>	1639.30	4.84	872.70	4.69	0.60	4.65	21.61	4.73
<i>Q. obtusata</i>	1422.00	4.20	595.00	3.20	0.53	4.11	2.44	3.84
<i>Q. urbanii</i>	1244.60	3.68	632.30	3.40	0.40	3.09	9.10	3.39
<i>Q. viminea</i>	957.40	2.83	491.00	2.64	0.42	3.25	0.05	2.90
<i>Q. fulva</i>	882.00	2.60	470.50	2.53	0.35	2.69	0.05	2.61
<i>Q. durifolia</i>	815.90	2.41	368.00	1.98	0.35	2.71	2.56	2.37
<i>P. strobiformis</i>	767.80	2.27	415.30	2.23	0.30	2.36	2.56	2.29
<i>P. michoacana</i>	648.00	1.91	336.60	1.81	0.31	2.38	2.56	2.03
<i>Q. eduardii</i>	610.10	1.80	327.20	1.76	0.22	1.69	2.51	1.75
<i>P. teocote</i>	513.00	1.51	375.00	2.02	0.17	1.29	2.51	1.61
<i>Q. castanea</i>	530.00	1.57	261.00	1.40	0.19	1.46	3.55	1.48
<i>Q. laeta</i>	439.00	1.30	214.00	1.15	0.16	1.26	6.03	1.24
<i>J. depeanna</i>	423.00	1.25	170.60	0.92	0.16	1.26	0.81	1.14
<i>Q. rugosa</i>	388.20	1.15	175.00	0.94	0.15	1.19	2.28	1.09
<i>Q. emoryi</i>	236.00	0.70	148.00	0.80	0.14	1.08	6.44	0.86
<i>Q. resinosa</i>	92.40	0.27	45.60	0.25	0.06	0.48	1.40	0.33
<i>P. leiophylla</i>	83.00	0.25	44.00	0.24	0.02	0.18	6.44	0.22
<i>P. maximinoi</i>	46.00	0.14	27.00	0.15	0.02	0.12	1.40	0.13
<i>Q. depressipes</i>	40.50	0.12	30.20	0.16	0.01	0.09	3.59	0.12
<i>A. acuminata</i>	53.90	0.16	21.60	0.12	0.01	0.05	0.14	0.11
<i>Q. gentryi</i>	36.60	0.11	25.00	0.13	0.01	0.08	8.19	0.11
Total, general	33863	100	18606.3	100	12.88	100	119.10	100

Diversidad

Para la comunidad arbórea, los índices de Margalef y de Diversidad Verdadera de Shannon tuvieron valores de 3.78 y de 18.37, respectivamente. Entre los resultados obtenidos se determinó una riqueza específica de 29 especies. La mayor dominancia se observa entre las familias Pinaceae y Fagaceae por el alto número de especies en ellas. Con base en los resultados el área se puede definir como de alta diversidad arbórea.

A través del índice de distribución vertical de Pretzsch, se definieron tres estratos de altura alto (25.60 m - 32.00 m), medio (16.00 m - 25.60 m) y bajo (< 16.00 m). El estrato con mayor altura está conformado por 16 especies, destacando *P. durangensis*, *P. douglasiana* y *Q. crassifolia*, el área presenta una densidad de 8 N ha⁻¹, lo cual representa el 2.80%. En el estrato medio se presentó un total de 26 especies, dominada principalmente por *P. durangensis*, *P. oocarpa* y *P. herrerae*, la densidad dentro del estrato fue de 61 N ha⁻¹ con 20.36% del total. Por último, el estrato inferior mostró la densidad más alta, con 230 N ha⁻¹ lo que representa el 76.84% del total de la zona. El valor obtenido de *A* fue 3.48, *A_{max}* 4.46 y un *A_{rel}* de 77.92%. El valor de *A_{rel}* indica que la comunidad arbórea es multicohortal, ya que por lo menos existen dos estratos bien conformados con una alta cantidad de especies presentes. Los valores de *A_{rel}* contiguos a 100% revelan que todas las especies arbóreas se localizan distribuidas en forma equitativa en al menos dos estratos de altura (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de índice de distribución vertical (Pretzsch).

Estrato I (26.60 m – 32.00 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)	Estrato II (16.00 m - 25.60 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)	Estrato III (<16.00 m)	N	(Nha ⁻¹)	Del total	De la zona (%)
<i>A. xalapensis</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>A. xalapensis</i>	10	1.82	2.99	0.61	<i>A. xalapensis</i>	103	18.73	8.14	6.26
<i>P. douglasiana</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>J. depeanna</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>Alnus acuminata</i>	4	0.73	0.32	0.24
<i>P. durangensis</i>	6	1.09	13.04	0.36	<i>P. douglasiana</i>	19	3.45	5.67	1.16	<i>Alnus sp.</i>	1	0.18	0.08	0.06
<i>P. herrerae</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. durangensis</i>	115	20.91	34.33	6.99	<i>J. depeanna</i>	16	2.91	1.26	0.97
<i>P. lumholtzii</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>P. herrerae</i>	29	5.27	8.66	1.76	<i>P. douglasiana</i>	100	18.18	7.91	6.08
<i>P. oocarpa</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. lumholtzii</i>	14	2.55	4.18	0.85	<i>P. durangensis</i>	97	17.64	7.67	5.90
<i>P. strobiformis</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>P. michoacana</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>P. herrerae</i>	93	16.91	7.35	5.65
<i>P. teocote</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>P. oocarpa</i>	31	5.64	9.25	1.88	<i>P. leiophylla</i>	5	0.91	0.40	0.30
<i>Q. crassifolia</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>P. strobiformis</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>P. lumholtzii</i>	101	18.36	7.98	6.14
<i>Q. durifolia</i>	2	0.36	4.35	0.12	<i>P. teocote</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>P. maximinoi</i>	2	0.36	0.16	0.12
<i>Q. emoryi</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>P. cooperi</i>	25	4.55	7.46	1.52	<i>P. michoacana</i>	20	3.64	1.58	1.22
<i>Q. resinosa</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>Q. castanea</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>P. oocarpa</i>	97	17.64	7.67	5.90
<i>Q. rugosa</i>	1	0.18	2.17	0.06	<i>Q. crassifolia</i>	8	1.45	2.39	0.49	<i>P. strobiformis</i>	31	5.64	2.45	1.88
<i>Q. sideroxylla</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>Q. depressipes</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>P. teocote</i>	18	3.27	1.42	1.09
<i>Q. urbanii</i>	3	0.55	6.52	0.18	<i>Q. durifolia</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>P. cooperi</i>	90	16.36	7.11	5.47
<i>Q. viminea</i>	4	0.73	8.70	0.24	<i>Q. eduardii</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>Q. castanea</i>	24	4.36	1.90	1.46
Total	46	8	100	2.80	<i>Q. emoryi</i>	3	0.55	0.90	0.18	<i>Q. crassifolia</i>	103	18.73	8.14	6.26
					<i>Q. fulva</i>	6	1.09	1.79	0.36	<i>Q. depressipes</i>	1	0.18	0.08	0.06
					<i>Q. gentryi</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>Q. durifolia</i>	30	5.45	2.37	1.82
					<i>Q. laeta</i>	2	0.36	0.60	0.12	<i>Q. eduardii</i>	24	4.36	1.90	1.46
					<i>Q. obtusata</i>	5	0.91	1.49	0.30	<i>Q. fulva</i>	38	6.91	3.00	2.31
					<i>Q. resinosa</i>	1	0.18	0.30	0.06	<i>Q. gentryi</i>	1	0.18	0.08	0.06
					<i>Q. rugosa</i>	3	0.55	0.90	0.18	<i>Q. laeta</i>	19	3.45	1.50	1.16
					<i>Q. sideroxylla</i>	13	2.36	3.88	0.79	<i>Q. obtusata</i>	68	12.36	5.38	4.13
					<i>Q. urbanii</i>	7	1.27	2.09	0.43	<i>Q. rugosa</i>	14	2.55	1.11	0.85
					<i>Q. viminea</i>	9	1.64	2.69	0.55	<i>Q. sideroxylla</i>	70	12.73	5.53	4.26
					Total	335	61	100	20.36	<i>Q. urbanii</i>	63	11.45	4.98	3.83
										<i>Q. viminea</i>	26	4.73	2.06	1.58
										Total	1264	230	100	76.84

DISCUSIÓN

La densidad del bosque estudiado mostró una dominancia del género *Pinus*, seguido por *Quercus*, estos datos son coincidentes con los registrados por Hernández *et al.* (2013) y López *et al.* (2017), quienes mencionan que las especies más abundantes en estudios realizados en bosques del estado de Chihuahua y Durango son pinos y encinos, principalmente.

A su vez, los resultados revelan que la mayor cantidad de individuos se distribuyen en clases diamétricas menores, en coincidencia con Návar, (2010) quien menciona que las especies analizadas en bosques templados de Nuevo León muestran una tendencia similar, concentrándose la mayor cantidad de individuos en categorías más pequeñas. Por otra parte, Méndez-Osorio *et al.* (2014) a través de un estudio de diversidad post-incendio realizado en la sierra de Guerrero, mencionan que el mayor porcentaje de individuos registrados corresponden a la familia Pinaceae, similar lo encontrado en este estudio aun y cuando las variables de los ecosistemas pueden ser diferentes.

La especie más dominante en el área evaluada fue *P. durangensis* con un valor de $1.91 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$; sin embargo, este valor es muy inferior a reportado por Graciano-Ávila *et al.* (2017) reportando una dominancia promedio de $7.76 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ para esta especie que fue una de las más dominantes en rodales del estado Durango, específicamente en la región de El Salto. Lo anterior puede deberse a las variables climáticas presentes en el área, donde la temperatura es más alta y las elevaciones son menores. Resultados similares muestran que *P. cooperi*, *P. durangensis* y *Q. sideroxylla* son las especies más dominantes en este tipo de bosques. La mayor dominancia pertenece al género *Pinus*, seguido por *Quercus* en menor proporción de acuerdo con López-Hernández *et al.* (2017), quienes presentaron valores de 54.54% para *Pinus* y 18.18% para *Quercus*.

Con respecto al IVI, los resultados obtenidos en este estudio para el género *Pinus*, son inferiores a los reportados por Alanís-Rodríguez *et al.* (2011), Hernández *et al.* (2013) y Delgado-Zamora *et al.* (2016), quienes mencionan valores superiores a 60-80% para ese índice, lo cual puede atribuirse a una diferencia en diversidad de especies. Sin embargo, el valor obtenido se encuentra dentro del rango y coincide con los autores anteriores definir a *Pinus* con el mayor porcentaje de IVI en el área de estudio. Los valores de IVIF concuerdan asimismo con los obtenidos por Graciano-Ávila *et al.* (2017), donde las familias Pinaceae y Fagaceae obtuvieron los porcentajes más altos.

La riqueza específica registrada, muestra que el componente arbóreo engloba una alta cantidad de especies, comparado con áreas cercanas, tal como lo reportan Graciano *et al.*, (2017), quienes calcularon una riqueza de 13 especies, obteniendo valores de (D_{mg}) 1.58 y $({}^1D)$ 6.11 en condiciones de bosque con características semejantes en rodales de la región de El Salto, Durango; lo anterior puede atribuirse a las condiciones biofísicas del terreno donde se ubicaron los sitios. Asimismo, los resultados son superiores a los reportados por Solís *et al.* (2006) quienes obtuvieron valores de $({}^1D)$ 3.35 y superior al (D_{mg}) 1.04 encontrado por Návar y González (2009). Una posible explicación podría ser que en este estudio se evaluó una superficie mayor, pudiendo registrar un mayor número de especies.

Referente a la distribución vertical, los valores obtenidos muestran que la diversidad de alturas se encuentra distribuida en por lo menos dos estratos, esto se atribuye a que la mayor cantidad de especies presentes se concentran en los estratos de altura media y baja. Lo anterior es similar con los datos obtenidos por Rubio-Camacho *et al.* (2014) y Jiménez *et al.* (2001), quienes observaron una tendencia similar en bosques templados de Nuevo León, donde al evaluar una comunidad vegetal describen una heterogeneidad biológica de acuerdo con el decremento en los estratos de altura.

CONCLUSIONES

Las familias Pinaceae y Fagaceae presentaron los valores más altos de índice de valor de importancia familiar (IVIF) e índice de valor forestal (IVF). Las especies más dominantes fueron *P. durangensis*, *P. douglasiana*, *A. xalapensis* y *P. herrerae*, que fueron altamente frecuentes en los sitios de muestreo, con alta densidad y valores porcentuales de IVI e IVF mayores al resto de las especies presentes. En contraparte hubo presencia de especies con valores porcentuales muy bajos, lo cual manifiesta que a pesar de la alta riqueza en la zona; existieron especies que se presentaron de manera aislada en el área bajo estudio.

De acuerdo con los índices estimados el área de estudio mostró una alta diversidad y riqueza de especies acorde con los resultados de los índices estimados, los que a su vez son relativamente altos si se comparan con resultados obtenidos para bosques mixtos de obtenidos en áreas cercanas y de otras regiones de México.

Referente a la distribución vertical se pudieron identificar dos estratos de altura bien conformados, donde las especies arbóreas se distribuyeron mayormente en los estratos II y III, identificándolas en la parte media y baja. Es apreciable que a pesar de las actividades silvícolas que se desarrollan en la región, el aprovechamiento forestal no ha producido un cambio en la estructura del bosque.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal de servicios técnicos del ejido Pueblo Nuevo de Durango por facilitar la información dasométrica requerida en el estudio, especialmente al Ing. Rufino Meraz Alemán y al Ing. Jesús Fisher.

LITERATURA CITADA

- Acevedo-Benítez, F. C., M. A. González-Tagle, W. Himmelsbach, O. A. Aguirre-Calderón. y J. Jiménez-Pérez. (2018). Diagrama de manejo de densidad para el género *Pinus* en el ejido Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9(50), 54–73. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.262>
- Aguirre-Calderón, O. A. (2015). Manejo forestal en el siglo XXI. *Madera y Bosques*, 21, 17–28. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000400002
- Aguirre, O. A., G. Hui, K. Von Gadow. y J. Jiménez Pérez. (2003). An analysis of spatial forest structure using neighbourhoodbased variables. *Forest Ecology and Management*, 183(1), 137–145. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00102-6](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00102-6)
- Alanís-Rodríguez, E., J. Jiménez-Pérez, A. Valdecantos-Dema, M. Pando-Moreno, O. A. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. (2011). Caracterización de regeneración leñosa post-incendio de un ecosistema templado del parque ecológico Chipinque, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 17(1), 31–39. <http://dx.doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.05.032>
- Alanís-Rodríguez, E., E. A. Rubio-Camacho. y J. S. Marroquin de la Fuente. (2020). *Muestreo ecologico de la vegetación*. (Ed. Universitaria), Monterrey, Nuevo León, México. 204 pp.
- Challenger, A., & Soberón, J. (2008). Los ecosistemas terrestres. *Capital Natural de México*, 1, 87–108.
- Comisión Nacional Forestal [CONAFOR]. (2012). Inventario Nacional Forestal y de Suelos, informe del 2004-2009. In *informe del 2004-2009* (1a ed).
- Corella, F., I. Valdez, M. Cetina, V. González, A. Trinidad. y R. Aguirre. (2001). Estructura forestal de un bosque de mangles en el noreste del estado de Tabasco, México. *Ciencia Forestal En México*, 26(90), 73–102. <https://doi.org/10.4206/bosque.1984.v5n2-04>

- Corral, J., O. A. Aguirre, J. Jiménez, y S. Corral. (2005). Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el Bosque Mesófilo de Montaña “El Cielo”, Tamaulipas, México. *Investigaciones Agrarias: Sistema de Recursos Forestales*, 14(2), 217–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.5424/srf/2005142-00885>
- Del Río, M., F. Montes, I. Cañellas, y G. Montero. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 12(159–176). <https://doi.org/10.5424/srf/200413s1-00865>
- Delgado Zamora, D. A., S. A. Heynes Silerio, M. D. Mares Quiñones, N. L. Piedra Leandro, F. I. Retana Rentería, K. Rodríguez Corral, A. I. Villanueva Hernández, M. D. S. González Elizondo, y L. Ruacho-González. (2017). Diversidad y estructura arbórea de dos rodales en Pueblo Nuevo, Durango. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(3), 94–107. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v7i33.92>
- Gadow K. V, C.Y. Zhang, C. Wehenkel, A. Pommerening, J. Corral-Rivas, M. Korol, et al. (2012). Forest structure and diversity. En: Pakkala T, von Gadow K (Eds.) Continuous cover forestry. *Managing Forest Ecosystems, Vol 23. Sp*, 23–83. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2202-6_2
- García, E. (1998). *Climas (Clasificación de Köppen, modificada por García) Escala 1:1 000 000 México*, D.F., México.
- Graciano-Ávila, G., E. Alanís-Rodríguez, O. A. Aguirre-Calderón, M. A. González-Tagle, E. J. Treviño-Garza, y A. Mora-Olivo. (2017). Caracterización estructural del arbolado en un ejido forestal del noroeste de México. *Madera y Bosques*, 23(3), 137–146. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2331480>
- Hernández-Salas, J., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, E. J. Treviño-Garza, M. A. González-Tagle, C. Luján-Álvarez, J. M. Olivas-García, A. Domínguez-Pereda. (2018). Dinámica del crecimiento de un bosque templado bajo manejo en el noroeste de México. *Madera y Bosques*, 24(2). <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2018.2421767>
- Hernández, J., O. A. Aguirre, E. Alanís, J. Jiménez, M. A. González. (2013). Efecto del manejo forestal en la diversidad y composición arbórea de un bosque templado del noroeste de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 19(3), 189–199.
- Jiménez, J., O. A. y H. K. (2001). Análisis de la estructura horizontal y vertical en un ecosistema multicohortal de pino-encino en el norte de México. *Forest Systems*, 10(2), 355–366. <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2596>
- López-Hernández, J.A., O. A. Aguirre-Calderón, E. Alanís-Rodríguez, J. C. Monárrez-González, M. A. González-Tagle, y J. Jiménez-Pérez. (2017). Composición y diversidad de especies forestales en bosques templados de Puebla, México. *Madera y Bosques*, 23(1), 39–51. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2017.2311518>
- Magurran, A. E. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford, UK: Blackwell Science
- Méndez-Osorio, C., E. Alanís-Rodríguez, J. Jiménez-Pérez, O. A. Aguirre-Calderón y E. J. Treviño-Garza. (2014). Análisis de la regeneración postincendio en un bosque de pino-encino de la Sierra de Guerrero, México. *Ciencias UANL*, 17(69), 63–70. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v9i50.236>
- Méndez-Toribio, M., Zermeño-Hernández & G. Ibarra-Manríquez. (2014). Effect of land use on the structure and diversity of riparian vegetation in the Duero river watershed in Michoacán, Mexico. *Plant Ecology*, 215(3), 285–296. <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0297-z>
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* (M. y T. SEA (ed.)).
- Mueller-Dombois, D. & H. E. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology* (John Wiley), New York, 547 p.
- Návar, C. J. J. y G. S. González. (2009). Diversidad, estructura y productividad de bosques templados de Durango, México. *Polibotánica*, 27, 71–87. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140527682009000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Recibido:
10/marzo/2021

Aceptado:
10/julio/2021

- Návar, J. (2010). Alometría para biomasa en especies arbóreas del noroeste de México. *Trop Subtrop Agroecosyst*, 12, 507–519.
- Ni, R., Y. C. Baiketuerhan, C. Zhang, X. Zhao, K. Von Gadow. (2014). Analysing structural diversity in two temperate forests in northeastern China. *Forest Ecology and Management*, 316, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.10.012>
- Pretzsch, H. (1998). Structural diversity as a result of silvicultural operations. *Lesnictví-Forestry*, 44(10), 429–439. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ1998001279>
- Rubio-Camacho, A. E., M. A. Gonzales-Tagle, J. Jiménez-Pérez, E. Alanís-Rodríguez, D. Y. Ávila-Flores. (2014). Diversidad y distribución vertical de especies vegetales mediante el índice de Pretzsch. *Ciencias UANL*, 17, 34–41. <http://eprints.uanl.mx/7024/1/Diversidad-y-distribucion-vertical-de-especies.pdf>
- Solís, M. R., O. A. Aguirre, E. J. Treviño, J. Jiménez, E. Jurado. y J. Corral-Rivas. (2006). Efecto de dos tratamientos silvícolas en la estructura de ecosistemas forestales en Durango, México. *Madera y Bosques*, 12(2), 49–64. <http://dx.doi.org/10.21829/myb.2006.1221242>
- Whittaker, R. H. (1972). Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21, 213–251. <https://doi.org/10.2307/1218190>

**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y
CARACTERIZACIÓN
ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES
SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS
Eubatus EN MEXICO**

**POTENTIAL DISTRIBUTION AND
ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION
OF WILD SPECIES OF *Rubus*
SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO**

Rodríguez-Bautista, G.; S.D. Segura Ledezma, S. Cruz-Izquierdo, J. López-Medina, N. Cruz-Huerta y L. M. Valenzuela Nuñez.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* EN MEXICO.

POTENTIAL DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF WILD SPECIES OF *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO.

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DE ESPECIES SILVESTRES DE *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* EN MÉXICO

POTENTIAL DISTRIBUTION AND ECO-CLIMATIC CHARACTERIZATION OF WILD SPECIES OF *Rubus* SUBGENUS *Eubatus* IN MEXICO

Rodríguez-Bautista, G.;
S.D. Segura Ledezma,
S. Cruz-Izquierdo,
J. López-Medina,
N. Cruz-Huerta
y L. M. Valenzuela Nuñez

DISTRIBUCIÓN
POTENCIAL Y
CARACTERIZACIÓN
ECO-CLIMÁTICA DE
ESPECIES SILVESTRES DE
Rubus SUBGENUS *Eubatus*
EN MÉXICO

POTENTIAL
DISTRIBUTION AND
ECO-CLIMATIC
CHARACTERIZATION OF
WILD SPECIES OF *Rubus*
SUBGENUS *Eubatus*
IN MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 103-116. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.8

G. Rodríguez-Bautista

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

S.D. Segura Ledezma

*Universidad Autónoma Chapingo.
Centro Regional Universitario Centro Occidente
Periférico Independencia Pte. No. 1000. Col. Lomas del Valle,
A.P. 8. C.P. 58170. Morelia, Mich.*

S. Cruz-Izquierdo

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

J. López-Medina

*Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"
Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.
Paseo Gral. Lázaro Cárdenas y Berlín S/N, Colonia Viveros.
Uruapan, Michoacán. C.P. 60170.*

N. Cruz-Huerta

*Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.
Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Genética,
Km 36.5 Carr. México-Texcoco. Texcoco, Edo. de Méx. C.P. 56230.*

L.M. Valenzuela Nuñez / luisvn70@hotmail.com

*Laboratorio de Biología y Ecología Forestal. Facultad de Ciencias Biológicas.
Universidad Juárez del Estado de Durango.
Av. Universidad S/N. Fracc. Filadelfia. C.P. 35010. Gómez Palacio, Dgo.*

RESUMEN: Las zarzamoras (*Rubus* spp) son un recurso fitogenético que se desarrolla en zonas montañosas de México y se adaptan a diferentes condiciones climáticas, sin embargo, en México no se cuenta con información para su aprovechamiento ni en programas de investigación. El objetivo de la presente investigación fue determinar la riqueza, distribución y diversidad de las especies silvestres de zarzamora a partir de los registros de ocurrencia. Se utilizó la base de datos Worldclim para conocer las variables climáticas que determinan su distribución. La información ecogeográfica se obtuvo de la base de datos REMIB-CONABIO, la cual se sometió al algoritmo Bioclim de DIVA-GIS® 7.5. La información se analizó por componentes principales y correspondencias múltiples. Los resultados muestran que en México se encuentran 42 especies de zarzamoras y se distribuyeron en el Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur. Chiapas, Veracruz, Estado de México e Hidalgo presentaron mayor riqueza (numero de especies presente), mientras que Chiapas y Veracruz presentaron

mayor diversidad (porcentaje de cada especie con respecto al número total de especies presentes). La temperatura mínima y precipitación anual determinan las zonas de distribución potencial de zarzamoras. El 51.9% de las especies de zarzamoras presentaron diferencias entre especies en relación a los requerimientos climáticos.

Palabras clave: clima, diversidad, *Rubus* spp., recursos genéticos, zarzamoras.

ABSTRACT: Blackberries (*Rubus* spp) are a genetic resource that develops in mountainous areas of Mexico and are adapted to different climatic conditions, however, in Mexico there is no information for their use or in research programs. The objective of the present investigation was to determine the richness, distribution and diversity of wild blackberry species from the records of occurrence. The Worldclim database was used to know the climatic variables that determine its distribution. The echogeographic information was obtained from the REMIB-CONABIO database, which was submitted to the DIVA-GIS® 7.5 BIOCLIM algorithm. The information was analyzed by principal components and multiple correspondences. Results show that 42 blackberry species are found in Mexico and were distributed in the Trans-Mexican Volcanic Axis and Sierra Madre del Sur. Chiapas, Veracruz, the State of Mexico and Hidalgo presented greater richness (number of species present), while Chiapas and Veracruz presented greater diversity (percentage of each species with respect to the total number of species present). The minimum temperature and annual precipitation determine the potential distribution zones of blackberries. 51.9% of the blackberry species presented differences between species in relation to climatic requirements.

Key words: climate, diversity, *Rubus* spp., genetic resources, wild blackberries.

INTRODUCCIÓN

México es el cuarto país del mundo con mayor diversidad vegetal (Jiménez Sierra *et al.*, 2014; Villaseñor & Ortiz, 2014). Su diversidad biológica se debe principalmente a las condiciones fisiográficas, geológicas y climáticas que se presentan en el territorio mexicano, lo que genera una gama de nichos ecológicos (Cevallos-Ferriz & Huerta-Vergara, 2016; Fragoso *et al.*, 2014; Rzedowski, 1994). En México existen 712 especies frutales que pertenecen a 75 familias y 169 géneros, 32 de las especies frutales nativas son aprovechadas de forma comercial, mientras que 620 son cultivadas en huertos familiares (Borys & Leszzyńska-Borys, 1997; Mendonça *et al.*, 2014; Muratalla Lua *et al.*, 2013). Dentro de esta diversidad de frutales se encuentran los materiales silvestres, como la zarzamora silvestre (*Rubus* spp) (Clark & Finn, 2014; Finn & Clark, 2011; Ibañez-Martínez, 2011; Labanca *et al.*, 2017), la cual se recolecta para el consumo personal o para el comercio local (Bassil *et al.*, 2010; La Mela, 2014; Schulp *et al.*, 2014).

El género *Rubus* spp pertenece a la familia Rosaceae, del que existen alrededor de 750 especies en el mundo (Huang & Hu, 2009; Ling-ti & Boufford, 2003). El género *Rubus* se subdivide en 12 subgéneros, encontrándose en el subgénero *Eubatus* las zarzamoras (Cancino-Escalante *et al.*, 2011). En México, de acuerdo con Rzedowski & Calderón de Rzedowski, (2005) se encuentran distribuidas 61 especies de zarzamoras. Las cuales se desarrollan en las zonas montañosas de México hasta Ecuador (Cancino-Escalante *et al.*, 2011; Ricárdez-Luna *et al.*, 2016). De estas especies no se tienen estudios de caracterización de germoplasma (Ibañez-Martínez, 2011; Mehmood *et al.*, 2014). Los Sistemas de Información Geográfica son auxiliares en la localización de las zonas donde se desarrollan o adaptan recursos fitogenéticos de interés, y contribuyen en la planeación de la colecta de germoplasma (Moreta *et al.*, 2013; Núñez-Colín & Escobedo-López, 2014; Padulosi *et al.*, 2014); el modelo Bioclim a partir de la base de datos Worldclim permite la determinación de la riqueza y diversidad de las especies e identifica las zonas de distribución potencial (Hijmans *et al.*, 2005; Pliscoff & Fuentes-Castillo, 2011; Timaná de la Flor & Cuentas Romero, 2015). El presente estudio tuvo como finalidad identificar la distribución de las especies silvestres de zarzamora en México con la ayuda del Análisis de Información Geográfica, se propuso también determinar la riqueza y diversidad de

las especies de zarzamora (*Rubus* subgenus *Eubatus*) en México y conocer los factores climáticos asociados a la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamoras.

MATERIALES Y MÉTODO

Se utilizó el modelo BIOCLIM de DIVA GIS® para obtener la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora en base a las zonas climáticas adecuadas para el desarrollo de recursos fitogenéticos en cuadrículas de 2.5 minutos, tanto de latitud y longitud de la ubicación de la especie de estudio, el algoritmo busca climas similares y otorga una calificación para la adaptación o no de la especie en una determinada región geográfica.

También se obtuvo información de 653 sitios con datos completos de colecta de 42 especies silvestres de *Rubus* (subgenus *Eubatus*), con sus respectivos datos de pasaportes ecogeográficos (altitud, longitud y latitud), en la base de datos (REMIB, 2018). Los datos de pasaporte ecogeográficos de los sitios de colecta se analizaron con el algoritmo Bioclim de DIVA-GIS® versión 7.5 con lo que se obtuvo la distribución general, riqueza (estimador de riqueza de Chao) y diversidad (índice de diversidad de Margalef) de especies con la metodología propuesta por Núñez-Colín & Goytia-Jiménez (2009).

Para el análisis de riqueza y diversidad de las especies, se exportaron los datos de pasaportes ecogeográficos al programa DIVA GIS® 7.5; el tamaño de la celda fue 0.25 grados y la escala de los colores del mapa fué de menor a mayor intensidad (verde, amarillo y rojo), representando el color rojo la mayor riqueza y diversidad.

Modelo de las zonas de distribución potencial de las especies de zarzamoras silvestres

El modelo de zonas de distribución con la base de datos Worldclim se realizó utilizando el algoritmo BioClim (Busby, 1991) en DIVA GIS® de acuerdo con Núñez-Colín (2010) y Núñez-Colín & Goytia-Jiménez (2009), con datos climáticos de 1950 al 2000, se utilizó la herramienta Ecological Niche Models con la finalidad de eliminar localidades cuya proximidad se considera como una sola localidad.

Con el programa de DIVA GIS® 7.5 (Hijmans *et al.*, 2004) se obtuvieron los datos climatológicos de temperatura promedio anual (B1), rango medio diario (temperatura máxima-temperatura mínima; promedio mensual) (B2), isothermalidad $(B1/B7)*100$ (B3), estacionalidad de la temperatura (B4), temperatura máxima del periodo más caliente (B5), temperatura mínima del periodo más frío (B6), rango anual de temperatura (B5-B6) (B7), temperatura media en el trimestre más lluvioso (B8), temperatura promedio en el trimestre más seco (B9), temperatura promedio en el trimestre más caluroso (B10), temperatura promedio en el trimestre más frío (B11), precipitación anual (B12), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el período más seco (B14), estacionalidad de la precipitación (B15), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16), precipitación en el trimestre más seco (B17), precipitación en el trimestre más caluroso (B18) y precipitación en el trimestre más frío (B19) y se exportaron en formato Excel para su posterior análisis.

Análisis de componentes principales, clúster jerárquico y discriminante y análisis de correspondencias múltiples (ACM)

Con datos de los factores climáticos se realizó el análisis de componentes principales (ACP) y el análisis de correspondencias múltiples (ACM). El análisis cluster jerárquico se realizó con el método de UPGM y la distancia euclidiana al cuadrado. Además del análisis de correlación de Stepwise y análisis discriminante de Mahalanobis entre especies. Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete estadístico SAS (SAS, 2004).

RESULTADOS

Las especies de zarzamoras silvestres encontradas en los 653 sitios con datos completos de colecta reportadas en la base de datos de REMIB (2018), así como su distribución se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Sitios de registro de colecta con datos completos con presencia de especies del género *Rubus* en México disponibles en la base de datos de la Red Mundial de Información Sobre Biodiversidad, Comisión Nacional Para el Conocimiento y Conservación de la Biodiversidad (REMIB, 2018).

Especie	No. de Sitios	Distribución en México
<i>Rubus aboriginum</i> Rydb.	8	Hidalgo, Veracruz, Nuevo León, San Luis Potosí
<i>Rubus adenotrichos</i> Schldtl	119	Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla, Chiapas, Veracruz, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Ciudad de México, Durango, Colima.
<i>Rubus apogaeus</i> L.H. Bailey	1	Coahuila
<i>Rubus arizonensis</i> Focke	4	Sonora, Durango
<i>Rubus arizonicus</i> Rydb.	2	Nuevo León
<i>Rubus caudatisepalus</i> Calderón	6	Ciudad de México, Nuevo León, Oaxaca.
<i>Rubus coriifolius</i> Weihe	68	Michoacán, Durango, Chiapas, Sinaloa, Veracruz, Guerrero, Jalisco, Tamaulipas, Nuevo León, Morelos, Baja California, Hidalgo.
<i>Rubus eriocarpus</i> Liem.	35	Veracruz, Chiapas, Tamaulipas, Durango.
<i>Rubus fagifolius</i> Schldtl.	35	Veracruz, Chiapas, Guanajuato, Tlaxcala.
<i>Rubus flagelaris</i> Willd.	14	Nuevo León
<i>Rubus floribundus</i> Weihe	2	Veracruz
<i>Rubus glaucus</i> Benth	4	Oaxaca, Chiapas
<i>Rubus hadrocarpus</i> Standley	4	Chiapas
<i>Rubus hispidus</i> L.	1	Tamaulipas
<i>Rubus humistratus</i> Steud	17	Veracruz, Tamaulipas, Hidalgo, Jalisco, Chihuahua, Chiapas, Sinaloa
<i>Rubus idaeus</i> L.	23	Nuevo León, Coahuila
<i>Rubus irasvensis</i> Liem.	1	Michoacán.
<i>Rubus leucodermis</i> Dougl. ex Torr. & A. Gray.	11	Chihuahua
<i>Rubus liebmannii</i> Focke	45	Veracruz, Oaxaca, Michoacán, Estado de México, Hidalgo, Ciudad de México, Morelos, Jalisco, Querétaro, Durango.
<i>Rubus mcvaughianus</i> (M.C.Johnst.) Sojak	4	Querétaro
<i>Rubus miser</i> Liem	1	Veracruz
<i>Rubus nelsonii</i> Rydb	2	Jalisco
<i>Rubus neomexicanus</i> A. Gray	1	Coahuila
<i>Rubus occidentalis</i> Focke	1	Oaxaca
<i>Rubus odoratus</i> L.	1	Tlaxcala
<i>Rubus oligospermus</i> Thorn. ex Rydb.	1	Durango
<i>Rubus palmeri</i> Rydb	19	Veracruz, Hidalgo, Durango, Chiapas, Chihuahua, Sonora, Sinaloa
<i>Rubus parviflorus</i> Nutt	1	Hidalgo
<i>Rubus pringlei</i> Rydb	38	Nayarit, Veracruz, Puebla, Michoacán, Estado de México, Ciudad de México, Hidalgo, Durango, Chihuahua, Oaxaca, Tamaulipas,
<i>Rubus pumilus</i> Focke	33	Michoacán, Ciudad de México, Estado de México, Durango, Michoacán, Tlaxcala.

<i>Rubus rosifolius</i> Sm	1	Veracruz
<i>Rubus sapidus</i> Schldtl	34	Chiapas, Veracruz, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Michoacán, Querétaro, Morelos.
<i>Rubus scandens</i> Juss.	2	Veracruz
<i>Rubus schiedeanus</i> Steud	24	Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Morelos
<i>Rubus sierrae</i> Laferr.	1	Chihuahua
<i>Rubus idaeus</i> subsp. <i>strigosus</i> (Michx.) Focke.	3	Coahuila, Nuevo León
<i>Rubus trichomallus</i> Schldtl.	2	Chiapas
<i>Rubus trilobatus</i> Yü et Lu	1	Oaxaca
<i>Rubus trilobus</i> Ser	66	Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Puebla.
<i>Rubus ursinus</i> Cham. & Schldtl.	1	Baja California
<i>Rubus urticifolius</i> Poir	9	Oaxaca, Chiapas, Veracruz.
<i>Rubus verae-crucis</i> Rydb.	7	Veracruz

Las zarzamoras silvestres se distribuyeron principalmente en la región biogeográfica del Eje Volcánico Transmexicano, y la Sierra Madre del Sur y en menor proporción en la Sierra Madre Occidental y Oriental, Cuenca de Balsas, Costa Pacífico de México y Golfo de México (Tabla 1). La mayor riqueza de especies de zarzamoras se encontró en Chiapas, Veracruz, Estado de México e Hidalgo (4-6 especies), (Fig. 1). Chiapas y Veracruz presentaron la mayor diversidad de especies de acuerdo al índice de Margaleff (2.08 a 2.6 percentiles), seguidos por Oaxaca e Hidalgo (1.56 a 2.08 percentiles) (Fig. 2).

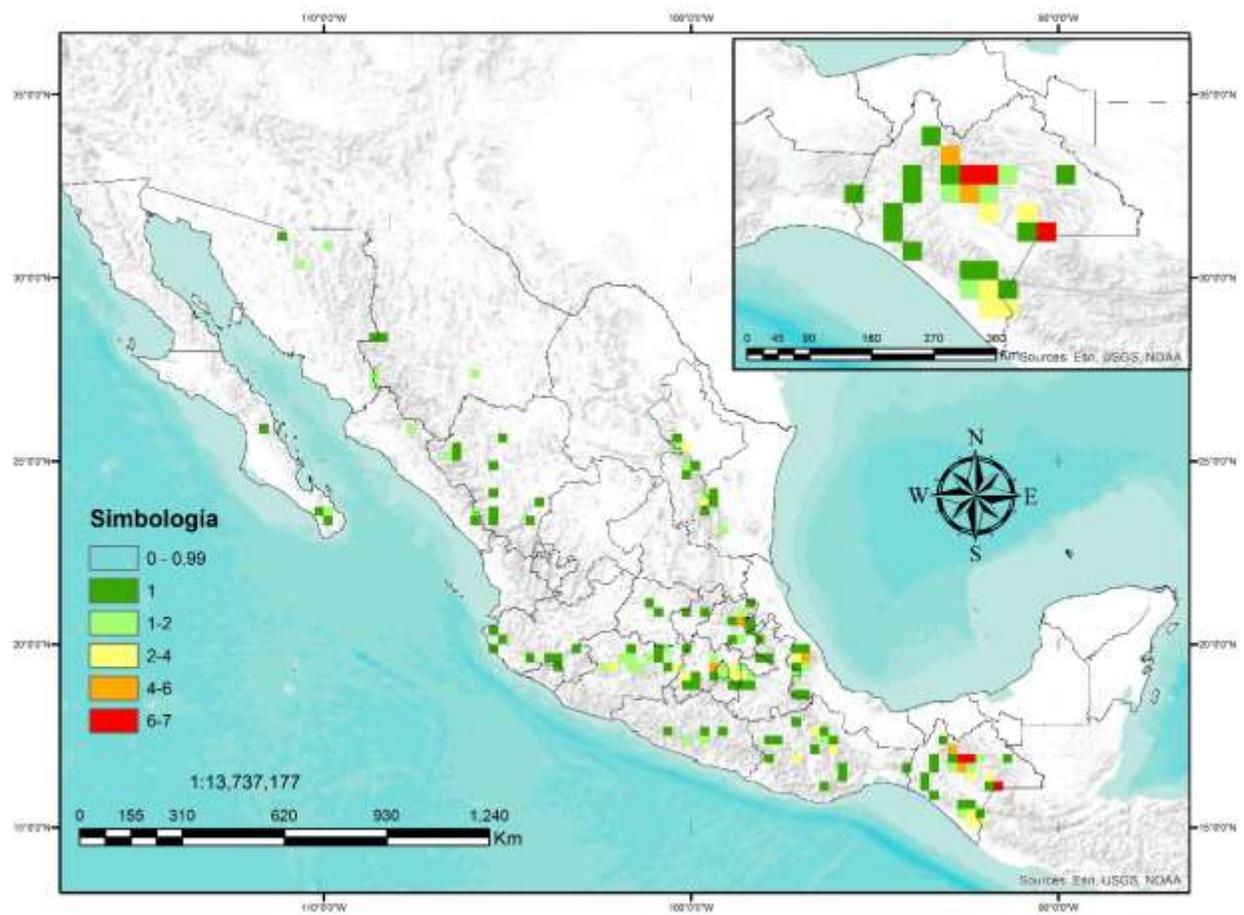


Fig. 1. Riqueza de las 42 especies de zarzamoras silvestres en México, con datos disponibles en (REMIB, 2018).

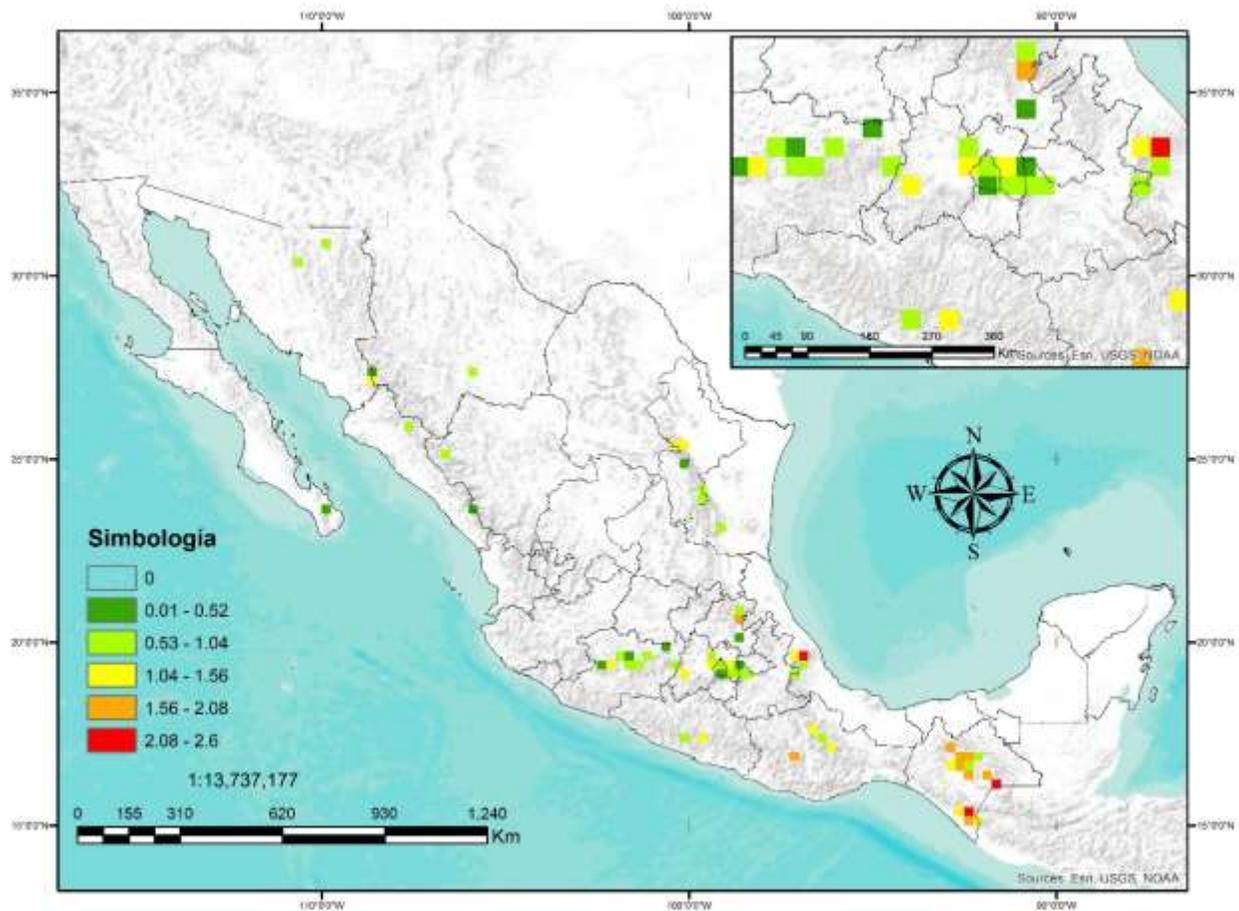


Fig. 2. Diversidad de las 42 especies de zarzamosas silvestres en México, de acuerdo al índice de Margaleff con datos disponibles en (REMIB, 2018).

En el análisis de componentes principales, los primeros dos componentes explicaron 71.9% de la variación (Tabla 2). En el CP1 y CP2, la temperatura mínima (B5) y precipitación anual (B12) destacaron en la distribución potencia de las especies silvestres de zarzamora (Fig. 3).

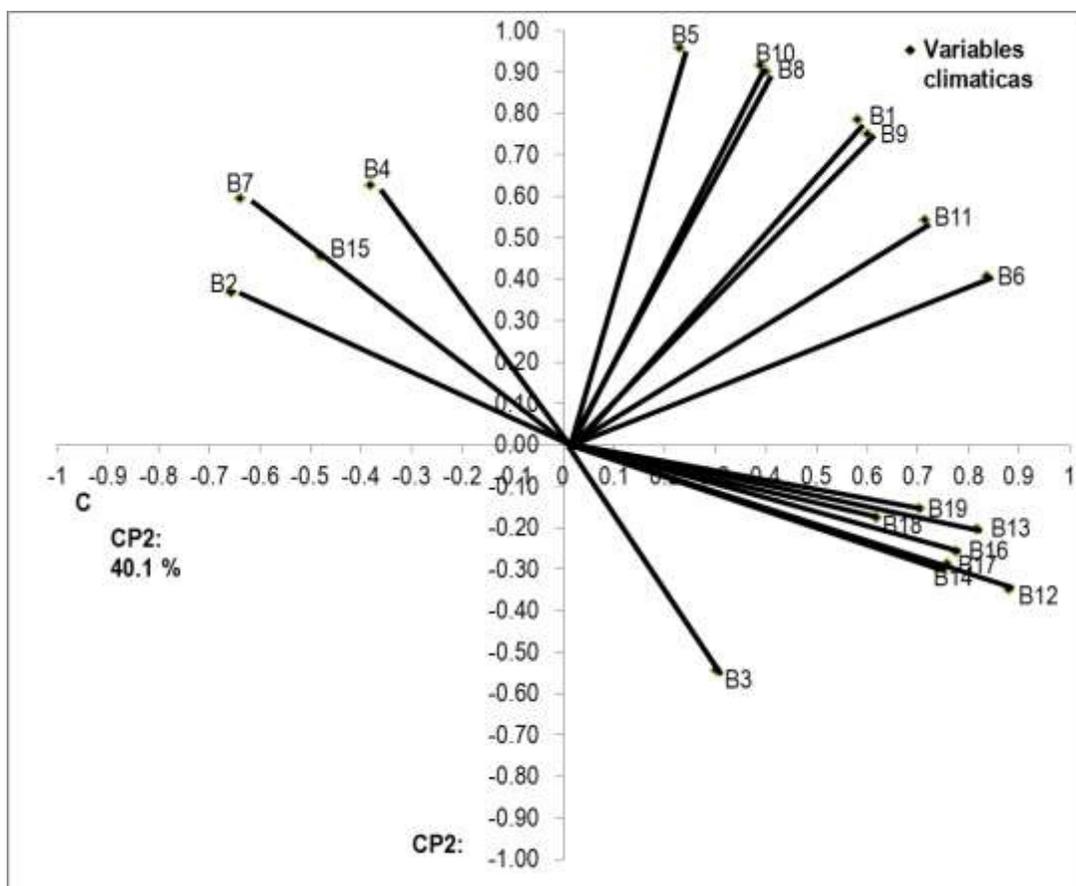


Fig. 3. Asociación de los elementos climáticos sobre los dos primeros componentes principales que caracterizan la adaptación de las zarzamoras silvestres en México: temperatura promedio anual (B1), rango medio diario (Temperatura máxima-temperatura mínima; promedio mensual) (B2), isothermalidad $(B1/B7) \times 100$ (B3), estacionalidad de la temperatura (B4), temperatura máxima del periodo más caliente (B5), temperatura mínima del periodo más frío (B6), rango anual de temperatura (B5-B6) (B7), temperatura media en el trimestre más lluvioso (B8), temperatura promedio en el trimestre más seco (B9), temperatura promedio en el trimestre más caluroso (B10), temperatura promedio en el trimestre más frío (B11), precipitación anual (B12), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el periodo más seco (B14), estacionalidad de la precipitación (B15), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16), precipitación en el trimestre más seco (B17), precipitación en el trimestre más caluroso (B18) y precipitación en el trimestre más frío (B19).

Tabla 2. Valores propios y proporción de la varianza explicada en análisis de componentes principales (ACP).

Componente	Autovalor	Diferencia	Proporción	Acumulada
CP1	7.619	1.567	0.401	0.401
CP2	6.051	3.806	0.318	0.719
CP3	2.245	0.945	0.118	0.837
CP4	1.299	0.523	0.068	0.906

CP: Componente principal

El ACM con dos factores explicaron el 80.7% de la variación total. Los factores climáticos que determinaron los dos primeros factores fueron: temperatura máxima del período más caliente, temperatura promedio en el trimestre más caluroso, temperatura mínima del período más frío, temperatura media en el trimestre más lluvioso, precipitación anual y precipitación en el trimestre más lluvioso.

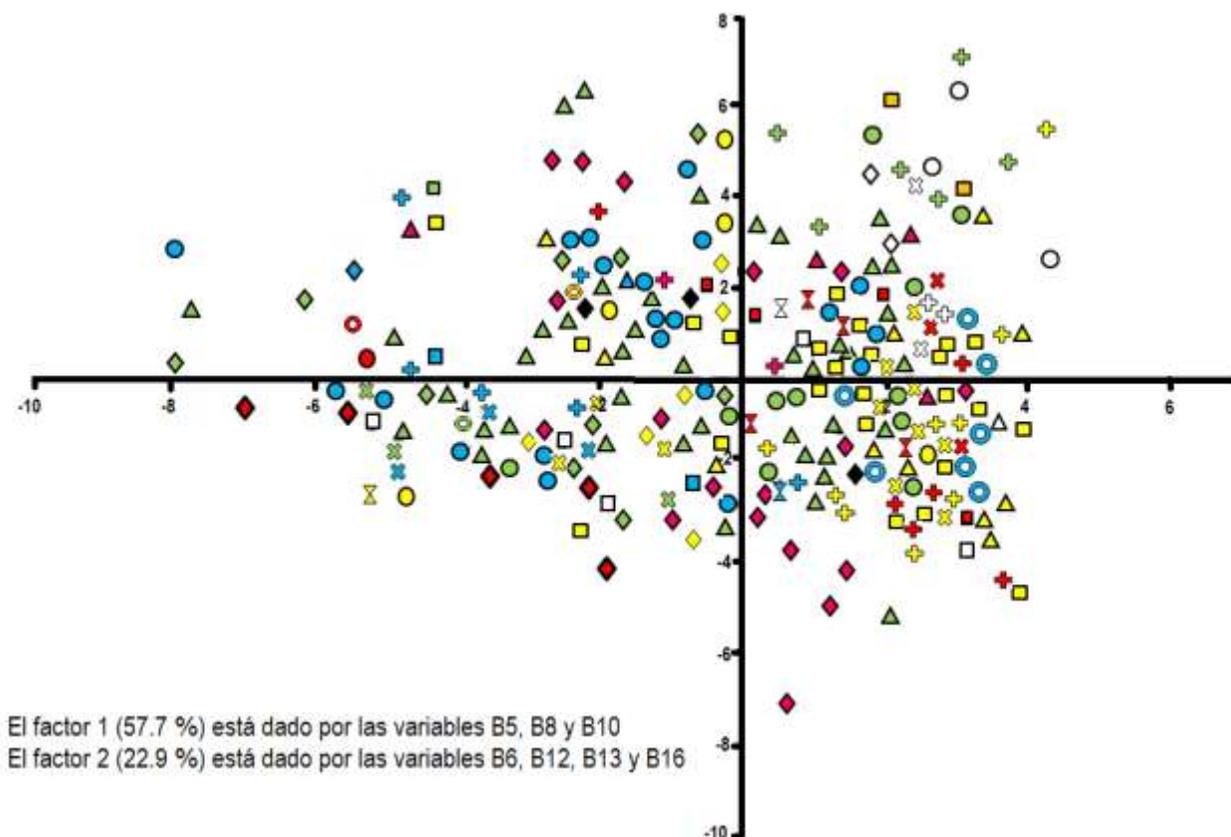


Fig. 4. Dispersión de las especies silvestres de zarzamora sobre el plano de los dos primeros factores: \blacklozenge) *Rubus aboriginum* Rydb, \blacktriangle) *R. adenotrichos* Schltld., \boxtimes) *Rubus apogaeus* L. H. Bailey \blacklozenge) *R. arizonicus* Rydb \blacklozenge) *R. arizonensis* Focke, \bullet) *R. caudatisepalus* Calderón, \bullet) *R. coriifolius* Weihe, \blacklozenge) *R. hispidus* L., \blacksquare) *R. eriocaupus* Liem., \oplus) *R. fagifolius* Schltld., \blacksquare) *R. flagelaris* Willd., \square) *R. floribundus* Weihe, \blacklozenge) *R. hadrocarpus* Standley, \blacktriangle) *R. humistratus* Steud, \blacklozenge) *R. idaeus* L., \blacksquare) *R. irasvensis* Liem., \bullet) *R. leucodermis* Dougl. Ex Torr. & A. Gray, \bullet) *R. liebmanii* Focke \times) *R. mcvaughianus* (M.C.Johnst.) Sojak, \times) *R. miser* Liem, \blacklozenge) *R. nelsonii* Rydb, \odot) *R. neomexicanus* A. Gray \blacktriangle) *R. occidentalis* Focke, \blacktriangle) *R. odoratus* L., \blacksquare) *R. oligospermus* Thorn. ex Rydb., \oplus) *R. palmeri* Rydb, \circ) *R. parviflorus* Nutt., \blacktriangle) *R. pringlei* Rydb, \oplus) *R. pumilus* Focke, \boxtimes) *R. rosifolius* Sm, \bullet) *R. sapidus* Schltld., \bullet) *R. scandens* Juss. \oplus) *R. schiedeianus* Steud, \bullet) *R. sierrae* Laferr. \bullet) *Rubus idaeus* subsp. *strigosus* (Michx.) Focke. \oplus) *R. trichomallus* Schltld., \bullet) *R. trilobatus* Yü et Lu, \blacklozenge) *R. trilobus* Ser, \blacktriangle) *R. trivialis* Michx., \times) *R. urticifoliosus* Poir, \oplus) *R. ursinus* Cham. et Schltld. y \blacktriangle) *R. verae-crucis* Rydb.

Se utilizó el procedimiento de selección de variables por el método hacia adelante (Stepwise), que permitió discriminar cuatro de 19 elementos climáticos: Temperatura mínima del periodo más frío (B6), precipitación en el periodo más lluvioso (B13), precipitación en el trimestre más lluvioso (B16) y precipitación en el trimestre más frío (B19) que presentaron una discriminación eficaz en la separación de cada una de los elementos climáticos (Tabla 3).

Tabla 3. Variables aceptadas y eliminadas.

Pasos	Variables aceptadas	Cuadrado mínimo					
		Estadística	Entre grupos	Estadística	Df1	Df2	Significancia
1	B16	0.000	7 y 36	0.000	1	321.000	0.987
2	B13	0.015	17 y 22	0.006	2	320.00	0.994
3	B6	0.059	3 y 9	0.063	3	319.000	0.979
4	B9	0.210	7 y 3	0.453	4	318.000	0.770

La distancia Mahalanobis se obtuvo de la comparación entre las 45 especies de zarzamoras silvestres. El 51.9% de las correlaciones entre las especies silvestres presentaron diferencias significativas ($P \geq 0.05$). Las especies *R. arizonensis* Focke, *R. flagelaris* Willd, *R. floribundus* Weihe, *R. hadrocarpus* Standley, *R. humistratus* Steud, *R. mcvaughianus* (M.C.Johnst.) Sojak, *R. palmeri* Rydb., *R. trichomallus* Schltdl. y *R. trilobus* Ser. presentaron mayor número de diferencias estadísticas significativas entre especies; por el contrario, las especies *R. adenotrichos* Schltdl, *R. eriocaupus* Liem, *R. fagifolius* Schltdl, *R. miser* Liebm, *R. nelsonii* Rydb, *R. occidentalis* Focke, *R. odoratus* L., *R. oligospermum* Thorn. ex Rydb., *R. parviflorus* Nutt, *R. rosifolius* Sm, *R. sapidus* Schltdl y *R. verae-crucis* Rydb mostraron menor número de diferencias estadísticas significativas en relación con las especies en estudio.

DISCUSIÓN

Los resultados de distribución general de *Rubus* muestran alta diversidad de especies de zarzamora en México. Lo que contrasta con lo reportado por Rzedowski & Calderón de Rzedowski (2005), quienes mencionan que en México existen 61 especies del género *Rubus*, lo que indica que falta reportar especies en la base de datos de REMIB (2018) para contar con toda la diversidad de las zarzamoras silvestres presentes en México, esto puede deberse también a la posibilidad de cambios recientes que se han realizado en la sistemática del grupo. El conocimiento de los recursos fitogenéticos permite el aprovechamiento de los mismos (Clark & Finn, 2014; Labanca *et al.*, 2017). Mientras que Finn *et al.*, (2002) mencionan que alrededor de 58 especies silvestres del género *Rubus* se han utilizado para el mejoramiento genético con las que se han obtenido variedades comerciales. Moreta *et al.*, (2013); Núñez-Colín & Escobedo-López (2014) y Padulosi *et al.* (2014), indican que estos resultados pueden ayudar a planear la colecta de germoplasma con la finalidad de abarcar la mayor variabilidad de la especie de interés. Mientras que Villaseñor & Téllez Valdés (2004) mencionan que los estudios de diversidad vegetal son útiles como fuente de información potencial para estudios taxonómicos y biogeográficos. Sobre lo mismo Leal-Nares *et al.*, (2012) menciona que los estudios de distribución potencial proporcionan información valiosa para la ejecución de estrategias de restauración que incluyan actividades de conservación y reforestación, tomando en cuenta diversos factores ambientales que determinan la aptitud del territorio para la especie. Las zonas de distribución obtenidas en el presente estudio coinciden con lo planteado por Ibañez-Martínez (2011), quien indica que en México las zarzamoras silvestres se desarrollan de forma adecuada

en zonas montañosas. Al respecto, Núñez Colín, (2009) mencionan que las regiones con alto o excelente distribución potencial son aptas para establecer un banco de germoplasma *in situ*.

La temperatura mínima y la precipitación anual destacan en la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora, al respecto Warmund & Byers (2002) mencionan que la zarzamora requiere para un buen desarrollo de flores y frutos, exposición a temperaturas bajas o unidades frío (UF) por debajo de 7 °C durante la brotación de yemas.

Cancino-Escalante *et al.*, (2011) mencionan que el sistema de reproducción de las plantas influye en la variabilidad, por el efecto de la hibridación entre especies. Mientras que Dossett *et al.*, (2012) mencionan que la diversidad genética que existe en las especies de *Rubus*, permite la variación de las características morfológicas, arquitectura de la planta, época de fructificación, vigor y tolerancia en enfermedades. Por lo que el germoplasma de las especies silvestres exhibe un rango de variación potencial que pueden ser empleados en un futuro en programas de mejoramiento genético.

CONCLUSIONES

Se encontraron 42 especies silvestres de zarzamoras distribuidas en las zonas montañosas del Eje Volcánico Transmexicano y Sierra Madre del Sur. Los estados de Morelos y Ciudad de México presentan la mayor riqueza, mientras que los estados de Chiapas e Hidalgo tienen la mayor diversidad. Los factores climáticos relacionados con la temperatura mínima y la precipitación anual determinaron la distribución potencial de las especies silvestres de zarzamora. El 51.9% de las especies silvestres de zarzamora presentaron diferencias en relación a los requerimientos climáticos.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento a la beca otorgada para estudios de Doctorado del M. C. Geremías Rodríguez Bautista y al Fideicomiso No.167304 para la Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, por el financiamiento al proyecto “Diversidad genética de poblaciones de zarzamora (*Rubus* spp)”. Se agradece también el apoyo al M. C. José Antonio Hernández Herrera para la elaboración y edición de los mapas de distribución, distribución potencial, riqueza y diversidad.

LITERATURA CITADA

- Bassil, N. V., Bunch, T., Nyberg, A., Hummer, K., & Zee, F. T. (2010). Microsatellite markers distinguish Hawaiian ohelo from other *Vaccinium* L. section *Myrtillos* species. *Acta Horticulturae*, 859, 81–88. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.859.7>
- Borys, M. W., & Leszzyńska-Borys, H. (1997). *El Potencial frutícola de la República Mexicana*.
- Busby, J. R. (1991). BIOCLIM - a bioclimate analysis and prediction system. In *Nature conservation: cost effective biological surveys and data analysis* (pp. 64–68). CSIRO. [https://doi.org/10.1016/0166-5162\(90\)90057-6](https://doi.org/10.1016/0166-5162(90)90057-6)
- Cancino-Escalante, G. O., Sánchez-Montaño, L. R., Quevedo-García, E., & Díaz-Carvajal, C. (2011). Caracterización fenotípica de accesiones de especies de *Rubus* L. de los municipios de Pamplona y Chitagá, región Nororiental de Colombia. *Universitas Scientiarum*, 16(3), 219. <https://doi.org/10.11144/javeriana.sc16-3.pcor>
- Cevallos-Ferriz, S. R. S., & Huerta-Vergara, A. R. (2016). Contexto geológico y fitogeografía de las plantas del Cretáceo de México. *Boletín Geológico y Minero*, 126 (January 2015), 21–36.

- Clark, J. R., & Finn, C. E. (2014). Blackberry cultivation in the world. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(1), 46–57. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-445/13>
- Dossett, M., Bassil, N. V., Lewers, K. S., & Finn, C. E. (2012). Genetic diversity in wild and cultivated black raspberry (*Rubus occidentalis* L.) evaluated by simple sequence repeat markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(8), 1849–1865. <https://doi.org/10.1007/s10722-012-9808-8>
- Finn, C., & Clark, J. R. (2011). Emergence of Blackberry as a World Crop. *Chronica Horticulturae*, 51(3), 13–18.
- Finn, C., Swartz, H., Moore, P. P., & Ballington, J. R. (2002). Use of 58 *Rubus* species in five North American breeding programmes - Breeders notes. *Acta Horticulturae*, 585(September), 113–119. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.585.15>
- Fragoso, P., Pereira, A., Frauto, O., & Bautista, F. (2014). Relación entre la geodiversidad de Quintana Roo y su biodiversidad. Relationship between geodiversity and biodiversity in. *Quivera*, 16, 97–125.
- Hijmans, R. J., Cameron, S. E., Parra, J. L., Jones, P. G., & Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25(15), 1965–1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Hijmans, R. J., Guarino, L., Bussink, C., Mathur, P., Cruz, M., Barrantes, I., & Rojas, E. (2004). *DIVA-GIS, Sistema de Información Geográfica para el Análisis de Datos de Distribución de Especies*. http://www.diva-gis.org/docs/DIVA-GIS4_manual_Esp.pdf
- Huang, J. Y., & Hu, J. M. (2009). Revision of *Rubus* (Rosaceae) in Taiwan. *Taiwania*, 54(4), 285–310. [https://doi.org/10.6165/tai.2009.54\(4\).285](https://doi.org/10.6165/tai.2009.54(4).285)
- Ibañez-Martínez, I. (2011). *Caracterización de zarzamora silvestre (Rubus sp) en la sierra norte y nororiente de Puebla y Sierra Centro de Veracruz*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Jiménez Sierra, C., Sosa Ramírez, J., Cortés Calva, P., Breceda Solís Cámara, A., Iñiguez Dávalos, L., & Ortega Rubio, A. (2014). México país megadiverso y la relevancia de las áreas naturales protegidas. *Investigación y Ciencia*, 22(60), 16–22.
- La Mela, M. (2014). Property rights in conflict: wild berry-picking and the Nordic tradition of allemansrätt. *Scandinavian Economic History Review*, 62, 266–289. <https://doi.org/10.1080/03585522.2013.876928>
- Labanca, R. A., De Oliveira, G. B., & Alminger, M. (2017). Berries: Cultivation and environmental factors effects on the phenolic compounds content. *African Journal of Agricultural Research*, 12(19), 1602–1606. <https://doi.org/10.5897/ajar2017.12141>
- Leal-Nares, Ó., Mendoza, M. E., Pérez-Salicrup, D., Geneletti, D., López-Granados, E., & Carranza, E. (2012). Distribución potencial del *Pinus martinicensis*: un modelo espacial basado en conocimiento ecológico y análisis multicriterio. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(4), 1152–1170. <https://doi.org/10.7550/rmb.27199>
- Ling-ti, L., & Boufford, D. E. (2003). *Rubus* Linnaeus sp. Pl. *Flora of China*, 9(1), 195–285.
- Mehmood, A., Jaskani, M. J., Khan, I. A., Ahmad, S., Ahmad, R., Luo, S., & Ahmad, N. M. (2014). Genetic diversity of Pakistani guava (*Psidium guajava* L.) germplasm and its implications for conservation and breeding. *Scientia Horticulturae*, 172, 221–232. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.04.005>
- Mendonça, M. A. F., Medeiros, M., Marques, F. C., & Ploeg, J. D. Van der. (2014). Redes de cooperación para sistemas agroalimentarios locales y sostenibles. *Leisa Revista de Agroecología*, 30, 5–7. <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/30-2/redes-de-cooperacion>
- Moreta, D. E., Mathur, P. N., Zonneveld, M. Van, Amaya, K., Arango, J., Selvaraj, M. G., & Dedicova, B. (2013). Current issues in cereal crop biodiversity. In *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology* (pp. 1–35). Springer. https://doi.org/10.1007/10_2013_263
- Muratalla Lua, A., Jaen-Contreras, D., & Arévalo-Galarza, L. (2013). La producción de frambuesa y la zarzamora en México. *Agroproductividad*, 6, 3–12.
- Núñez-Colín, C. A. (2010). DISTRIBUCIÓN Y CARACTERIZACIÓN ECO-CLIMÁTICA DEL MEMBRILLO CIMARRÓN (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) EN

Recibido:
22/octubre/2020

Aceptado:
4/julio/2021

- MÉXICO. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 16(3), 195–206.
- Núñez-Colín, C. A., & Escobedo-López, D. (2014). Characterization of plant germplasm: the cornerstone in the study of plant genetic resources. *Acta Agrícola y Pecuaría*, 1(1), 1–6.
- Núñez-Colín, C. A., & Goytia-Jiménez, M. A. (2009). Distribution and agroclimatic characterization of potential cultivation regions of physic nut in Mexico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44(9), 1078–1085. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2009000900002>
- Núñez Colín, C. (2009). Áreas prioritarias para coleccionar germoplasma de “*Crataegus*” L. en México con base en la diversidad y riqueza de especies. *Agricultura Técnica En México*, 35(3), 333–338.
- Padulosi, S., Amaya, K., Jäger, M., Gotor, E., Rojas, W., & Valdivia, R. (2014). A holistic approach to enhance the use of neglected and underutilized species: The case of andean grains in Bolivia and Peru. *Sustainability (Switzerland)*, 6(3), 1283–1312. <https://doi.org/10.3390/su6031283>
- Pliscoff, P., & Fuentes-Castillo, T. (2011). Modelación de la distribución de especies y ecosistemas en el tiempo y en el espacio: Una revisión de las nuevas herramientas y enfoques disponibles. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2011(48), 61–79. <https://doi.org/10.4067/s0718-34022011000100005>
- REMIB. (2018). *Rubus*. http://www.conabio.gob.mx/remib/cgi-bin/remib_distribucion.cgi
- Ricárdez-Luna, G., Aguilar-Rivera, N., Galindo-Tovar, M. E., & Debernardi-Vázquez, T. J. (2016). Diagnosis of blackberry (*Rubus* sp.) production in the central zone of Veracruz, México. *Agroproductividad*, 9(6), 34–38. http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2016/AGROPRODUCTIVIDAD_VI_2016.pdf
- Rzedowski, J. (1994). Resumen histórico de los estudios sobre la vegetación de México. In *Vegetación de México*. LIMUSA.
- Rzedowski, J., & Calderón de Rzedowski, G. (2005). *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Familia Rosácea. Fascículo 135 Rosáceae*. https://doi.org/10.1007/978-3-662-45139-7_84
- SAS. (2004). *SAS/STAT 9.1 User's Guide*. SAS Institute Inc.
- Schulp, C. J. E., Thuiller, W., & Verburg, P. H. (2014). Wild food in Europe: A synthesis of knowledge and data of terrestrial wild food as an ecosystem service. *Ecological Economics*, 105, 292–305. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2014.06.018>
- Timaná de la Flor, M., & Cuentas Romero, M. A. (2015). Biogeografía predictiva: técnicas de modelamiento de distribución de especies y su aplicación en el impacto del cambio climático. *Espacio y Desarrollo*, 27, 159–179. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201501.008>
- Villaseñor, J. L., & Ortiz, E. (2014). Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(SUPPL.), 134–142. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
- Villaseñor, J. L., & Téllez Valdés, O. (2004). Distribución potencial de las especies del género *Jefea* (Asteraceae) en México. *Anales Del Instituto de Biología. Serie Botánica*, 75(2), 205–220.
- Warmund, M. R., & Byers, P. L. (2002). Rest completion in seven blackberry (*Rubus* sp.) cultivars. *Acta Horticulturae*, 585, 693–696. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.585.115>

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE
***Echinocactus platyacanthus* LINK &**
OTTO (CACTACEAE)

GERMINATION AND GROWTH OF
***Echinocactus platyacanthus* LINK &**
OTTO (CACTACEAE)

Gómez-Serrano, G.; Joel Martínez, M.L. Arreguín-Sánchez y F. García Ochoa.

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO (CACTACEAE).

GERMINATION AND GROWTH OF *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO (CACTACEAE).

GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO DE *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO (CACTACEAE)GERMINATION AND GROWTH OF *Echinocactus platyacanthus* LINK & OTTO (CACTACEAE)G. Gómez-Serrano / gosegaby2017@gmail.com

Departamento de Biofísica, Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales
 Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
 Plan de Ayala y Carpio, Col. Santo Tomás, México, Ciudad de México, 11340

Joel Martínez

Facultad de Ciencias Químicas
 Universidad Autónoma de San Luis Potosí
 Av. Dr. Manuel Nava 6, San Luis Potosí, México, 78210

M.L. Arreguín-Sánchez

Departamento de Botánica, Laboratorio de Fanerógamas
 Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,
 Plan de Ayala y Carpio, Col. Santo Tomás, México, Ciudad de México, 11340

F. García Ochoa

Departamento de Biofísica, Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales
 Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas
 Plan de Ayala y Carpio, Col. Santo Tomás, México, Ciudad de México, 11340

Gómez-Serrano, G.;
 Joel Martínez,
 M.L. Arreguín-Sánchez
 y F. García Ochoa

GERMINACIÓN Y
 CRECIMIENTO DE
Echinocactus platyacanthus
 LINK & OTTO
 (CACTACEAE)

GERMINATION AND
 GROWTH OF *Echinocactus*
platyacanthus LINK & OTTO
 (CACTACEAE)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 117-133. Julio 2021

DOI:
 10.18387/polibotanica.52.9

RESUMEN: *Echinocactus platyacanthus* es una cactácea endémica de México y es una de las plantas más sobreexplotadas por sus propiedades alimenticias ya que de ella se obtiene el dulce conocido como acitrón, presenta una amplia distribución en el país, y no se cuenta con un plan de manejo que garantice la conservación *in situ* para la producción de este dulce. Este taxón se encuentra catalogado como especie en posible riesgo de extinción. En este trabajo se estudió la germinación *in vitro* y *ex vitro* además de evaluar los efectos de los reguladores de crecimiento vegetal en respuesta al crecimiento de *E. platyacanthus* bajo condiciones controladas. Se alcanzó un 70% de germinación después de 28 días de la siembra en MS al 50% de su concentración original, seguida de un 60% en tierra negra y de un 46% en tierra negra + agrolita. El uso de la citocinina BAP en concentraciones de 0.5 mgL⁻¹ y de la auxina ANA en concentraciones de 5 mgL⁻¹ en cultivos *in vitro* aceleraron el crecimiento de los explantes apicales y basales obteniendo plántulas completas con tallas de hasta 1.8 cm de altura y 2.25 cm de diámetro, con una biomasa fresca de 2.3 g en un lapso de 70 días de cultivo después de la siembra de la semilla, por lo que la combinación de ambos protocolos de germinación y crecimiento, ofrecen una alternativa para la obtención de plántulas vigorosas en un tiempo corto para su posterior establecimiento en invernadero y su futuro aprovechamiento en la elaboración de acitrón de manera sustentable, contribuyendo así, a la protección de sus poblaciones *in situ*.

Palabras clave: *Echinocactus platyacanthus*, acitrón, germinación, crecimiento acelerado, protección especial.

ABSTRACT: *Echinocactus platyacanthus* is an endemic cactus of Mexico and, this plant, it is one of the most overexploited cacti, due to food characteristics, because from this cactus it is obtained the sweet soft known as acitron, also this cactus is widely

distributed in Mexico, but a management plan has not been created yet, in order to guarantee the *in vitro* sustainable use. In addition, it is important to note, that this specimen is listed as an extinction species risk. Consequently, the goals in this work were to develop a comparative study between *in vitro* and *ex vitro* germination; in addition, to know the effects of the vegetal growth regulators for *E. platyacanthus* with controlled conditions. In this work was obtained 70% of germination after 28 days of cultivation after sowing employing 50% MS from original concentration, then 60% using black soil and 46% with black soil + agrolite. Regarding growth regulators, the cytokinin BAP or auxin ANA with 0.5 mgL⁻¹ concentration the *in vitro* culture accelerated the growth of apical and basal explants with vigorous seedlings with height size up to 1.8 cm, and diameter size of 2.25 cm, with fresh weight of 2.3 g in a period of 70 days of cultivation after sowing; consequently, the use of both protocols of germination and growth offers one alternative in short time for the production of vigorous seedling for later establishment of this specimen in greenhouse for their future consumption and acitron production, and contributing to specimens *in situ* protection.

Key words: *Echinocactus platyacanthus*, acitron, germination, accelerated growth, special protection.

INTRODUCCIÓN

Las cactáceas son un grupo de plantas con características biológicas y ecológicas particulares que las hacen vulnerables a diversos factores de perturbación naturales y humanos, además, poseen tasas bajas de crecimiento y a menudo sus ciclos de vida son largos (Álvarez *et al.*, 2017); (Castañeda-Romero *et al.*, 2016). Estas plantas se han convertido en un grupo sensible a la extinción (Jiménez-Sierra *et al.*, 2007). La familia Cactaceae presenta su máxima diversidad e importancia en el territorio mexicano con alrededor de 670 especies, de las cuales cerca del 80% son endémicas (Talonía *et al.*, 2014);(Jiménez-Sierra, 2011); no obstante, el empobrecimiento biológico de las comunidades desérticas y semidesérticas de México es causado por la extracción ilegal de ejemplares adultos completos y a la comercialización de su parénquima para la elaboración del acitrón (Jiménez-Sierra & Eguiarte, 2010).

Echinocactus platyacanthus es endémica de México y también es conocida como biznaga tonel, biznaga dulce o acitrón (Bravo Holis & Sánchez Mejorada, 1978); está ampliamente distribuida en las zonas áridas del altiplano central, así como en los estados de Oaxaca y Puebla (Guzmán *et al.*, 2003). Sin embargo, la SEMARNAT en las últimas décadas ha incluido a esta especie en la NOM-059, con el estatus de especie Pr-sujeta a protección especial (SEMARNAT, 2002), es decir, es una especie con limitaciones en su aprovechamiento por tener poblaciones reducidas; también, esta reportada en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (IUCN por sus siglas en inglés) en la categoría de “casi amenazada”(Hernández *et al.*, 2017), por lo que se considera importante conservar su germoplasma mediante técnicas de propagación adecuadas como las de laboratorio.

El conocimiento de los procesos reproductivos así como la dinámica poblacional de especies vegetales, permite mantener las estrategias de uso sustentable o de protección de estos recursos; al respecto, se ha reportado la simulación del crecimiento poblacional proyectado a un tiempo de 100 años para *Echinocactus platyacanthus* (Jiménez-Sierra & Matías Palafox, 2015), en este estudio se determinó que es imposible llevar a cabo la permanencia de plántulas y los estadíos de plántula a juvenil, así como de juvenil a adulto en condiciones naturales. En este sentido, es importante mencionar que algunas zonas donde esta cactácea crece, se ha encontrado que sus poblaciones son de tipo recesiva, por lo que tienen un mayor riesgo de extinguirse (Castañeda-Romero *et al.*, 2016). Al respecto, una alternativa de gran impacto y viabilidad para micropropagar especies con importancia biológica, ecológica y económica son las técnicas de cultivo *in vitro* con las que es posible controlar factores abióticos como humedad relativa, fotoperiodo, pH, entre otros, con la finalidad de obtener un gran número de plantas a partir de una o bien, de manera alterna, alcanzar porcentajes de germinación elevados, cuidando los

factores que determinan este proceso biológico (Gómez-Serrano *et al.*, 2010). La producción de plántulas depende del método empleado para efectuar el proceso de germinación y del conocimiento biológico que se tenga de la semilla. No obstante, existen especies que aún no han sido examinadas para este proceso de producción y el conocimiento biológico es muy limitado (Castillo Reyes *et al.*, 2014).

Los reportes sobre germinación para la especie *E. platyacanthus*, se basan mayormente en la aplicación de tratamientos pre-germinativos, por ejemplo, mediante el empleo de ácidos fuertes (Rosas López, 2002); (Navarro *et al.*, 2014), por inoculación con *Bacillus* spp., *Trichoderma* spp., *Glomus intraradices* y Rizobacterias halofíticas (Castillo Reyes *et al.*, 2014), usando semillas provenientes de la defecación de ganado caprino (Baraza & Fernández-Osores, 2013), mediante ciclos de hidratación y deshidratación (Contreras Quiroz *et al.*, 2016); o con el uso de semillas vivíparas (Aragón-Gastélum *et al.*, 2017).

Con respecto a la micropropagación, a través de la técnica de cultivo de tejidos vegetales son escasos los estudios reportados y de manera general están dirigidos hacia la formación de brotes (Rodríguez González, 2006).

Los propósitos de este trabajo fueron estudiar la germinación *in vitro* y *ex vitro* evaluando también los efectos de los reguladores de crecimiento vegetal y acelerando la talla y la biomasa de *E. platyacanthus* para la obtención de plántulas vigorosas, que puedan mantenerse posteriormente en el invernadero como una alternativa sustentable y de conservación de las poblaciones naturales.

MATERIALES Y MÉTODO

Durante el mes de septiembre del 2017, se recolectaron porciones del tallo globoso con parte de las costillas, areolas y espinas, así como flores, frutos y semillas maduras de *E. platyacanthus* en el cerro de los Ramírez en la Localidad de San Antonio, Municipio de Tecozautla, Hidalgo, México, en las coordenadas (20° 33' 16.25760'' LN y -99° 44' 22.0020'' LW), a una altitud de 1793 m (Fig. 1). El suelo que predomina en esta zona es feozem háplico y calcárico, xerosol háplico con litosol y regosol éutrico (Rojas *et al.*, 2013). La vegetación que se observó en el lugar de la recolecta, está conformada principalmente por matorral xerófilo con biznagas *Ferocactus latispinus* (Haw.) Britton y Rose; pitaya *Isolatocereus dumortieri* (Scheidw.) Backeb.; huizache *Acacia farnesiana* (L.) Willd.; maguey *Agave americana* L., *A. lechuguilla* Torr., *A. striata* Zucc.; nopal *Opuntia joconostle* A. AC Weber, *O. tomentosa* Salm-Dyck; pirul *Schinus molle* L. y pino *Pinus cembroides* Zucc. (Fig. 2). Los materiales vegetales recolectados se prensaron y se llevaron al Laboratorio de Fanerógamas de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB), donde se eliminó la mayor cantidad del parénquima de reserva de las muestras del tallo y se colocaron en una secadora botánica al igual que las flores y algunos frutos. Las semillas que expulsaban los frutos maduros no se incluyeron a la secadora, estos se guardaron en bolsas negras que fueron las que se utilizaron para el experimento de germinación.

Los materiales recolectados contenían frutos amarillentos, elipsoidales a globosos, de 4 a 7 cm de largo, cubiertos con tricomas y escamas, eran secos o semicarnosos con dehiscencia irregular, caracteres que corresponden a un tipo de frutos llamado cápsula (Kessler & Stuppy, 2014). Las semillas medían de 1.6 a 2.5 mm de largo, ampliamente ovadas a globulosas, testa negra a pardo oscura con tonos castaños, brillantes y reticuladas, típicas de Cactaceae (Niembro Rocas, 1989). Cuando los frutos de estas plantas están maduros es fácil reconocerlos, debido a que las cápsulas se abren y dejan salir las semillas, lo que indica la madurez en este órgano y de los elementos seminales (Fig. 3).



Fig. 1. Mapa de la zona de recolecta San Antonio Tecozautla, Hidalgo.



Fig. 2. Vegetación actual del cerro de los Ramírez.



Fig. 3. Biznaga tonel con frutos conteniendo semillas.

Las plantas recolectadas ya secas se colocaron en una cámara con cloroformo por 48 h para detener el desarrollo de huevecillos u organismos vivos de insectos o esporas de hongos. Después el material se identificó, etiquetó y el mejor espécimen se cosió en una cartulina bristol con las medidas convencionales para los herbarios, posteriormente se colocó el ejemplar seleccionado dentro de una bolsa de plástico y se metió en un congelador Tappan a -20°C por 72 h antes de incorporarlo al herbario (ENCB). Para la identificación de los ejemplares recolectados se utilizaron documentos especializados como el de la Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Arias *et al.*, 2012) y el de las cactáceas ornamentales del desierto Chihuahuense (Villavicencio-Gutiérrez *et al.*, 2010), finalmente el ejemplar fue depositado en la colección del herbario para formar parte del acervo (Fig. 4).



Fig. 4. *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.

Germinación de las semillas

In vitro.

Las semillas recolectadas en el campo se lavaron con agua y detergente en polvo de la marca ROMA® y se desinfectaron superficialmente con etanol (C₂H₅OH) al 70% v/v durante un min, seguido de una inmersión por 15 min en una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 1.5% de cloro activo (Cl₂) y tres lavados con agua destilada estéril. Las semillas se remojaron con agua destilada durante 24 h (tratamiento pre-germinativo) y se colocaron en frascos de vidrio con 20 mL de medio nutritivo MS al 50% de su concentración original (15 gL⁻¹ de sacarosa y 7 gL⁻¹ de agar como agente gelificante, manteniendo un pH de 5.8). Se depositaron 25 semillas en cada frasco y se registró el porcentaje de germinación al término del experimento, se consideró que la germinación inicia cuando emerge la radícula. Todos los frascos se mantuvieron durante cuatro semanas en un cuarto de cultivo con un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad a una temperatura entre 23 °C y 25 °C, con una intensidad luminosa de 364 μmol m⁻²s⁻¹. Los experimentos se realizaron por triplicado.

Ex vitro.

Para la germinación *ex vitro*, se utilizaron semillas que se desinfectaron con el método descrito anteriormente, estas se remojaron en agua destilada estéril durante 24 h (tratamiento pre-germinativo). Las semillas se sembraron en charolas de plástico homogéneas, cada una con 25 semillas en cuatro sustratos diferentes previamente esterilizados: tierra negra + tezontle + agrolita (S1), tierra negra + agrolita (S2), tierra negra (S3) y tierra del sitio de recolecta (S4). Las semillas se sembraron superficialmente y se registró el porcentaje de germinación al final de las cuatro semanas, se consideró que esta inicia cuando emerge la radícula. Todas las charolas se mantuvieron en un cuarto de cultivo con un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad, en un rango de temperatura entre 23 °C y 25°C con una intensidad luminosa de 364 μmol m⁻²s⁻¹ y riego de una vez a la semana. Los experimentos se realizaron por triplicado.

Promoción de crecimiento *in vitro*

Para este experimento se llevó a cabo un diseño factorial de cuatro medios de crecimiento, empleando como base MS al 100% y con diferentes combinaciones de reguladores, conservando la relación de 10:1 de auxinas y citocininas: M1: 0.5 mgL⁻¹ de 6-Bencilaminopurina (BAP); M2: 5 mgL⁻¹ de ácido 1-naftalenacético (ANA) + 0.5 mgL⁻¹ de BAP; M3: 5 mgL⁻¹ de ANA y M4: MS al 100% sin reguladores de crecimiento como control (Gómez-Serrano *et al.*, 2010).

Las plántulas obtenidas de la germinación *in vitro* se seccionaron transversalmente y se obtuvieron explantes apicales y basales de aproximadamente 0.5 cm de altura, los cuales se colocaron en cada frasco de vidrio con los medios descritos anteriormente, colocando en cada frasco 10 explantes, 5 apicales y 5 basales. Todos los frascos contenían 20 mL de medio con 30 gL⁻¹ de sacarosa, 7 gL⁻¹ de agar como agente gelificante, manteniendo un pH de 5.8 y se colocaron en un cuarto de cultivo con un fotoperiodo de 16 h de luz y 8 h de oscuridad, en un rango de temperatura de 23 °C a 25 °C y una intensidad luminosa de 364 μmol m⁻²s⁻¹. Los experimentos se realizaron por triplicado y al cabo de seis semanas se tomaron medidas de altura y diámetro empleando un calibrador vernier Mitutoyo, modelo 530-101 con un error instrumental de ± 0.05 mm, la biomasa fresca se registró mediante una balanza digital OHAUS, modelo PR124 con una resolución de 0.0001 g.

Análisis estadístico

Para la comparación de medias en el experimento de germinación se utilizó la prueba de Tukey con $p < 0.05$ para considerar diferencia significativa entre los porcentajes finales de germinación (Wong González, 2010). Se utilizó el software estadístico MINITAB® 20.2.

El diseño experimental que se aplicó en el experimento de crecimiento acelerado fue el diseño completamente aleatorizado con un criterio de clasificación conocido como ANOVA de una

vía. Para la comparación de medias se empleó la prueba de Dunnet con un valor $p < 0.05$ para considerar que hubo diferencias significativas (Wong González, 2010). Se utilizó el software estadístico MINITAB® 20.2.

RESULTADOS

Germinación de semillas

Las plántulas germinadas en condiciones *in vitro* se observaron libres de contaminación y de oxidación con un color verde uniforme (Fig. 5a); las plántulas germinadas *ex vitro* presentaron oxidación y resultó difícil controlar la contaminación por hongos después de la cuarta semana (Fig. 5b). En ambos casos presentaron una germinación epigea que comenzó entre la segunda y tercera semana respectivamente, la cual inicia con el rompimiento de la testa (Fig. 5c), posteriormente, surge la raíz primaria, el hipocotilo y la parte inferior de los cotiledones; el epicotilo es más pequeño con respecto al hipocotilo y con presencia de areolas separadas con algunos tricomas microscópicos. La testa de la semilla es removida por el alargamiento gradual de los cotiledones, que son carnosos, poco separados entre sí, además, presentan un contorno lanceolado y ápice agudo (Osca Lluch, 2019). A la cuarta semana el epicotilo es microscópicamente visible y se empieza a formar un tallo alargado con el ápice redondeado (Fig. 5d).

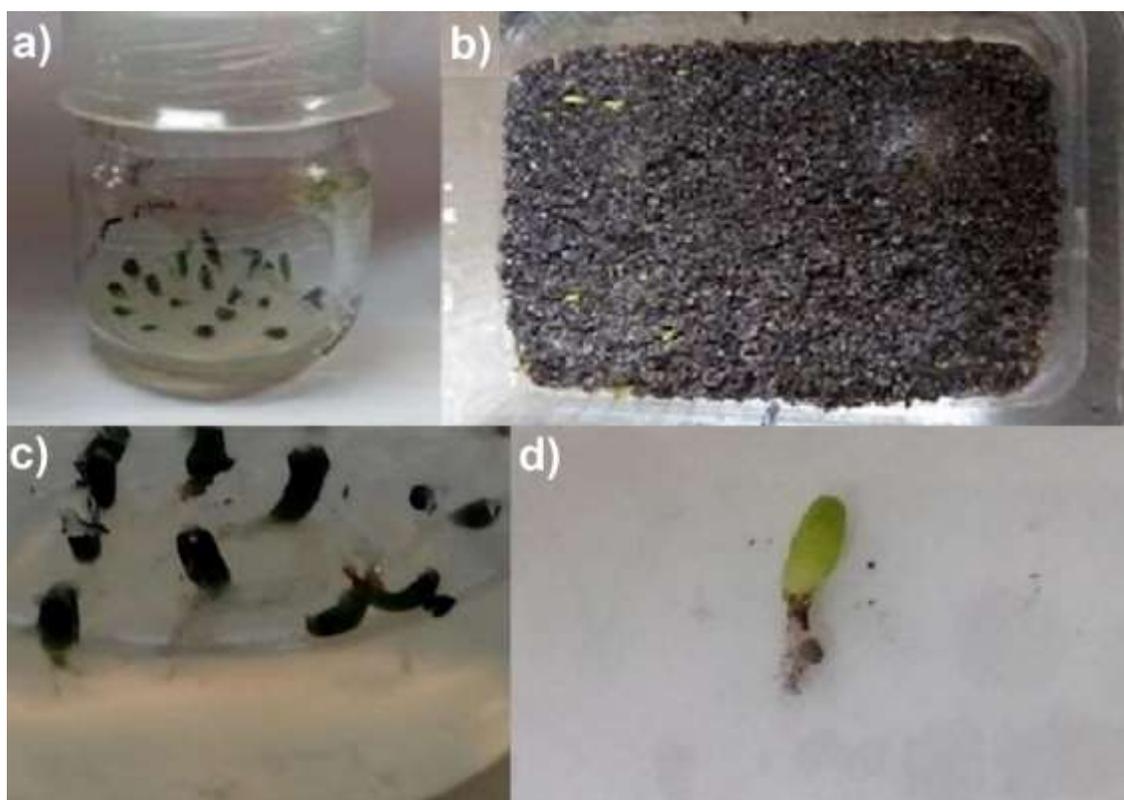


Fig. 5. Germinación de *Echinocactus platyacanthus*: a) *in vitro* b) *ex vitro* c) germinación epigea d) aspecto de una plántula de cuatro semanas.

El porcentaje de germinación más alto se obtuvo en MS al 50%, donde se alcanzó un 70% de germinación después de 28 días de cultivo, seguida de un 60% en el sustrato S3 conformado por tierra negra y un 46% en el sustrato S2 compuesto por tierra negra y agrolita; el menor porcentaje de germinación se obtuvo en el sustrato 1 conformado por la mezcla de tierra negra, tezontle y agrolita (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de germinación de *Echinocactus platyacanthus* en diferentes sustratos.

<i>In vitro</i>	<i>Ex vitro</i>			
MS 50%	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3	Sustrato 4
70 ± 2.83 a	2 ± 2.83 c	46 ± 14.1 a,b	60 ± 0 a,b	28 ± 11.31 b,c

MS al 50%: medio de cultivo de Murashige y Skoog al 50% de su concentración original, S1: tierra negra + tezontle + agrolita, S2: tierra negra + agrolita, S3: tierra negra, S4: tierra del sitio de recolecta. Las medias que no comparten una letra tienen diferencias significativas ($p < 0.05$).

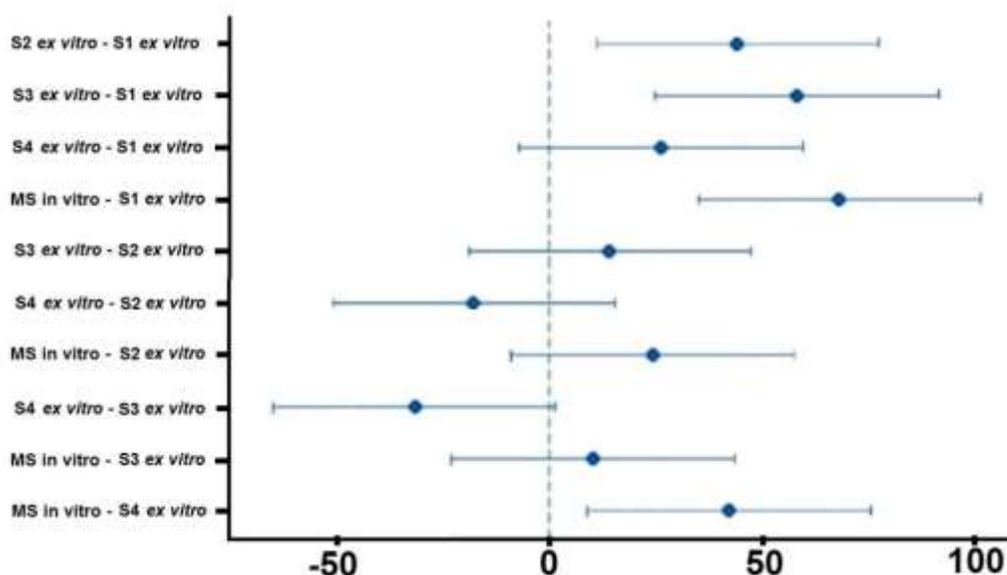


Fig. 6. Comparación de medias de porcentajes de germinación de *Echinocactus platyacanthus* con la prueba de Tukey ($p < 0.05$). Si un intervalo no contiene cero, las medias correspondientes son significativamente diferentes.

El análisis estadístico reveló que las diferencias encontradas entre los porcentajes de germinación obtenidos en MS al 50% con respecto a los obtenidos en S1 (tierra negra + tezontle + agrolita) y S4 (tierra del sitio de recolecta) fueron significativamente diferentes; así como los porcentajes encontrados en el S1 (tierra negra + tezontle + agrolita) con respecto a S2 (tierra negra + agrolita) y S3 (tierra negra) (Fig. 6).

Promoción de crecimiento *in vitro*

Después de seis semanas de cultivo, todos los explantes apicales que estuvieron en contacto con reguladores de crecimiento, presentaron visiblemente un aumento en su diámetro y altura con respecto al control, los tallos desarrollaron una forma alargado-globoso, carnoso, con cuatro costillas con areolas, tricomas y espinas duras de color rojizo que sobresalen de la areola (Fig. 7a,7b y 7c); todos los explantes desarrollaron raíces y algunos presentaron un callo no morfológico de color café.

En la tabla 2 observamos que el análisis estadístico muestra diferencias significativas en los diámetros de los explantes apicales que crecieron en el M1 con respecto al control, alcanzando una longitud promedio de 0.94 cm; en cuanto a la altura, los explantes apicales que crecieron en los medios M2 y M3 resultaron significativamente diferentes con respecto al control, alcanzando tallas promedio de 1.747 cm y 1.783 cm respectivamente; para la variable de biomasa fresca, los explantes apicales mostraron diferencias significativas en todos los medios probados (M1, M2 y M3) con respecto al control, registrándose pesos promedio de 0.5654 g, 0.4708 g y 0.4914 g respectivamente en un periodo de 6 semanas. Con relación a los explantes basales, se observó un ligero incremento en el diámetro, pero este no resulto significativo con respecto al control en ninguno de los medios probados; en cuanto a la altura solo los que crecieron en el M3 el aumento de esta variable fue significativo, alcanzando una talla promedio de 1.047 cm; con respecto a los explantes basales que crecieron en el M1 tuvieron un aumento significativo en cuanto a su biomasa fresca alcanzando un peso promedio de 0.2552 g.

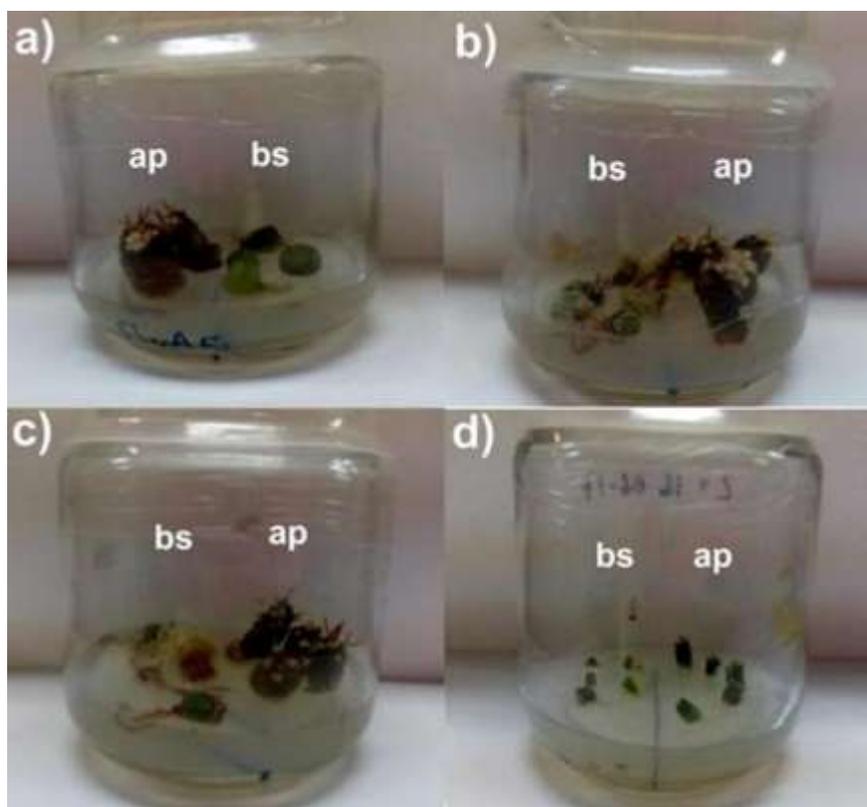


Fig. 7. Crecimiento *in vitro* de *E. platyacanthus* en: a) M1 (BAP 0.5 mgL⁻¹), b) M2 (ANA 5 mgL⁻¹+BAP 0.5 mgL⁻¹), c) M3 (ANA 5 mgL⁻¹) y d) M4 (MS 100%). ap: explantes apicales, bs: explantes basales.

Tabla 2. Diámetro, altura y biomasa promedio de *Echinocactus platyacanthus* de 6 semanas de edad en 4 medios diferentes de crecimiento.

Explante	Variable	Medio 1 BAP (0.5 mgL ⁻¹)	Medio 2 BAP (0.5 mgL ⁻¹) + ANA (5 mgL ⁻¹)	Medio 3 ANA (5 mgL ⁻¹)	Control MS 100%
Apical	Diámetro (cm)	0.94±0.6983 b	0.7533±0.2074 a	0.7033±0.1778 a	0.49±0.1713 a
	Altura (cm)	1.285±0.2583 a	1.747±0.5899 b	1.783±0.6326 b	0.9133±0.3916 a
	Biomasa fresca (g)	0.5654±0.6913 b	0.4708±0.3256 b	0.4914±0.257 b	0.1294±0.1049 a
Basal	Diámetro (cm)	0.545±0.1092 a	0.4667±0.2273 a	0.4833±0.09574 a	0.4±0.1323 a
	Altura (cm)	0.97±0.2616 a	0.79±0.3879 a	1.047±0.3749 b	0.678±0.2131 a
	Biomasa fresca (g)	0.2552±0.1171 b	0.1872±0.1439 a	0.193±0.1096 a	0.1084±0.1096 a

Se reporta la media +/- la desviación estándar. Las medias que no comparten una letra tienen diferencia significativa con respecto al control a nivel $p < 0.05$ según prueba de Dunnett.

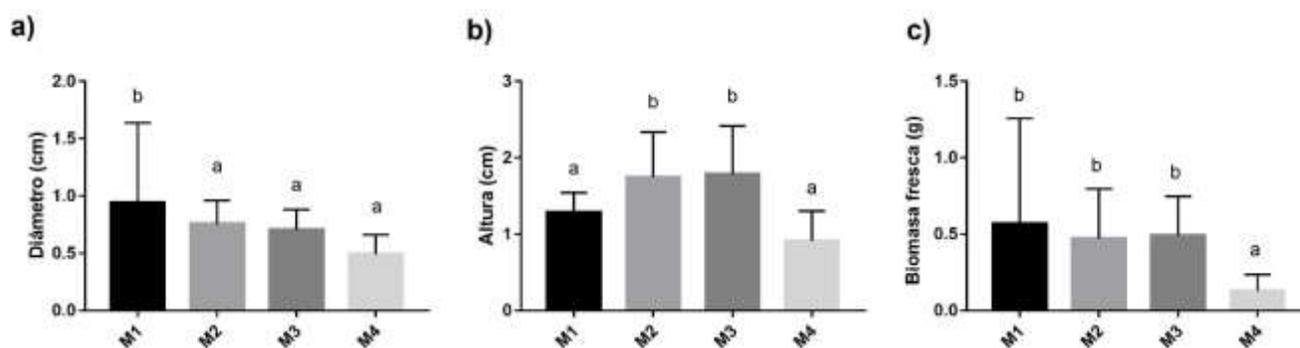


Fig. 8. Comparación de: a) diámetro apical; b) altura apical; c) peso apical en diferentes medios de cultivo M1: 0.5mgL⁻¹ BAP; M2: 5mgL⁻¹ ANA + 0.5 mgL⁻¹ BAP; M3: 5 mgL⁻¹ ANA y M4: MS al 100% sin reguladores como control. La altura de la barra representa la media con desviación estándar. Las barras que no comparten la misma letra son significativamente diferentes con respecto al control.

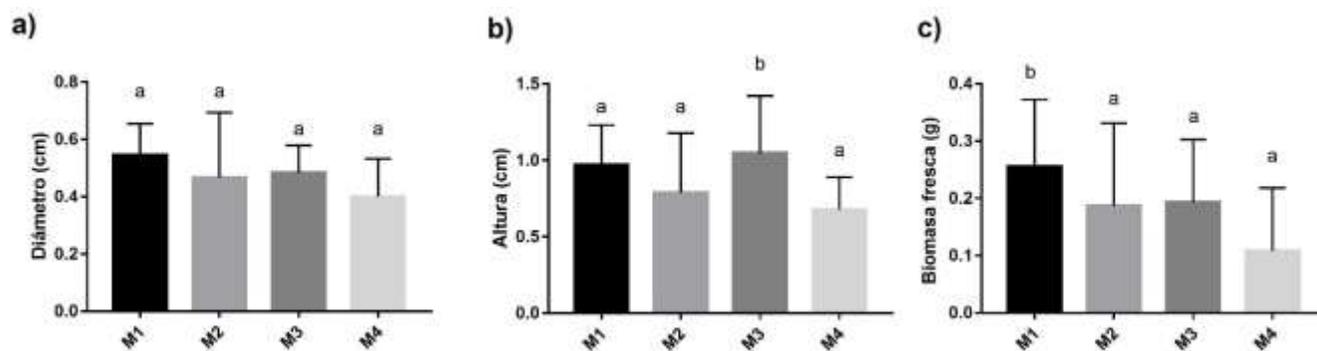


Fig. 9. Comparación de: a) diámetro basal; b) altura basal; c) peso basal en diferentes medios de cultivo M1: 0.5mgL^{-1} BAP; M2: 5mgL^{-1} ANA + 0.5mgL^{-1} BAP; M3: 5mgL^{-1} ANA y M4: MS al 100% sin reguladores como control. La altura de la barra representa la media con desviación estándar. Las barras que no comparten la misma letra son significativamente diferentes con respecto al control.

En la figura 8a y 8c se puede observar que la citocinina BAP en una concentración de 0.5mgL^{-1} , promovió un incremento significativo en los factores de diámetro y biomasa fresca de todos los explantes apicales con respecto al control; también la citocinina BAP tuvo efecto sobre el aumento de biomasa fresca en los explantes basales (Fig. 9c). Cuando la citocinina BAP se combinó con la auxina ANA en una concentración de 0.5mgL^{-1} y 5mgL^{-1} respectivamente, se observó una ganancia significativa en la altura y biomasa fresca en los explantes apicales (Fig. 8b y 8c) y cuando la auxina ANA actuó sola en concentraciones de 5mgL^{-1} tuvo un efecto significativamente estadístico en altura (Fig. 8b) y biomasa fresca de explantes apicales (Fig. 8c); en lo que respecta a los explantes basales solo se obtuvo un efecto significativo en la altura (Fig. 9b).

DISCUSIÓN

La respuesta germinativa proporciona la base para elaborar un programa de manejo sustentable de cualquier recurso vegetal (Ruiz Barrera, 2012), por lo que es importante generar experimentos que consigan este fin. Además, se debe de tomar en cuenta que los factores importantes en la germinación de muchas especies son la luz, la humedad y la temperatura (Sánchez Soto *et al.*, 2010).

En este trabajo se contempló la aplicación de un tratamiento pre-germinativo para la semilla ya que es un factor determinante para la germinación, y este proceso es capaz de activar la semilla de un organismo seco, inactivo y latente (Contreras Quiroz *et al.*, 2016). En este sentido, la imbibición en agua de las semillas de *Echinocactus platyacanthus* durante un periodo de 24 h fue suficiente para alcanzar porcentajes altos de germinación que van del 46% al 70% (Tabla 1) lo cual coincide con lo expuesto en investigaciones previas (Góñez-Alvarez & Valiente-Banuet, 1998); (Secorun & de Souza, 2011); (Bauk *et al.*, 2017), donde se ha reportado la experimentación con varias cactáceas, que la imbibición de las semillas en agua promueven el ablandamiento de la testa y de esta manera la radícula pueda emerger, debido a que el grosor de la testa no es muy grande y tiene una baja permeabilidad.

Es importante comentar que en varias especies de cactáceas, las semillas requieren de luz para poder germinar (Rodríguez-Ortega *et al.*, 2006) y, de acuerdo con los autores anteriores, los mayores porcentajes de germinación se obtienen a un intervalo de temperatura entre $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 30

°C (Barrios *et al.*, 2020); (Meiado *et al.*, 2016); (Seal *et al.*, 2017); (Bauk *et al.*, 2017); (Loza Cornejo *et al.*, 2012). También, en la bibliografía consultada se menciona que el porcentaje disminuye hasta un 50%, si la temperatura se ubica en 17 °C o en 34 °C, siendo 25 °C la temperatura óptima para *E. platyacanthus* (De La Barrera & Nobel, 2003); (Rojas-Aréchiga *et al.*, 1998); (Sánchez Soto *et al.*, 2010). En este trabajo se utilizó un rango de temperatura de 23 °C a 25 °C en todos los experimentos, el cual fue proporcionado por lámparas fluorescentes ($364 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), las cuales combinadas con un fotoperiodo de 16 h luz/8 h oscuridad, proporcionaron las condiciones óptimas para la germinación y crecimiento adecuado de plantas de *E. platyacanthus* tal y como se obtuvo para *Acourtia cordata* (Gómez-Serrano *et al.*, 2010), así como para *Gymnocalycium monvilley* (Bauk *et al.*, 2017); y *Ferocactus histrix* y *Mammillaria uncinata* (Loza Cornejo *et al.*, 2012).

De acuerdo a la Tabla 1, el mayor porcentaje de germinación obtenido para *E. platyacanthus*, es el que se llevó a cabo en condiciones *in vitro*, lo cual puede ser debido a la mayor cantidad de nutrientes y un rico contenido de sales proporcionados por el medio MS (Clayton *et al.*, 2019); (Cassells & Curry, 2001), los cuales permiten el crecimiento y un mejor desarrollo de una planta, al contener una menor cantidad de solutos y propiciar una mayor hidratación, por lo tanto cumple con las características apropiadas para que germinen y se cultiven una gran cantidad de tejidos de diferentes especies. Además los cultivos *in vitro* son sistemas cerrados, que no requieren de cuidados adicionales (Rosas López, 2002) como el uso de fungicidas que controlen el crecimiento de hongos en tierra cuando el riego es excesivo.

Se ha reportado en la literatura para *E. platyacanthus* altos porcentajes de germinación (88%) empleando escarificación química como tratamiento pre-germinativo (Rosas López, 2002), en MS al 50% en 34 días. En esta investigación el porcentaje de germinación obtenido fue del 70% de germinación en 28 días con el mismo medio, pero sin escarificación química ya que se considera que los ácidos fuertes con tiempos de exposición altos pueden dañar al embrión. Además, es conocido que los frutos junto con las semillas de *E. platyacanthus* no son carnosos, en este sentido es difícil que un animal los ingiera y, de esta forma, la posibilidad de que las semillas sean escarificadas en su tracto digestivo disminuye (Godínez-Alvarez & Valiente-Banuet, 1998).

Con respecto a la germinación *ex vitro*, en trabajos previos se obtuvieron del 61% al 94% de germinación en una mezcla de tierra de hoja más arena y tepojal, con la misma mezcla, pero con tierra negra se obtuvo el 24% de germinación con escarificación previa. (Navarro *et al.*, 2014). En este trabajo se obtuvo un 60% de germinación en el sustrato conformado por tierra negra (S3) sin escarificación y con un remojo de 24 h, seguido de un 2%, 40% y 28% en los sustratos S1, S2 y S4 respectivamente, esto puede deberse a la riqueza de nutrientes que aporta la tierra negra y a la mayor cantidad de agua que retiene.

En cuanto al crecimiento de las cactáceas, se ha descrito que estas plantas son muy sensibles en las primeras etapas de su desarrollo y, el establecimiento de nuevos individuos puede ser nulo en muchos años, por lo que el empleo de técnicas de cultivo de tejidos vegetales representa una alternativa para reducir el tiempo de propagación (Rosas López, 2002). Así, en el cultivo de tejidos vegetales es bien conocido que las citocininas y las auxinas son los reguladores de crecimiento vegetal más empleados (Stepan Sarkissian, 1990), estimulando, inhibiendo o modificando diversos procesos fisiológicos de las plantas. En la literatura se ha reportado el uso de BAP en concentraciones mayores a 1 mgL^{-1} para promover brotación en *E. platyacanthus* (Rodríguez González, 2006); (Pérez *et al.*, 1998); (Clayton *et al.*, 2019); sin embargo en este trabajo se encontró que el empleo de este regulador en concentraciones menores tiene un efecto en el aumento de talla y biomasa de los explantes de esta especie.

Al analizar la Tabla 2 se encontró que el uso de la citocinina BAP en una concentración de 0.5 mgL^{-1} y de la auxina ANA en una concentración de 5 mgL^{-1} en cultivos *in vitro* de *E. platyacanthus* promovieron un incremento significativo de las tallas de los explantes apicales

y de algunos explantes basales, dependiendo de la presencia de uno o ambos reguladores de crecimiento en los medios; lo cual coincide con lo reportado en trabajos previos en los que se encontró que estos reguladores del crecimiento dan lugar al alargamiento celular, crecimiento y espesor de tallos y están involucrados en el tropismo, así como la diferenciación de raíces (Vázquez, 2016); (Fakhrai & Fakhrai, 1990); (Pérez *et al.*, 1998); (Santos-Díaz *et al.*, 2003).

Está bien documentado que las cactáceas tienen ciclos de vida muy largos con tasas de crecimiento lentos y alta especificidad ambiental (Téllez-Román *et al.*, 2017); sin embargo en esta investigación se obtuvieron plántulas de *E. platyacanthus* con tallas más grandes que los controles, triplicando su altura, quintuplicando su diámetro y aumentando 18 veces más su biomasa fresca en un lapso de 42 días de cultivo. Cabe mencionar que todos los explantes generaron raíces; incluso los que estuvieron creciendo en MS basal sin reguladores de crecimiento, lo cual suele presentarse en varias especies de cactáceas pero en un desarrollo posterior de estas, puede haber diferencias en la morfología o en la frecuencia de enraizamiento en las raíces desarrolladas con auxinas (Clayton *et al.*, 1990), por lo que este protocolo de crecimiento *in vitro*, representa una alternativa biotecnológica para la especie en estudio.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron altos porcentajes de germinación *in vitro* y *ex vitro* para *Echinocactus platyacanthus*, 70% en MS a la mitad de su concentración original, 60% en tierra negra y 46% en una mezcla de tierra negra+agrolita, después de 28 días de la siembra de la semilla.

El uso de la citocinina BAP en concentraciones de 0.5 mgL⁻¹ y de la auxina ANA en concentraciones de 5 mgL⁻¹ de manera aisladas o combinadas en cultivos *in vitro* aceleraron el crecimiento de los explantes apicales y basales, obteniendo plántulas vigorosas con tallas de hasta 1.8 cm de altura y 2.25 cm de diámetro, con un peso fresco de 2.3 g en un lapso de 70 días de cultivo después de la siembra de las semillas.

La combinación de los protocolos de germinación y crecimiento *in vitro*, ofrecen una alternativa para la obtención de plántulas vigorosas para su posterior establecimiento en invernadero y su futuro aprovechamiento en la elaboración de acitrón de manera sustentable, contribuyendo así, a la protección de sus poblaciones *in situ*.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Juan Nava por su apoyo en la colecta del material biológico y al M. en C. Gerónimo Peña Clímaco por permitir el uso de las instalaciones del laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la ENCB-IPN.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, R., Godínez-Álvarez, H., Guzmán, U., & Dávila, P. (2017). Aspectos ecológicos de dos cactáceas mexicanas amenazadas: implicaciones para su conservación. *Botanical Sciences*, 75, 7. <https://doi.org/10.17129/botsci.1690>
- Aragón-Gastélum, J. L., Flores, J., Yáñez-Espinosa, L., Reyes-Olivas, Á., Rodas-Ortiz, J. P., Robles-Díaz, E., & González, F. J. (2017). Advantages of vivipary in *Echinocactus platyacanthus*, an endemic and protected Mexican cactus species. *Journal of Arid Environments*, 141, 56–59. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2017.01.012>
- Arias, S., Gama López, S., Guzmán Cruz, L. U., & Vázquez Benítez, B. (2012). *FLORA DEL VALLE DE TEHUACÁN-CUICATLÁN*.

- Baraza, E., & Fernández-Osores, S. (2013). The role of domestic goats in the conservation of four endangered species of cactus: Between dispersers and predators. *Applied Vegetation Science*, 16(4), 561–570. <https://doi.org/10.1111/avsc.12027>
- Barrios, D., Sánchez, J. A., Flores, J., & Jurado, E. (2020). Seed traits and germination in the cactaceae family: A review across the Americas. In *Botanical Sciences* (Vol. 98, Issue 3, pp. 417–440). Sociedad Botánica de México, A.C. <https://doi.org/10.17129/BOTSCI.2501>
- Bauk, K., Flores, J., Ferrero, C., Pérez-Sánchez, R., Las Peñas, M. L., & Gurvich, D. E. (2017). Germination characteristics of *Gymnocalycium monvillei* (Cactaceae) along its entire altitudinal range. *Botany*, 95(4), 419–428. <https://doi.org/10.1139/cjb-2016-0154>
- Bravo Holis, H., & Sánchez Mejorada, H. (1978). *Las Cactáceas de México* (2nd ed.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Cassells, A. C., & Curry, R. F. (2001). Oxidative stress and physiological, epigenetic and genetic variability in plant tissue culture: implications for micropropagators and genetic engineers. In *Plant Cell, Tissue and Organ Culture* (Vol. 64).
- Castañeda-Romero, M., Luna-Contreras, M., Vela-Godínez, D., Montoya-Santiago, G., González-Bermúdez, A., Peña, R. M., & Esperón-Rodríguez, M. (2016). Nota sobre la estructura poblacional de *Echinocactus platyacanthus* (Cactaceae) en la reserva de la biósfera “Barranca de Metztitlán”, Hidalgo, México. *Acta Botanica Mexicana*, 115, 65–73.
- Castillo Reyes, F., Sánchez Chaparro, J. D., Rangel Estrada, S. E., & Canul Ku, J. (2014). Efecto de microorganismos en la promoción de la germinación de semillas de la cactácea *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto. *Interciencia*, 39(12), 863–867.
- Clayton, P. W., Hubstenberger, J. F., Phillips, G. C., & Butler-Nance, S. A. (2019). Micropropagation of members of the Cactaceae subtribe Cactinae. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(2), 337–343. <https://doi.org/10.21273/jashs.115.2.337>
- Contreras Quiroz, M. del R., Pando Moreno, M., Flores, J., & Jurado, E. (2016). Effects of wetting and drying cycles on the germination of nine species of the Chihuahua Desert. *Botanical Sciences*, 94(2), 221–228.
- De La Barrera, E., & Nobel, P. S. (2003). Physiological ecology of seed germination for the columnar cactus *Stenocereus queretaroensis*. *Journal of Arid Environments*, 53(3), 297–306. <https://doi.org/10.1006/jare.2002.1050>
- Fakhrai, H. K., & Fakhrai, F. (1990). Hormonal control of growth and development. In J. W. Pollard & J. M. Walker (Eds.), *Methods in Molecular Biology Plant Cell and Tissue Culture* (pp. 49–56). The Human Press.
- Godínez-Alvarez, H., & Valiente-Banuet, A. (1998). Germination and early seedling growth of Tehuacan Valley cacti species: the role of soils and seed ingestion by dispersers on seedling growth. *Journal of Arid Environments*, 39(1), 21–31.
- Gómez-Serrano, G., Cristiani-Urbina, E., & Lilia Villegas-Garrido, T. (2010). Establecimiento de protocolos para la propagación *in vitro* de plantas de *Acourtia cordata* (CERV.) Turner (Compositae), colectadas en la Sierra de Guadalupe. *Polibotánica*, 30, 89–110.
- Guzmán, U., Arias, S., & Dávila-Aranda, P. (2003). *Catálogo de cactáceas mexicanas*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hernández, H., Cházaro, M., & Gómez-Hinostrosa, C. (2017). *THE IUCN RED LIST OF THREATENED SPECIES™*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T152537A121477917.en>
- Jiménez-Sierra, C. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Univeritaria*, 12(1), 1–23.
- Jiménez-Sierra, C. L., & Eguiarte, L. E. (2010). Candy Barrel Cactus (*Echinocactus platyacanthus* Link & Otto): A Traditional Plant Resource in Mexico Subject to Uncontrolled Extraction and Browsing. In *Economic Botany* (Vol. 64, Issue 2).
- Jiménez-Sierra, C., Mandujano, M. C., & Eguiarte, L. E. (2007). Are populations of the candy barrel cactus (*Echinocactus platyacanthus*) in the desert of Tehuacán, Mexico at risk? Population projection matrix and life table response analysis. *Biological Conservation*,

- 135(2), 278–292. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.10.038>
- Jiménez-Sierra, C., & Matías Palafox, M. L. (2015). *Dinámica poblacional de cactáceas amenazadas*. <http://www.snib.mx/iptconabio/resource?r=SNIB-HK026#citation>
- Kessler, R., & Stuppy, W. (2014). *Frutos irresistibles, incomedibles, increíbles*. Turner. <https://www.turnerlibros.com/libro/frutos/>
- Loza Cornejo, S., Terrazas, T., & López Mata, L. (2012). Fruits, seeds and germination in five species of globose cactaceae (Cactaceae). *Interciencia*, 37, 197–203.
- Meiado, M. V., Rojas-Aréchiga, M., de Siqueira-Filho, J. A., & Leal, I. R. (2016). Effects of light and temperature on seed germination of cacti of Brazilian ecosystems. *Plant Species Biology*, 31(2), 87–97. <https://doi.org/10.1111/1442-1984.12087>
- Navarro, M. del C., Tzompa, R., & María González, E. M. (2014). Propagación de *Echinocactus platyacanthus*: efectos del sustrato, viabilidad y escarificación de semillas. *Zonas Áridas*, 15(1), 31–47.
- Niembro Rocas, A. (1989). *Semillas de plantas leñosas: morfología comparada*. Limusa.
- Oscá Lluç, J. M. (2019). *Guía para el reconocimiento de plántulas de malas hierbas*. Editorial Universitat Politècnica de València.
- Pérez Molphe Balch, E., Pérez Reyes, M. E., Villalobos Amador, E., Meza Rangel, E., Morones Ruiz, L. del R., & Lizalde Viramontes, H. J. (1998). Micropropagation of 21 species of Mexican cacti by axillary proliferation. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 34(2), 131–135. <https://doi.org/10.1007/BF02822777>
- Rodríguez-Ortega, C., Franco, M., & Mandujano, M. C. (2006). Serotiny and seed germination in three threatened species of *Mammillaria* (Cactaceae). *Basic and Applied Ecology*, 7(6), 533–544. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2006.04.001>
- Rodríguez González, M. (2006). *Propagación in vitro de Echinocactus grusonii Hild., (Cactaceae), especie en peligro de extinción*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Rojas-Aréchiga, M., Vázquez-Yanes, C., & Orozco-Segovia, A. (1998). Seed response to temperature of Mexican cacti species from two life forms: an ecophysiological interpretation. In *Plant Ecology* (Vol. 135).
- Rojas, S., Castillejos-Cruz, C., & Solano, E. (2013). Florística y relaciones fitogeográficas del matorral xerófilo en el valle de Tecozautla, Hidalgo, México. In *Botanical Sciences* (Vol. 91, Issue 3).
- Rosas López, U. Y. (2002). *Anatomía fisiológica de plántulas de cactáceas bajo estrés hídrico* [Universidad Nacional Autónoma de México]. <http://132.248.9.195/ppt2002/0313479/Index.html>
- Ruiz Barrera, C. N. (2012). *Distribución y etnobotánica de Echinocactus platyacanthus Link & Otto (Cactaceae) en el Valle del Mezquital*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez Soto, B., Reyes Olivas, Á., García Moya, E., & Terrazas, T. (2010). Germinación de tres cactáceas que habitan la región costera del noroeste de México. *Interciencia*, 35(4), 299–305.
- Santos-Díaz, M. D. S., Méndez-Ontiveros, R., Arredondo-Gómez, A., & Santos-Díaz, M. D. L. (2003). *In vitro* organogenesis of *Pelecyphora aselliformis* Erhenberg (Cactaceae). *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 39(5), 480–484. <https://doi.org/10.1079/IVP2003456>
- Seal, C. E., Daws, M. I., Flores, J., Ortega-Baes, P., Galíndez, G., León-Lobos, P., Sandoval, A., Ceroni Stuva, A., Ramírez Bullón, N., Dávila-Aranda, P., Ordoñez-Salanueva, C. A., Yáñez-Espinosa, L., Ulián, T., Amosso, C., Zubani, L., Torres Bilbao, A., & Pritchard, H. W. (2017). Thermal buffering capacity of the germination phenotype across the environmental envelope of the Cactaceae. *Global Change Biology*, 23(12), 5309–5317. <https://doi.org/10.1111/gcb.13796>
- Secorun, A. C., & de Souza, L. A. (2011). Morphology and anatomy of *Rhipsalis cereuscula*, *Rhipsalis floccosa* subsp. *hohenauensis* and *Lepismium cruciforme* (cactaceae) seedlings. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 131–143.

Recibido:
9/octubre/2020

Aceptado:
5/julio/2021

- SEMARNAT, S. de M. A. y R. (2002). *Diario Oficial, Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/pdf/NOM-059-ECOL-2001.pdf>
- Stepan Sarkissian, G. (1990). Selection of media for tissue and cell culture. In J. W. Pollard & J. M. Walker (Eds.), *Methods in Molecular Biology Plant Cell and Tissue Culture* (pp. 1–12). The Human Press.
- Talonia, C. M., Téllez-Valdés, O., & Murguía-Romero, M. (2014). Las cactáceas del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México: estimación de la calidad del muestreo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85(2), 436–444. <https://doi.org/10.7550/rmb.31390>
- Téllez-Román, J., López-Peralta, M. C. G., Hernández-Meneses, E., Estrada Luna, A. A., Zavaleta Mancera, H. A., & Livera Muñoz, M. (2017). Morfogénesis *in vitro* de *Mammillaria plumosa* Weber. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(4), 863–876.
- Vázquez Servín, M. de L. (2016). *Cultivo in vitro de Ariocarpus fissuratus (Engelm.) K. Schum. (Cactaceae), especie en peligro de extinción*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villavicencio-Gutiérrez, E. E., Arredondo-Gómez, A., Carranza-Pérez, M. A., Mares-Arreola, O., Comparan-Sánchez, S., & González-Cortés, A. (2010). *Cactáceas Ornamentales del Desierto Chihuahuense que se distribuyen en Coahuila, San Luis Potosí y Nuevo León, México*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- Wong González, E. (2010). ¿Después de un análisis de variancia... qué? Ejemplos en ciencia de alimentos. *Agronomía Mesoamericana*, 21(2), 349–356.

COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*) DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO

PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*) OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO

C. Tinajero-Carrizales, A.L. González-Pérez, G.C. Rodríguez-Castillejos, G. Castañón-Nájera y R. Ruíz-Salazar.

COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*) DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO.

PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*) OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO.

COMPARACIÓN PROXIMAL EN CACAO (*Theobroma cacao*) Y PATAXTE (*T. bicolor*) DE TABASCO Y CHIAPAS, MÉXICO

PROXIMAL COMPARISON IN COCOA (*Theobroma cacao*) AND PATAXTE (*T. bicolor*) OF TABASCO AND CHIAPAS, MEXICO

C. Tinajero-Carrizales,
A.L. González-Pérez,
G.C. Rodríguez-Castillejos,
G. Castañón-Nájera
y R. Ruíz-Salazar

COMPARACIÓN
PROXIMAL EN CACAO
(*Theobroma cacao*) Y
PATAXTE (*T. bicolor*) DE
TABASCO Y CHIAPAS,
MÉXICO

PROXIMAL COMPARISON
IN COCOA (*Theobroma cacao*)
AND PATAXTE (*T. bicolor*)
OF TABASCO AND
CHIAPAS, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 135-149, Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.10

C. Tinajero-Carrizales

A.L. González-Pérez

G.C. Rodríguez-Castillejos

Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Aztlán,
Universidad Autónoma de Tamaulipas,

Calle 16 y Lago de Chapala S/N, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

G. Castañón-Nájera

División Académica de Ciencias Biológicas,

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Carretera Villahermosa-Cárdenas,
Entronque Bosques de Saloya, kilómetro 0.5, C.P. 86040,

Villahermosa, Tabasco, México.

R. Ruíz-Salazar / regulo.ruiz@docentes.uat.edu.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6579-6458>

Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa – Aztlán,
Universidad Autónoma de Tamaulipas,

Calle 16 y Lago de Chapala S/N, C.P. 88740, Reynosa, Tamaulipas, México.

RESUMEN: En México, las principales zonas productoras de cacao (*Theobroma cacao*) y pataxte (*T. bicolor*) se encuentran en los estados de Tabasco y Chiapas. El cacao y pataxte se consumen de diversas maneras, de entre las cuales la más común es la mezcla de maíz y cacao (pozol). El objetivo del presente trabajo fue realizar la caracterización proximal de semilla de las variedades de cacao: Guayaquil, Criollo, Calabacillo, Patastillo y Pataxte. Se colectaron frutos maduros de cacao y pataxte en 43 localidades de Tabasco y Chiapas. A las colectas se les determinó: contenido de humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra e hidratos de carbono. Con la finalidad de determinar diferencias estadísticas significativas entre los distintos parámetros analizados, se realizó una prueba de comparación mediante la prueba de Duncan; además, del análisis multivariado, de componentes principales (ACP) y conglomerados (AC). Los resultados indicaron que no existen diferencias significativas ($\alpha = 0.05$) para contenido de ceniza e hidratos de carbono entre las colectas estudiadas de cacao y pataxte. Respecto al contenido de fibra y humedad, el Pataxte presentó diferencias (3.1 ± 0.8 y 20.5 ± 12.0 g/100 g), mientras que las variedades Calabacillo y Patastillo, mostraron mayor contenido de proteínas (18.9 ± 7.5 y 17.2 ± 6.1 g/100g, respectivamente), la mayor cantidad de hidratos de carbono y menor contenido de fibra correspondió a la variedad "Guayaquil" (37.3 ± 11.9 y 1.8 ± 0.6 g/100 g, respectivamente). Los resultados encontrados en esta investigación presentan un panorama general del contenido proximal de las colectas de cacao y pataxte que se cultivan en los Estados de Tabasco y Chiapas, y con base en ello pueden seleccionarse de acuerdo con el atributo de interés que requiera el productor, para su venta a la industria chocolatera.

Palabras clave: Análisis bromatológico, contenido de grasas, cacao, pataxte, proteína.

ABSTRACT: In Mexico, the main producing areas for cocoa (*Theobroma cacao*) and pataxte (*T. bicolor*) are in Tabasco and Chiapas states. Cocoa and pataxte are consumed in different ways; the most common is the mixture corn and cocoa (pozol). The aim of this study was to carry out the proximal analysis in seeds of

cocoa varieties: Guayaquil, Criollo, Calabacillo, Patastillo, and Pataxte. Ripe fruits of cocoa and pataxte were collected in 43 localities in Tabasco and Chiapas. The collections were determined: moisture content, protein, ash, fat, fiber, and carbohydrates. With the means of the evaluated characteristics, Duncan's mean comparison test, and multivariate principal component (PCA) and cluster (AC) analyzes were performed. No differences were found for ash and carbohydrates content between cocoa and pataxte studied. Regarding fiber and moisture content, pataxte presented differences (3.1 ± 0.8 and 20.5 ± 12.0 g / 100 g), while Calabacillo and Patastillo showed more protein content (18.9 ± 7.5 and 17.2 ± 6.1 g / 100g), the highest content of carbohydrates and the lowest fiber corresponded to "Guayaquil" variety (37.3 ± 11.9 and 1.8 ± 0.6 g / 100 g). The results found in this research present a general panorama of cocoa and pataxte proximal content that are cultivated in the states of Tabasco and Chiapas and based on this they can be selected according to the attribute of interest that the producer requires for chocolate industries.

Keywords: Bromatological analysis; Fat content; Cocoa varieties; Protein.

INTRODUCCIÓN

El género *Theobroma* lo integran actualmente 22 especies. De estas, en México, se encuentran el cacao (*Theobroma cacao* L. y *T. angustifolium* L.) y el pataxte (*T. bicolor* Humb & Bonpl.) (Avendaño *et al.*, 2011). El cacao es una especie diploide ($2n=2x=20$), su ciclo vegetativo es perenne (Blanco, 2020), y es una de las especies cultivadas de mayor importancia comercial a nivel mundial (Schnell *et al.*, 2005). En cambio, el pataxte se encuentra en forma silvestre en algunas zonas del sureste de México. Se menciona en el Popol Vuh, donde también se le llama BALAM-TE, y en las tierras altas mayas se conoce como Pek o Pec (Arriaga, 2007). Se encontraron restos de la pulpa del pataxte color anaranjada/rosada en vasijas de cerámica en Tikal, (Guatemala) que datan de hace 2000 años (Cáceres, 2015). El pataxte se comercializa en la república mexicana solamente en los estados de Tabasco, Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Veracruz y Yucatán (Cervantes-Martínez *et al.*, 2006; Nájera, 2011), por lo que tiene menor difusión que el cacao (Gálvez-Marroquín *et al.*, 2016; Vela, 2020). En Suramérica se tiene reportada la presencia del pataxte en países como Ecuador, Venezuela, Brasil, Perú, Colombia y Surinam (Tigrero & Sanclemente, 2018). En este sentido diversos estudios hacen referencia a que en estos países el pataxte se consume y comercializa en pequeña escala de manera regional, donde la pulpa se vende cruda o de manera natural (fruto entero), y se usa como ingrediente principal para la elaboración de bebidas espumosas refrescantes y helados; en cuanto a las semillas, éstas se consumen cocidas a las brasas (Caballero-Pérez, 2014; Gálvez-Marroquín *et al.*, 2016; González-Coral & Torres-Reyna, 2010; González *et al.*, 2016; Quinteros, Quinteros, Chumacero, & Castro, 2018). Sánchez Gutiérrez *et al.* (2017) mencionan que en México la mayor parte de la producción de cacao se localiza en Chiapas y Tabasco, ambos estados suman 61,444 ha de superficie sembrada y de ella dependen 47 mil productores, cabe mencionar que 96% de la superficie cacaotera se encuentra en la región de la Chontalpa (Cárdenas, Comalcalco, Cunduacán, Huimanguillo y Paraíso) en Tabasco y 4% en la región Sierra y El Soconusco (Chiapas). Por lo anterior, la región de la Chontalpa es la principal zona productora de cacao en México y es de ahí donde se han generado la mayoría de los estudios relacionados al cultivo de cacao.

El contenido proximal (humedad, ceniza, fibra, proteína, grasa y carbohidratos) de las variedades de cacao (Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo) y Pataxte (Pataxte) de los Estados de Tabasco y Chiapas ha sido poco estudiada. Sin embargo, conocer la composición proximal permite un aprovechamiento integral del cultivo, lo cual es importante a la hora de diseñar formulaciones con determinado contenido de nutrientes, lo anterior puede lograrse mediante el empleo de determinada variedad. En su trabajo Sotelo & Alvarez (1991) analizaron proximalmente dos muestras silvestres de pataxte colectadas en Tapachula, Chiapas y determinaron el contenido de cafeína, teobromina, teofilina y grasa. Sin embargo, se le ha dado mayor importancia al cacao debido a su amplia difusión y usos entre los que destacan su aroma y sabor (Liendo *et al.*, 1997).

Por la importancia que tienen el cacao y el pataxte en Tabasco y Chiapas, el objetivo de la presente investigación fue realizar la caracterización proximal de las variedades comerciales de cacao: Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo; y la silvestre Pataxte, para conocer la composición nutricional de ambas especies.

MATERIALES Y MÉTODO

Material de estudio

En el presente estudio se evaluaron 43 accesiones 36 pertenecen a cacao (*T. cacao* L.) de las variedades Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo. Las otras 7 accesiones corresponden a pataxte (*T. bicolor*). El método de muestreo consistió en ubicar y georreferenciar mediante equipo GPS (Garmin, E-Trex®) parcelas de cultivo en distintas localidades de los Estados de Tabasco y Chiapas, México donde se colectaron cinco frutos maduros por parcela de cacao y/o pataxte de manera aleatoria, posterior a ello, las colectas se etiquetaron mediante datos de pasaporte, la actividad anterior se realizó, durante los meses de agosto a diciembre de 2017 y enero de 2018, la información general de las accesiones (colectas) se muestra en el Cuadro 1.

Caracterización proximal

Después de realizadas las colectas de cacao y pataxte, a cada una de ellas se les asignó una identificación de pasaporte que incluía, número de colecta, variedad y lugar de procedencia. Lo anterior se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Genómica de la División Académica de Ciencias Biológicas (DACBiol) de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Posteriormente en el Laboratorio de Tecnología de Alimentos de la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, se realizó la determinación proximal de semillas frescas obtenidas de frutos maduros de las variedades de cacao y pataxte ya mencionadas. En la caracterización proximal se consideraron los parámetros: materia grasa (G) por el método Soxhlet, proteína (P) determinada con el método Kjeldahl, ceniza (C) por incineración en mufla, fibra cruda (F) por digestión ácida y alcalina de la muestra (método Weende), humedad (H) en porcentaje por pérdida de peso en estufa, los hidratos de carbono (HC) se determinaron por diferencia respecto a los demás componentes medidos a cada colecta, donde: hidratos de carbono (%) = 100 % - (% humedad + % cenizas + % proteína + % fibra cruda). La determinación de las variables señaladas se realizó de acuerdo a como se indica en el manual de métodos analíticos de la AOAC (2012).

Cuadro 1. Datos generales de 43 colectas de cacao y pataxte procedentes de los estados de Tabasco y Chiapas, México.

Acrónimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
Aca	1	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	15°10'23.27"	92°41'59.93"
PLCa	2	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	15°10'23.27"	92°41'59.93"
Mca	3	<i>Calabacillo</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°8'20.6"	93°16'27.2"
RSCa	4	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Río seco	18°07'39.1"	93°18'02.9"
LceCa	5	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Los Cerros	18°02'14.7"	93°06'04.9"
LTCa	6	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	La Trinidad	18°09'12.0"	93°16'11.7"
LcrCa	7	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Las Cruces	18°07'36.5"	93°11'29"
CPCa	8	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	17°32'27.7"	92°55'86"

Acronimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
Oca	9	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Paraíso	Oriente 1ª sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"
AECa	10	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Agua Escondida	17°29'14.3"	92°46'37.5"
ZPCa	11	<i>Calabacillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunú y Pastal	17°28'22.1"	92°48'48.1"
Acr	12	<i>Criollo</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	17°58'38.21	92°18'18.0"
PLCr	13	<i>Criollo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	15°10'23.27"	92°41'59.93"
RSCr	14	<i>Criollo</i>	Tabasco	Cunduacán	Rio seco	18°21'12.2"	93°11'54.6"
OCr	15	<i>Criollo</i>	Tabasco	Paraíso	Oriente 1ª Sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"
CPCr	16	<i>Criollo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	18°07'27.7"	92°55'86"
GG	17	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Centro	González 1ª Sección	17°10'05"	93°04'58"
AG	18	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Acapetahua	Ej. Arenal	17°58'38.21"	92°18'18.0"
ZG	19	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Chicomucelo	Zacapaola	15°10'23.27"	92°41'59.93"
PLG	20	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Chicomucelo	Piedra Labrada	18°21'12.2"	93°11'54.6"
MG	21	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°58'20.6"	93°16'27.2"
OG	22	<i>Guayaquil</i>	Chiapas	Paraíso	Oriente 1ª Sección	15°41'32.27"	92°18'36.61"
HG	23	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Cunduacán	Huapacal	18°03'2.52"	93°09'21.24"
RSG	24	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Cunduacán	Río Seco	18°07'39.1"	93°18'02.9"
CPG	25	<i>Guayaquil</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	15°41'12.26"	92°18'40.08"
ZPa	26	<i>Patastillo</i>	Chiapas	Chicomucelo	Zacoalpa	15°10'23.27"	92°41'59.93"
MPa	27	<i>Patastillo</i>	Chiapas	Reforma	Macayo	17°58'20.6"	93°16'27.2"
LCrPa	28	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Las Cruces	18°07'36.5"	93°11'29"
LTPa	29	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	La Trinidad	18°09'12"	93°16'11.7"
RSPa	30	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Río Seco	18°07'36.5"	93°11'29"
PPa	31	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Pechucalco	18°06'42.2"	93°11'13.6"
LCePa	32	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Cunduacán	Los Cerros	18°02'14.7"	93°06'04.9"
ZPPa	33	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunú y Patostal	17°28'22.1"	92°48'48.1"
AEPa	34	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Tacotalpa	Agua Escondida	17°29'14.3"	92°46'37.5"
CPPa	35	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	18°07'27.7"	92°55'86"
Opa	36	<i>Patastillo</i>	Tabasco	Paraiso	Oriente 1ª Sección	18°21'12.2"	93°11'54.6"

Acrónimo	Núm.	Variedad	Estado	Municipio	Localidad	LN	LO
NZPat	37	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Nueva Zelandia	17°54'05"	93°35'11"
YPat	38	<i>Pataxte</i>	Chiapas	Yajalón	Yajalón	25°01'15"	103°18'33"
LNPat	39	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Los Naranjos	17°54'05"	93°35'11"
HuPat	40	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Huimanguillo	Huimanguillo	17°50.5'39"	93° 23.1'04"
LCaPat	41	<i>Pataxte</i>	Chiapas	Pichucalco	Los Cascabeles	17°50'16"	93°11'33"
CPPat	42	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Teapa	Cerro de Puyacatengo	17°32'45.1"	92°55'04.6"
ZPPat	43	<i>Pataxte</i>	Tabasco	Tacotalpa	Zunúp y Patastal	17°29'14.64"	92°46'39.60"

Análisis estadístico

A cada una de las variables medidas en las accesiones de cacao y pataxte se les realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Duncan. Con los resultados obtenidos del estudio proximal general, se realizó un análisis multivariado, de componentes principales (ACP) y conglomerados (AC), los tres tipos de análisis se realizaron con el paquete estadístico SAS University Edition (SAS, 2017). Las figuras del contenido proximal se obtuvieron con el software SigmaPlot Versión 10 (Systat, 2006).

RESULTADOS

De manera general, en todas las accesiones de cacao y pataxte, el contenido de humedad fue de $17.76 \pm 5.0\%$, proteína $16.32 \pm 4.9\%$, grasa $24.70 \pm 6.7\%$, cenizas $2.23 \pm 0.4\%$, fibra $2.35 \pm 0.7\%$ y carbohidratos $36.61 \pm 10.7\%$ (Fig. 1). Por otro lado, los resultados por variedad indican que hay diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) en el contenido de humedad, proteína y fibra (Cuadro 2). Los resultados del análisis proximal indicaron en promedio 20.5% de humedad, 15.4% de proteína, 2.2% de cenizas, 24.2% de grasa, 3.1% de fibra y 34.6% para hidratos de carbono.

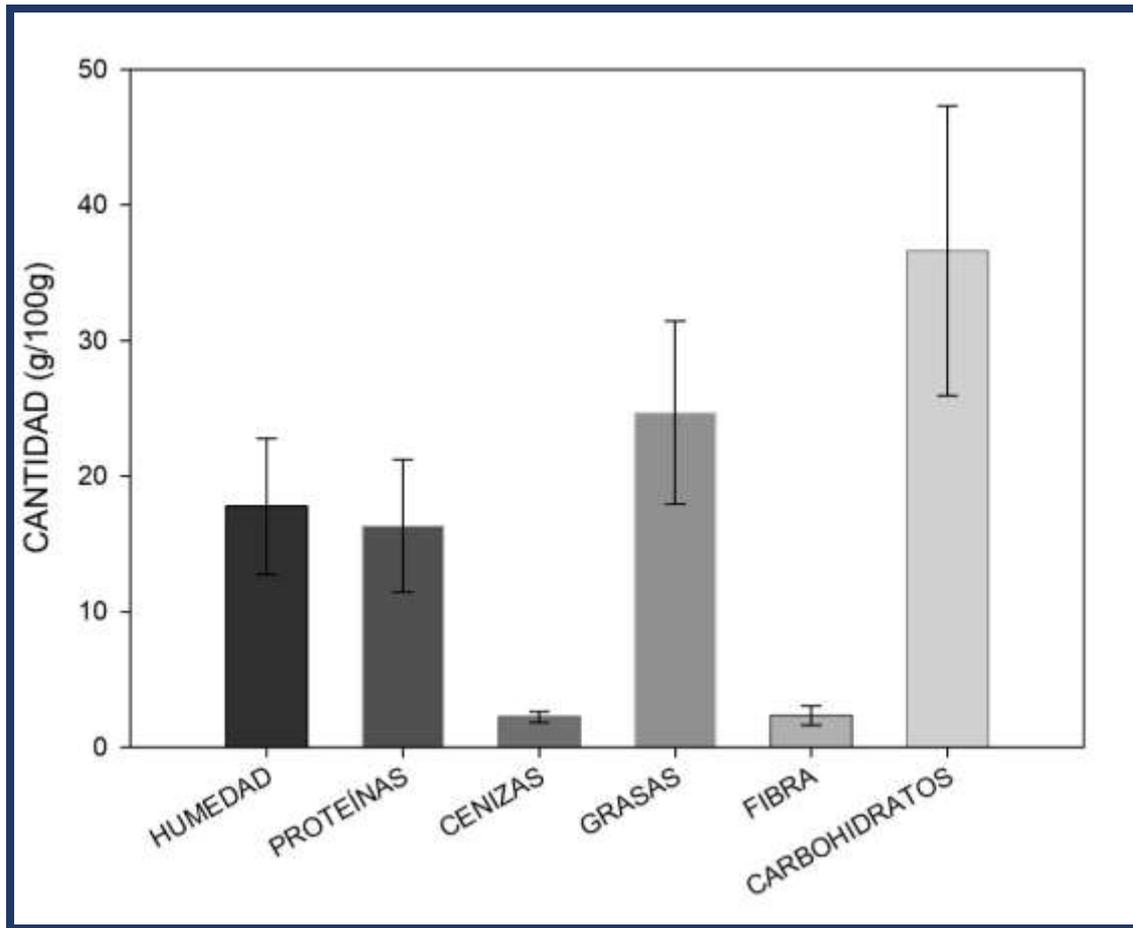


Fig. 1. Contenido proximal promedio de las variedades de cacao y pataxte evaluadas, donde las líneas dentro de las barras indican el valor de la desviación estándar.

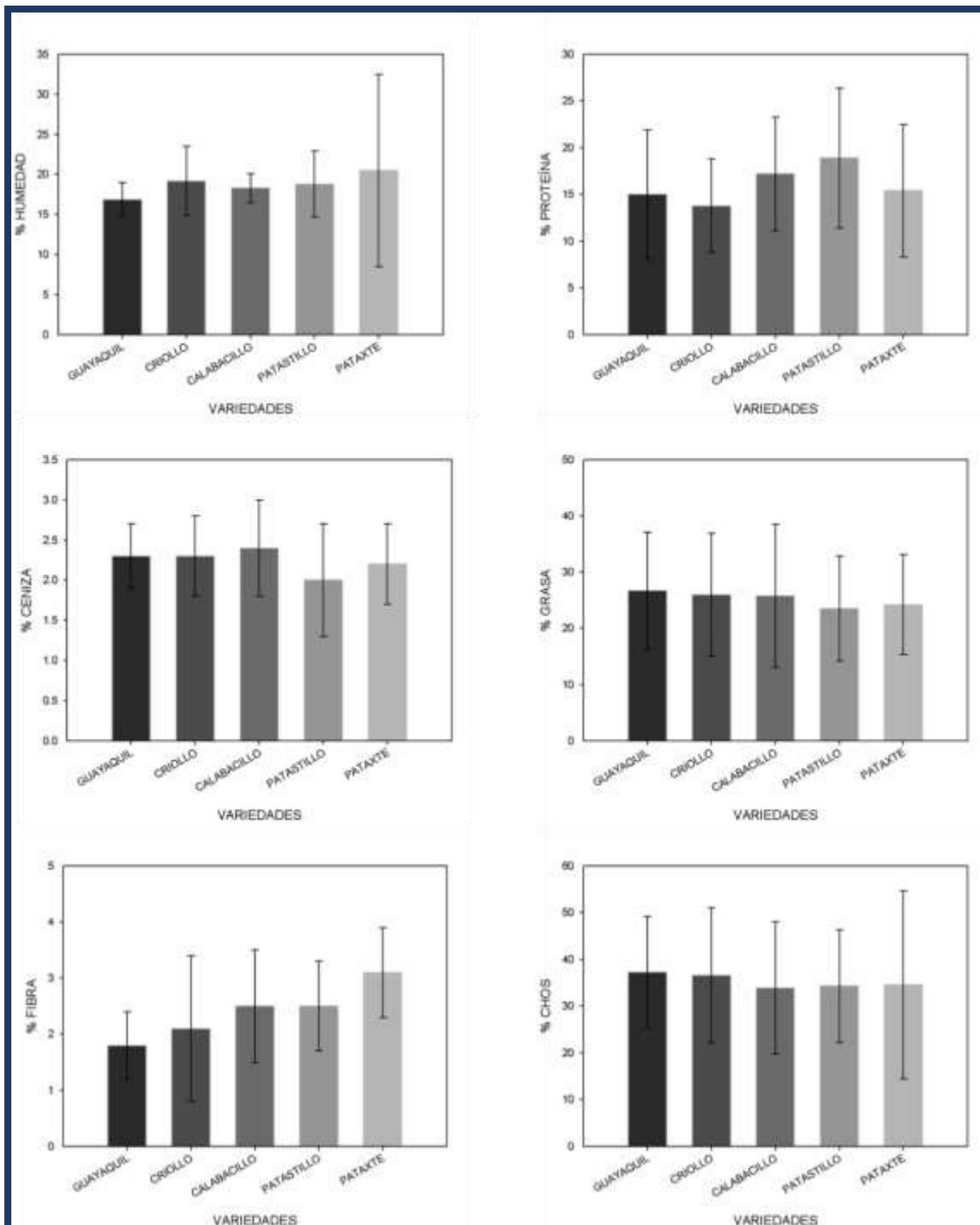


Fig. 2. Contenido proximal general de 43 accesiones de cacao y pataxte colectadas en los Estados de Tabasco y Chiapas, México.

Los resultados del análisis de comparación de medias para contenido de humedad no mostraron diferencias significativas para las variedades criollo, calabacillo y patastillo, sin embargo, se puede observar que la variedad Guayaquil (*T. cacao* L.) presentó diferencia significativa con respecto al pataxte (*T. bicolor*).

Cuadro 2. Medias del contenido proximal de frutos de cacao y pataxte (expresado en g por cada 100 g).

Variedad [£]	N	Humedad	Proteína	Ceniza	Grasa	Fibra	*CHOS
Guayaquil	22	16.9 ± 2.1 ^c	15.0 ± 6.9 ^{ab}	2.3 ± 0.4 ^a	26.7 ± 10.4 ^a	1.8 ± 0.6 ^c	37.3 ± 11.9 ^a
Criollo	15	19.2 ± 4.3 ^{ab}	13.8 ± 5.0 ^b	2.3 ± 0.5 ^a	26.0 ± 10.9 ^a	2.1 ± 1.3 ^{bc}	36.6 ± 14.5 ^a
Calabacillo	42	18.3 ± 1.8 ^{bc}	17.2 ± 6.1 ^{ab}	2.4 ± 0.6 ^a	25.8 ± 12.7 ^a	2.5 ± 1.0 ^b	33.9 ± 14.1 ^a
Patastillo	31	18.8 ± 4.1 ^{abc}	18.9 ± 7.5 ^a	2.0 ± 0.7 ^a	23.5 ± 9.7 ^a	2.5 ± 0.8 ^b	34.3 ± 12.0 ^a
Pataxte	12	20.5 ± 12.0 ^a	15.4 ± 7.1 ^{ab}	2.2 ± 0.5 ^a	24.2 ± 8.9 ^a	3.1 ± 0.8 ^a	34.6 ± 20.1 ^a

*Prueba rango múltiple de medias de Duncan. Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($\alpha=0.05$); £= *T. cacao* (Guayaquil, Criollo, Calabacillo y Patastillo) y *T. bicolor* (Pataxte).

El análisis de componentes principales (ACP) se realizó con la matriz de correlaciones (Cuadro 3) a partir de las variables medidas en las accesiones de cacao y pataxte en este estudio. En los resultados del ACP (Cuadro 4), se puede observar que los tres primeros componentes (humedad, proteína y ceniza), explicaron 81.98% de la variabilidad presente en el germoplasma evaluado.

Cuadro 3. Matriz de correlación de datos proximales en cacao y pataxte.

	Humedad	Proteína	Ceniza	Grasa	Fibra	CHOS
Humedad	1.000	0.229	-0.463	0.249	0.179	-0.726
Proteína		1.000	-0.419	-0.093	-0.075	-0.486
Ceniza			1.000	-0.016	-0.130	0.390
Grasa				1.000	-0.006	-0.704
Fibra					1.000	-0.107
CHOS						1.000

CHOS= Hidratos de carbono

Cuadro 4. Análisis de componentes principales obtenido a partir de seis variables medidas en cacao y pataxte.

Variables	CP1	CP2	CP3
Humedad	0.505*	0.003	0.174
Proteína	0.338	-0.527*	-0.340*
Ceniza	-0.399*	0.445*	-0.113
Grasa	0.329	0.692*	-0.155
Fibra	0.114	0.003	0.897*
Carbohidratos	-0.592*	-0.214	0.116
Autovalor	2.573*	1.278*	1.067*
Varianza explicada	0.429	0.213	0.178
Varianza acumulada	0.429	0.642	0.820

* Significativo de acuerdo con Kaiser (1960).

En la Figura 3 se muestra la agrupación de las 43 accesiones de cacao y pataxte resultado del análisis de conglomerados mediante el método UPGMA, a una distancia de 0.625 se formaron seis grupos o cluster. El cluster I (grupo I), lo formó la accesión NZPat (Nueva Zelandia Pataxte).

Forma similar de comportamiento lo mostró la accesión CPPa (Cerro de Puyacatengo Patastillo), es única en el grupo dos. En el grupo tres (Cluster III) se encuentran dos pataxtes (YPat, Yajalón Pataxte y LPat, Los Naranjos Pataxte). El grupo cuatro lo conformaron cinco accesiones (dos patastillos, dos pataxtes y un calabacillo), mientras que los grupos cinco y seis, fueron los que agruparon al mayor número de accesiones, 9 y 25 cada uno. En ambos grupos se observan principalmente accesiones de cacao y en cada uno de ellos (Cluster V y VI) un pataxte.

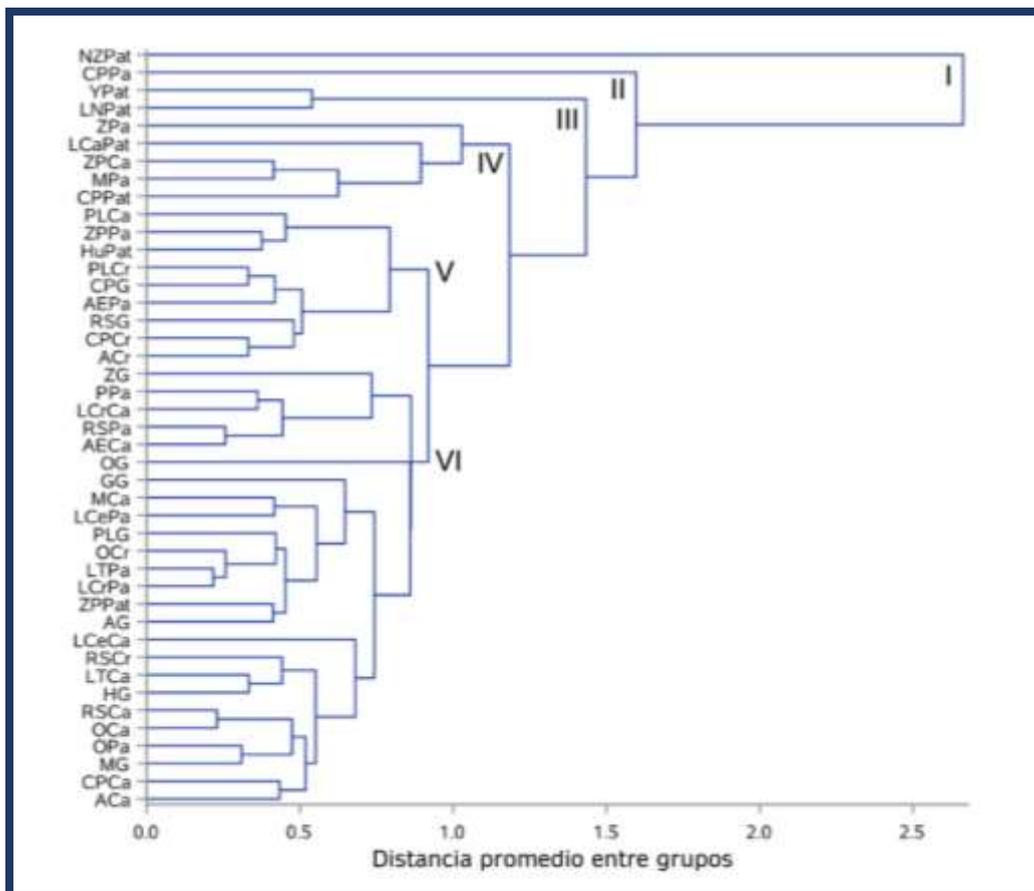


Fig. 3. Dendrograma de distancias de 43 colectas de cacao y pataxte de Tabasco y Chiapas, México.

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se evaluó el contenido proximal en semilla fresca; sin embargo, se sabe que uno de los primeros procesos para el aprovechamiento de cacao es el tostado; en este sentido, Quinteros *et al.* (2018), evaluaron la temperatura y tiempo de tostado en la aceptabilidad sensorial de una pasta alimenticia de pataxte; reportaron el contenido proximal de las semillas tostadas, encontrando 7.09% para humedad, 16.8% para proteína, 51.14% para grasa, 12.6% de fibra, 3.08% de ceniza y 3.13% de hidratos de carbono totales. En semilla fresca las variables que arrojaron valores similares a la semilla tostada fueron cenizas (2.2% vs 3.08%) y proteína (15.4% vs 16.8%); lo cual indica que dichos nutrientes se conservan después del tratamiento térmico. De su investigación Quinteros *et al.* (2018) concluyeron que la producción de pasta alimenticia a partir de pataxte con un

tratamiento de tostado a temperatura de 140 °C y tiempo de 35 minutos produce pasta de pataxte con humedad de 2.54%, proteína 19.20%, grasa bruta 56.3%, fibra cruda 5.15%, ceniza 3.13%, azúcares 0.740% y polifenoles totales 2.142%.

La variación para contenido de humedad entre el material evaluado en la presente investigación son resultados similares a lo reportado para esa misma variable en cacao por Álvarez *et al.* (2010), pero superan a lo reportado por Pérez *et al.* (2002), quienes reportaron valores de humedad entre $2.66 \pm 0.11\%$ y $3.11 \pm 0.18\%$ para los genotipos de cacao estudiados y de $2.88 \pm 0.08\%$ para las muestras comerciales. Por otro lado, Vera-Chang *et al.* (2015), encontraron porcentajes de humedad inferiores a los del presente trabajo. Las diferencias en el contenido de humedad de cacao y pataxte se deben al tamaño de semilla (Rojas & Aristizábal, 2012); el pataxte mostró promedios de semilla de 30 mm, mientras que la de Guayaquil fue de 26 mm, por lo que el mayor tamaño de semilla aumenta su volumen y en consecuencia tiene mayor superficie de contacto con la humedad lo que permite mayor absorción de ésta. La humedad es un factor importante a considerar, dado que a mayor contenido aumenta la probabilidad de crecimiento microbiano o reacciones de oxidación en los alimentos; es clave en el almacenamiento y la pérdida de producto post-cosecha (Vera-Zambrano *et al.*, 2019).

La variedad Patastillo (*T. cacao*) presentó mayor contenido de proteína cruda (18.903 g/100 g), sin embargo, no mostró diferencias significativas al compararla con la accesión Guayaquil y pataxte (*T. bicolor*). Sin embargo, sí se encontró diferencias significativas con las accesiones de la variedad criollo. Lo anterior pudiera deberse al poco manejo agronómico que recibe esta variedad como lo es la aplicación de fertilizantes, raleo de frutos, control de plagas y malezas, lo cual es importante para incrementar la calidad de los frutos, además de que esta variedad se cultiva a pequeña escala, de manera tradicional, sin la aplicación de paquetes tecnológicos los cuales permiten optimizar su cultivo, aunque la mayoría de las veces solo se produce para consumo local. Un estudio proximal desarrollado por Martini *et al.* (2008) con pataxte y cacao en Brasil, arrojó valores de proteína de 19.07 g/100 g y 14.35 g/100 g respectivamente, que difieren de los encontrados en el pataxte. Esto puede deberse al manejo que se le da al cultivo (limpieza, poda, aplicación de plaguicidas y fertilizantes). Los resultados encontrados en la presente investigación superan al 9.37% de proteína cruda reportada por Ozung *et al.* (2016) en harina de cacao, y a los porcentajes de esta variable que encontraron Álvarez *et al.* (2007). Se ha reportado también en otros cultivos, que los factores ambientales, principalmente temperatura, humedad relativa y precipitación, afectan la composición proximal de los frutos y semillas (Chappell *et al.*, 2017; Ferreyra *et al.*, 2012).

En cuanto al contenido de cenizas, no se encontró diferencia significativa entre las variedades evaluadas para la variable referida. Resultados similares a los mencionados fueron reportados por Álvarez *et al.* (2010), quienes al evaluar la calidad comercial del grano de cacao (*T. cacao*) mediante dos fermentadores no encontraron diferencias para contenido de ceniza. Sin embargo Rojo-Poveda *et al.* (2020) en su artículo de revisión mencionan que el cacao y pataxte contienen 5.96 y 11.42 g/100 g de ceniza respectivamente. También para Ceniza, Proteína, Fibra y Carbohidratos, los valores de la presente investigación superaron a los reportados pulpa y semilla de dos morfotipos del fruto de macambo *T. bicolor* por Sifuentes (2017). El cacao es una fuente importante de minerales, destacando el alto contenido de magnesio (Mg), cobre (Cu), hierro (Fe) y potasio (K); estos tienen efectos diversos sobre la salud humana. El Mg es indispensable para el buen funcionamiento de los músculos y la síntesis de proteínas; el Fe para el transporte de oxígeno; mientras que el Cu es co-factor de diversas enzimas (Calkosiński *et al.*, 2019), en el presente estudio se realizó una determinación de minerales totales (cenizas) lo cual incluye el resultado global del contenido global de minerales los valores obtenidos fueron de 2.0 a 2.4 g/100 g.

Con respecto a la determinación de grasa en pataxte y en las cuatro variedades de cacao no se encontró diferencia significativa entre ambas especies, pues para el caso del pataxte se obtuvo 24.2 g/100g y para las variedades de cacao fue 25.5 g/100 g, sin embargo, lo encontrado en este trabajo difiere para pataxte de lo reportado por Sotelo & Alvarez (1991) y Arriaga (2007), quienes encontraron 17.0 g/100 g, y 40.9 g/100 g respectivamente, pero

en el caso de cacao lo encontrado en la presente investigación, concuerda con lo encontrado por los investigadores antes citados, pues reportan 23.9 g/100 g en la variedad criollo contra los 26.0 g/100 g determinados para la misma variedad en el presente estudio (Cuadro 2), resultados similares a los reportados por Vera-Chang *et al.* (2015). Por su parte distintos autores (Álvarez *et al.*, 2007; Arriaga, 2007; Pérez *et al.*, 2002; Sol-Sánchez *et al.*, 2017); reportan contenido de grasa de cacao mayor a lo encontrado en esta investigación. Los lípidos son el principal componente del cacao, y son los que otorgan las propiedades de fusión al chocolate; en el contenido graso se encuentran tanto ácidos grasos saturados como insaturados (Calkosiński *et al.*, 2019).

En relación a contenido de fibra, obsérvese (Cuadro 2) que las medias para de las accesiones de pataxte o *T. bicolor* presentaron mayor promedio al mostrado por las accesiones pertenecientes a *T. cacao*, en cambio las variedades criollo, calabacillo y patastillo no fueron estadísticamente diferentes, por otra parte la variedad guayaquil resultó estadísticamente diferente del resto de las colectas de calabacillo, patastillo y pataxte, pues presentó el menor nivel de fibra (1.75 % en promedio), resultado muy inferior al 61.8% reportado por Ozung *et al.* (2016) para fibra cruda en harina de cacao.

Al comparar las medias para el contenido de hidratos de carbono, no se observaron diferencias significativas entre las accesiones evaluadas en el estudio, por lo anterior, si se desea aprovechar el contenido de hidratos de carbono puede utilizarse cualquiera de las variedades evaluadas en este estudio para este propósito (Cuadro 2). En el cacao la fibra esta compuesta principalmente por fibra insoluble (Calkosiński *et al.*, 2019), esto es importante ya que el consumo de un mayor contenido de fibra se ha relacionado con reducción de adipocitos, menor inflamación y reducción en el riesgo de resistencia a la insulina (Dong, 2019). En el presente estudio, las variantes de pataxte fueron las que tuvieron mayor contenido de fibra, por lo que, si se quisiera generar un producto con alto contenido de fibra, el pataxte es la mejor opción para cumplir ese propósito, aunque el tiempo de secado de la semilla sería más largo, ya que tuvo mayor contenido de humedad. Por el contrario, si lo que se requiere es un producto con poca cantidad de fibra, la mejor opción es consumir productos de cacao obtenidos de la variedad Guayaquil.

De forma general, las diferencias encontradas en el análisis proximal del presente estudio con los mencionados pueden ser explicadas por la variabilidad genética, las condiciones climáticas y de cultivo.

En cuanto al análisis de componentes principales (Cuadro 4) se puede observar que con tres componentes se superó el 70.0% de la variación propuesta por Kaiser (1960), para considerar importante la variación explicada por las variables evaluadas. Se encontró variación similar al 85.03% de lo reportado por Chafla *et al.* (2016); pero superior al 71.95% obtenido por Pires *et al.* (2016) y al 48.9% de Rojas *et al.* (2017) en cacao chuncho del cusco Perú.

Estas diferencias con respecto a los últimos autores (Chafla *et al.*, 2016; Pires *et al.*, 2016; R. Rojas *et al.*, 2017) es posible que se deban a las condiciones de mayor altura y precipitación de las áreas de producción de cacao y pataxte de Venezuela (Pires *et al.*, 2016), y Perú (R. Rojas *et al.*, 2017). Del 82.0% de variación que explican los tres primeros componentes principales (CP), el CP1 explicó el 42.9%, y las variables que más contribuyeron en este componente fueron humedad, ceniza (negativa) y carbohidratos (negativa).

Resultados que coinciden en cuánto al valor de porcentaje explicado con lo reportado por Chafla *et al.* (2016), mientras que los CP2 y CP3 contribuyeron con el 21.9% y 17.8% respectivamente, y las variables importantes en cada uno de estos componentes son proteína (negativa), ceniza y grasa para CP2 y proteína (negativa) y fibra para (CP3), porcentajes de variación similares a los encontrados en su investigación por Chafla *et al.* (2016), pero diferentes a lo reportado por Machado *et al.* (2018), ellos mostraron valores superiores en humedad (5.77%) y grasa (52.95%) para cacao. Esta separación del resto de accesiones pudo deberse al bajo contenido de humedad (5.2%) y alto contenido de hidratos de carbono (50.2%), valor éste muy superior al reportado para cacao chuncho por Rojas *et*

al. (2017), mostrando diferencias muy marcadas con el promedio general de estos parámetros (20.5% y 34.6%).

La posible explicación del porque se mezclan en el dendograma los cacaos calabacillos, patastillos, guayaquiles y criollos, quizá se deba a que algunas de las accesiones evaluadas son producto de hibridación, y a que los productores tienen la costumbre de seleccionar y tomar semilla de los tipos de cacao que les gustan, y a la descendencia (nuevas plantas de cacao), las continúan llamando con el nombre que los conocieron. Un agrupamiento similar fue encontrado por Rojas *et al.* (2017) en cacao, algunos de estos agrupamientos se dieron en forma semejante a como lo hizo el análisis de componentes principales (ACP). Con respecto al agrupamiento de algunas accesiones de pataxte con cacao en alguno de los clusters pudiera explicarse por coincidir en los valores de variables medidas en las accesiones evaluadas.

CONCLUSIONES

De la determinación del contenido proximal de variedades de cacao y pataxte que se cultivan en los Estados de Chiapas y Tabasco, se puede establecer que ambas especies presentan contenidos similares de grasa, ceniza e hidratos de carbono. Por lo anterior, se sugiere que estas variedades pueden ser empleadas de manera indistinta en la cadena productiva de cacao con propósito de obtención de diversos productos alimenticios. Por último, es necesario mencionar que la variedad Patastillo es una buena opción para tener productos de cacao con alto contenido de proteína, pero, por otra parte, si lo que se requiere es fibra el consumo de pataxte es la mejor opción.

AGRADECIMIENTOS

C. Tinajero-Carrizalez agradece al proyecto PRODEP UAT-PTC-219, la beca otorgada para la realización del presente trabajo de investigación, de igual manera agradece a la Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa - Aztlán de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades otorgadas para realizar los estudios de Licenciado en Nutrición y Ciencia de los Alimentos.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, C., Pérez, E., & Lares, M. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 57(4), 249–256.
- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C., & De Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista Científica UDO Agrícola*, 10(1), 76–87.
- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC International*. AOAC International. Gaithersburgh, Maryland, USA.
- Arriaga, C. . (2007). *Contenido de ácidos grasos de la manteca proveniente de mezclas en distintas fracciones de semillas de Theobroma cacao y Theobroma bicolor y su uso en la manufactura de chocolate*. Facultad de ciencias químicas y farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Avendaño, A. C. H., Villarreal, J. M., Campos, E., Gallardo, R. A., Mendoza, A., Aguirre, J. F., Espinoza, Z. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. México.
- Blanco, L. (2020). Cacao: historia, características, hábitat, variedades, propiedades. Retrieved February 5, 2021, from https://www.lifeder.com/#_Registros_de_su_origen
- Caballero-Pérez, J. F., Hernández-Hernández, C., & Avendaño-Arrazate, C. H. (2014). *La fermentación y el secado al sol de granos de cacao*. INIFAP, Folleto Técnico. Tapachula, Chiapas, México.

- Cáceres, J. (2015). El secreto prehispánico de la espuma del Pataxte. Retrieved February 5, 2021, from <https://deliciasprehispanicas.com/2015/12/01/balam-te-el-secrecto-prehispanico-de-la-espuma-del-chocolate/>
- Całkosiniński, A., Kostrzewska, P., Majewski, M., Mander, A., Pawlikowska, A., & Szuster, E. M. (2019). Impact of cocoa on the human health. *Journal of Education, Health and Sport*, 9(5), 145–154. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.2718725>
- Cervantes-Martinez, C., Brown, J. S., Schnell, R. J., Phillips-Mora, W., Takrama, J. F., & Motamayor, J. C. (2006). Combining ability for disease resistance, yield, and horticultural traits of cacao (*Theobroma cacao* L.) clones. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. <https://doi.org/10.21273/jashs.131.2.231>
- Chafla, A. L., Rodríguez, Z., Boucourt, R., & Torres, V. (2016). Caracterización bromatológica de la cáscara de cacao (*Theobroma cacao*), procedente de siete cantones de la Amazonia, Ecuador. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 50(2), 245–252.
- Chappell, A., Scott, K. P., Griffiths, I. A., Cowan, A. A., Hawes, C., Wishart, J., & Martin, P. (2017). The agronomic performance and nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions. *Journal of Cereal Science*, 74, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.01.005>
- Dong, Y., Chen, L., Gutin, B., & Zhu, H. (2019). Total, insoluble, and soluble dietary fiber intake and insulin resistance and blood pressure in adolescents. *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(8), 1172–1178. <https://doi.org/10.1038/s41430-018-0372-y>
- Ferreira, R., Defilippi, B., Saavedra, J., Selles, G., Robledo, P., Arpaia, M. L., ... Gil, P. (2012). *Predictores del comportamiento en postcosecha de la palta, proveniente de diferentes condiciones de clima, suelo y manejo*. Chile.
- Gálvez-Marroquín, L., Reyes-Reyes, A., Avendaño-Arrazate, C., Hernández-Gómez, E., Mendoza-Lopez, A., & Díaz-Fuentes, V. (2016). Pataxte (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.): Especie subutilizada en México. *Agroproductividad*, 9(1), 41–47.
- González-Coral, A., & Torres-Reyna, G. M. (2010). *Manual de cultivo del Macambo (Theobroma bicolor Humb & Bonpl.)*. IIAP. Iquitos, Perú.
- González, A. A., Moncada, J., Idarraga, A., Rosenberg, M., & Cardona, C. A. (2016). Potential of the amazonian exotic fruit for biorefineries: The *Theobroma bicolor* (Makambo) case. *Industrial Crops and Products*, 86, 58–67. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.015>
- Kaiser, H. F. (1960). The application of electronic computers to factor analysis. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 141–151. <https://doi.org/10.1177/001316446002000116>
- Liendo, R., Padilla, F. C., & Quintana, A. (1997). Characterization of cocoa butter extracted from Criollo cultivars of *Theobroma cacao* L. *Food Research International*, 30(9), 727–731. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00025-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00025-8)
- Machado, L., Ordoñez, C. M., Ángel, Y. K., Guaca, L., & Suárez, J. C. (2018). Organoleptic quality assessment of *Theobroma cacao* L. in cocoa farms in northern Huila, Colombia. *Acta Agronomica*, 67(1), 46–52. <https://doi.org/10.15446/acag.v67n1.66572>
- Martini, M. H., Lenci, C. G., Figueira, A., & Tavares, D. Q. (2008). Localization of the cotyledon reserves of *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., T. subincanum Mart., T. bicolor Bonpl. and their analogies with *T. cacao* L. *Revista Brasileira de Botânica*, 31(1), 147–154. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042008000100013>
- Nájera, M. I. (2011). *El mono y el cacao: la búsqueda de un mito a través de los relieves del grupo de la serie inicial de Chichén Itzá*. CEMIF, UNAM. CDMX, México: Estudios de Cultura Maya, UNAM.
- Ozung, P. O., Kennedy, O. O., & Agiang, E. A. (2016). Chemical Composition of Differently Treated Forms of Cocoa POD Husk Meal (CPHM). *Asian Journal of Agricultural Sciences*, 8(2), 5–9. <https://doi.org/10.19026/ajas.8.2912>
- Pérez, E., Álvarez, C., & Lares, M. (2002). Caracterización física y química de granos de cacao fermentados, secos y tostados de la región de Chuao. *Agronomía Tropical*, 52(2), 161–172.

Recibido:
6/febrero/2021

Aceptado:
5/julio/2021

- Pires, T. C., Melo, T. S., Miranda, L. C., & Bispo, E. S. (2016). Exploratory analysis for cocoa bean variety identification using colorimetric and anthocyanin variables. In *XXV Congresso Brasileiro de Ciencia e Tecnologia de Alimentos* (p. 6). São Paulo, Brasil: CIGR.
- Quinteros, V., Quinteros, A., Chumacero, J., & Castro, P. (2018). Effect of temperature and toasting time on the acceptability of macambo food paste (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.). *Agroindustrial Science*, 8(1), 27–31. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2018.01.04>
- Rojas, A. F., & Aristizábal, I. D. (2012). Efecto del contenido de humedad sobre propiedades físicas de la semilla de vitabosa (*Mucuna deeringiana*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 64(1), 5961–5971.
- Rojas, R., Rodríguez, C., Ruiz, C., Portales, R., Neyra, E., Patel, K., ... Hurtado, J. (2017). *Cacao chuncho del Cusco*. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima, Perú: Universidad Peruana Cayetano Heredia. <https://doi.org/10.21757/0103-3816.2018v30n3p157-174>
- Rojo-Poveda, O., Barbosa-Pereira, L., Zeppa, G., & Stévigny, C. (2020). Cocoa bean shell: a by-product with nutritional properties and biofunctional potential. *Nutrients*, 12, 1123–1152. <https://doi.org/10.3390/nu12041123>
- Sánchez Gutiérrez, F., Pérez-Flores, J., Obrador Olan, J. ., Sol Sánchez, Á., & Ruiz-Rosado, O. (2017). Estructura arbórea del sistema agroforestal cacao en Cárdenas, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2695–2709. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.439>
- SAS, I. (2017). *Sas® 9.4*. SAS Institute Inc. Cary, NC, US. Cary, NC, USA: SAS Institute.
- Schnell, R. J., Olano, C. T., Brown, J. S., Meerow, A. W., Cervantes-Martinez, C., Nagai, C., & Motamayor, J. C. (2005). Retrospective determination of the parental population of superior cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings and association of microsatellite alleles with productivity. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. <https://doi.org/10.21273/jashs.130.2.181>
- Sifuentes, S. M. A. (2017). *Evaluación físico-química de la pulpa y semilla de dos morfotipo del fruto de Macambo "Theobroma bicolor (Humb. & Bonpl.)" de la región Loreto*. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.
- Sol-Sánchez, Á., Naranjo-González, J. A., Córdova-Avalos, V., Ávalos-de la Cruz, D. A., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2017). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14, 2817–2830. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i14.453>
- Sotelo, A., & Alvarez, R. G. (1991). Chemical Composition of Wild *Theobroma* Species and Their Comparison to the Cacao Bean. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 39(11), 1940–1943. <https://doi.org/10.1021/jf00011a009>
- Systat. (2006). *Sigma Plot*. San José, California: Systat Software.
- Tigrero, J. B., & Sanclemente, A. B. (2018). *Sustitución de Theobroma cacao por Theobroma (Pataxte) y su Aplicación en repostería*. Universidad de Guayaquil. Universidad de Guayaquil.
- Vela, E. (2020). El cacao... un fruto asombroso... y el chocolate, el sabor mexicano del mundo.
- Vera-Chang, J. F., Vallejo-Torres, C., Párraga-Morán, D. E., Macías-Véliz, J., Ramos-Remache, R., & Morales-Rodríguez, W. (2015). Atributos físico-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 7(2), 21–34. <https://doi.org/10.18779/cyt.v7i2.99>
- Vera-Zambrano, M., Dutta, B., Mercer, D. G., MacLean, H. L., & Touchie, M. F. (2019). Assessment of moisture content measurement methods of dried food products in small-scale operations in developing countries: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 88, 484–496. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.04.006>

ARQUITECTURA FOLIAR Y ANATOMÍA EPIDÉRMICA DE LAS ESPECIES MEXICANAS DEL GÉNERO *Gouania* (RHAMNACEAE)

FOLIAR ARCHITECTURE AND EPIDERMAL ANATOMY OF MEXICAN SPECIES OF THE GENUS *Gouania* (RHAMNACEAE)

Hernández-Peñaloza, K.; R. Fernández-Nava y M.L. Arreguín-Sánchez.

ARQUITECTURA FOLIAR Y ANATOMÍA EPIDÉRMICA DE LAS ESPECIES MEXICANAS DEL GÉNERO *GOUANIA* (RHAMNACEAE).

FOLIAR ARCHITECTURE AND EPIDERMAL ANATOMY OF MEXICAN SPECIES OF THE GENUS *Gouania* (RHAMNACEAE).

ARQUITECTURA FOLIAR Y ANATOMÍA EPIDÉRMICA DE LAS ESPECIES MEXICANAS DEL GÉNERO *Gouania* (RHAMNACEAE)

FOLIAR ARCHITECTURE AND EPIDERMAL ANATOMY OF MEXICAN SPECIES OF THE GENUS *Gouania* (RHAMNACEAE)

Hernández-Peñaloza, K.,
R. Fernández-Nava y
M.L. Arreguín-Sánchez

ARQUITECTURA FOLIAR Y
ANATOMÍA EPIDÉRMICA
DE LAS ESPECIES
MEXICANAS DEL GÉNERO
Gouania (RHAMNACEAE)

FOLIAR ARCHITECTURE
AND EPIDERMAL
ANATOMY OF MEXICAN
SPECIES OF THE GENUS
Gouania (RHAMNACEAE)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 151-174. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.11

K. Hernández-Peñaloza
R. Fernández-Nava¹

M.L. Arreguín-Sánchez¹ / luzma1950ipn@gmail.com

Escuela Nacional de Ciencias Biológicas,
Departamento de Botánica, Instituto Politécnico Nacional,
Plan de Ayala y Prolongación Carpio, Col. Santo Tomás,
Ciudad de México 11340. ¹Becarios de COFAA del IPN.

RESUMEN: Las hojas de diez especies de *Gouania* (Rhamnaceae) para México fueron estudiadas con el propósito de identificar aspectos morfológicos y anatómicos foliares que pudiesen permitir la diferenciación de los taxones, que en el caso particular de este género se basa en la morfología de los frutos, que no siempre se encuentran en campo y en varios casos los ejemplares de herbario carecen de estos. Las hojas completas fueron diafanizadas y teñidas con safranina y azul de metileno y fotografiadas, describiéndose e ilustrándose los patrones de venación de segunda, tercera y cuarta categoría. El número de venas secundarias en la lámina foliar, la ausencia o no de glándulas en los márgenes o de tricomas en la lámina y los tipos de estomas, fueron caracteres que posibilitaron la diferenciación de los taxones estudiados. Se evidenció la importancia de la arquitectura foliar en el reconocimiento taxonómico de los especímenes a partir de caracteres vegetativo.

Palabras clave: Venación, Glándulas, Pubescencia, Estomas.

ABSTRACT: The leaves of ten species of the genus *Gouania* (Rhamnaceae) cited for Mexico were studied with the goal of characterizing the foliar morphological and anatomical aspects that could allow the differentiation of taxa, which in the particular case of this genus is based on the morphology of the fruits, which are not always found in the field and in several cases the herbarium specimens lack these. The complete leaves were cleared and colored with safranin and methylene blue and photographed, describing and illustrating the second, third and fourth category venation patterns. The number of secondary veins in the leaf blade, the presence or absence of glands in the margins or trichomes in the lamina and the types of stomata, were characters that made possible the differentiation of the studied species. The importance of foliar architecture in the taxonomic recognition of specimens from vegetative characters was evidenced.

Key words: Venation, Glands, Pubescence, Stomata.

INTRODUCCIÓN

Las Rhamnaceae fueron delimitadas por Jussieu (1789) y Brongniart (1827) subdivide a la familia en cinco tribus de las cuales cuatro están presentes en México: *Colletieae*, *Rhamneae*, *Ziziphae* y *Gouanieae*; en esta última es donde se encuentra *Gouania* (Fernández, 1993, p. 7-8). El género fue establecido por Jacquin en (1763), el nombre

deriva del apellido Antonie Goüan, 1733-1821, botánico y médico francés y el mismo fue adoptado por Linneo en 1763 (Pool, 2014a, p. 490).

Gouania es un género patropical de aproximadamente 50 especies (Pool, 2014a, p. 490) distribuidas en regiones tropicales y subtropicales de América, África, Asia, Australia y Oceanía. En América se localizan desde Norteamérica hasta el Río de la Plata en Argentina (Cusato & Tortosa, 2013, p. 21). Las características diferenciales es que son arbustos usualmente trepadores, ramas delgadas, estriadas, comúnmente provistas de zarcillos; hojas alternas, lámina foliar ovada a elíptica, con frecuencia membranosa, el margen entero o dentado, venación pinnada o con tres nervios, pecíolo presente; inflorescencias terminales o axilares, a manera de espiga, panícula o racimo, con el raquis frecuentemente terminado en zarcillo; flores polígamas, blanquecinas, pequeñas de 0.3 a 1.3 mm, cáliz con un tubo corto, obcónico, sépalos 5, pétalos 5, cuculiformes envolviendo a los 5 estambres, ovario trilobular; fruto coriáceo, con el cáliz persistente a manera de corona, indehiscente, trivaldo (Fernández-Nava, 1986).

El género *Gouania* ha sido estudiado en revisiones taxonómico-florísticas dentro de la familia Rhamnaceae por Standley (1923); Johnston (1971); Wiggins (1980); Fernández (1986, 1993, 1996); Acevedo-Rodríguez, (2003); Cusato & Tortosa (2013) y (Pool, 2014a; 2014b). Entre los trabajos relacionados a la anatomía y arquitectura foliar de las Rhamnaceae se consultaron los de Meyer & Meola (1978); Schirarend, (1991); Colares & Arambarri, (2008) y Shisode & Patil (2011) de anatomía de la madera. El interés de este estudio fue describir la arquitectura y la anatomía de la epidermis de las hojas de las especies de *Gouania* (Rhamnaceae) que prosperan en México para dilucidar su valor taxonómico.

MATERIALES Y MÉTODO

El material vegetal utilizado para el estudio se encuentra depositado en los Herbarios de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (ENCB) y también se examinaron especímenes del Herbario del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (MEXU). La identificación de los taxones fue confirmada por el Dr. Rafael Fernández Nava especialista en Rhamnaceae. Las *exsicatas* estudiadas fueron: *Gouania conzattii*, Conzatti s/n (ENCB); McVaugh 2245 (ENCB); Schoenwetter J50x-105 (ENCB). *G. eurycarpa*, Nieto y col. 337A (ENCB); Cabrera y Cabrera 3969 (ENCB); López 1270 (ENCB). *G. guingolensis* Fernández 586 (MEXU); Sánchez, With y Trujillo 998 (MEXU); Torres y col. 998 (MEXU). *G. lupuloides*, Bonfil 141 (ENCB); Téllez 11283 (MEXU); Rzedowski 14772 (ENCB). *G. obamana*, Ventura 12420 (ENCB); Acosta 2351 (ENCB); Ibarra y Sinaco 1251 (ENCB). *G. polygama*, Rzedowski 14621 (ENCB); Paray 2062 (ENCB); Menéndez et al. 409. *G. pubidisca* Matuda 16966 (MEXU); Aquino 112836 (MEXU); Téllez 207 AA (MEXU); *G. rosei*, Soto 75 (MEXU); Calónico 4741 (MEXU); Calónico 5838 (MEXU). *G. stipularis*, Perino 3218 (ENCB); Kruse 114 (ENCB); Paray 2658 (ENCB). *G. velutina*, López 82 (MEXU).

De cada especie se tomaron dos hojas maduras totalmente extendidas situadas entre el tercero y quinto nudo de las ramas montadas en las muestras de herbario de tres ejemplares de cada especie y que de preferencia, se distribuyeran en diferentes tipos de vegetación con base en los datos de las etiquetas de herbario. Las hojas completas de cada una de las especies fueron diafanizadas por separado mediante la técnica de Aguirre-Claverán y Arreguín-Sánchez (1988, p. 11). Las láminas aclaradas siempre permanecieron en cajas de Petri con agua y se tomaron fotografías de este material. Posteriormente una parte de las hojas contenidas en el material de vidrio antes referido, fueron teñidas con dos gotas de azul de metileno comercial fish care por un minuto y después se pasaron a otra caja con agua. A la otra parte de las láminas foliares se les añadió dos gotas de safranina por dos minutos y se colocaron en cajas de Petri con agua. Se tomaron fotografías de este material. La arquitectura foliar se describió bajo un microscopio

estereoscópico American Optical utilizando diferentes aumentos para describir las venas de primera, segunda, tercera y cuarta categoría, posición de los tricomas y presencia de estructuras glandulares. Las fotografías se tomaron con una cámara digital Samsung Hmx-e10 con 8 megapíxeles.

Posteriormente se hicieron cortes de 1 cm de porciones de las hojas teñidas con azul de metileno y safranina que se colocaron en diferentes portaobjetos y como medio de montaje se utilizó una solución de miel de maíz con agua 1:1 y trazas de fenol, después se cubrieron con los cubreobjetos y se sellaron con barniz transparente, una vez seco el esmalte se etiquetaron las preparaciones. Estas observaciones anatómicas se realizaron en un microscopio óptico binocular Zeiss y así se describieron los caracteres epidérmicos y se tomaron fotomicrografías con una cámara digital Samsung Hmx-e10 con 8 megapíxeles.

Para las descripciones de la arquitectura foliar se tomaron en consideración los trabajos de Hickey (1973, 1974), Dilcher (1974), (Hickey & Wolfe (1975), Gomes Bezerra, Soares Silva, & Gomes 2011) y para la epidermis foliar se consideraron los criterios de Gola, Negri, & Cappelletti (1965); Cortés (1982) y Azcárraga, Bonfil, Jáquez & Sandoval (2010). Los caracteres que se tomaron en consideración son los del cuadro 1.

Cuadro 1. Caracteres exomorfológicos, de arquitectura foliar y de epidermis foliar

<p>CARACTERES EXOMORFOLÓGICO Y DE ARQUITECTURA FOLIAR</p>	<p>1.-Tipos de hojas (simples o compuestas). 2.-Presencia o ausencia de peciolo. 3.-Largo y diámetro del peciolo. 4.-Largo y ancho de la lámina foliar. 5.-Textura. 6.-Simetría. 7.-Forma. 8.-Base. 9.-Apice. 10.-Margen. 11.- Presencia o ausencia de glándulas. 12.- Posición de las glándulas. 13.-Tipo de arquitectura foliar, 14.- Vena de primera categoría. 15.-Venas de segunda categoría, 16.-Venas de tercera categoría. 17.-Venas de cuarta categoría.</p>
<p>CARACTERES DE EPIDERMIS FOLIAR</p>	<p>18.-Tipos de tricomas, 19.-Promedio del tamaño de cinco tricomas. 20.-Densidad de tricomas por mm². 21.- Tipos de estomas. 22.-Presencia de estomas en la superficie abaxial y/o adaxial. 23.- Promedio del tamaño en longitud y latitud de cinco estomas. 24.-Densidad estomática.</p>

Con base en las preparaciones semipermanentes que se elaboraron se midieron cinco tricomas e igual número de estomas de cada especie y espécimen, en las descripciones se citan las medidas mínimas y máximas. En el caso de los tricomas se midió el largo de estas estructuras epidérmicas y para los estomas se midió la longitud y latitud (Colares & Arambarri, 2008).

La densidad estomática se calculó según la fórmula de (Salisbury, 1927 mencionado en Colares & Arambarri, 2008 . p. 570).

$$D. E. = \frac{\text{número de estomas por mm}^2}{\text{número de estomas por mm}^2 + \text{número de células epidérmicas}} \quad (100)$$

Para la densidad de los tricomas se contaron el número de los mismos en 1 mm².

RESULTADOS

Las láminas foliares de las especies tuvieron una consistencia membranosa, excepto *Gouania obamana* que fue coriácea. Todas presentan un patrón primario de venación de tipo pinnado. La venación de segunda categoría fue craspedódroma cuando las venas secundarias terminan en el margen (Hickey & Wolfe, 1975) como en *G. conzattii*, *G. eurycarpa*, *Gouania lupuloides* y *G. stipularis*. Venación semicraspedódroma cuando las venas secundarias se ramifican muy cerca del margen, una de las ramas termina en el margen, la otra se une a la secundaria superadyacente (Hicken y Wolfe) como es el caso de *G. rosei*. Venación eucamptódromo-broquidódroma cuando las venas secundarias basales libres llegan al margen y las superiores forman arcos (Gomes Bezerra, Soares Silva, & Gomes, (2011) como en *G. guiengolensis*, *G. obamana*, *G. polygama*, *G. pubidisca* y *G. velutina* (Fig. 1).

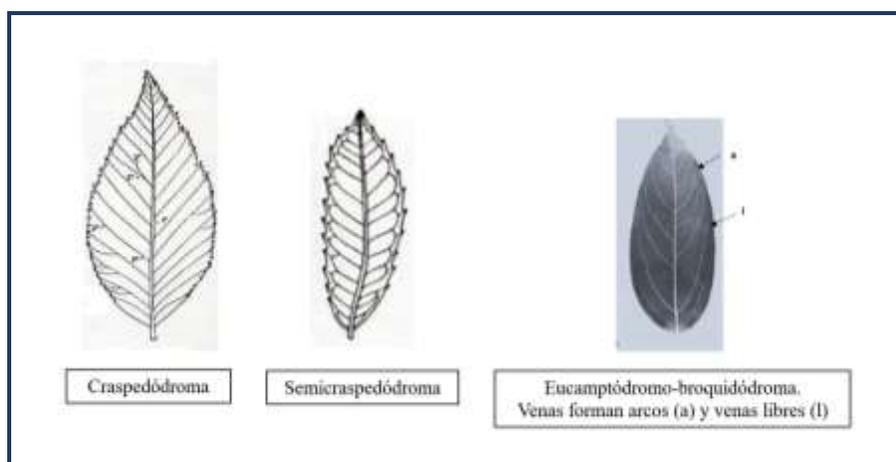


Fig. 1. Patrones de venación que se observaron en *Gouania*.

Las venas secundarias variaron de cuatro a siete, en algunas especies se presentó la misma cantidad de venas en ambos lados de la lámina foliar como en *Gouania conzattii*, *G. eurycarpa*, *G. lupuloides*, *G. rosei*, *G. stipularis* y *G. velutina*. En otras fue diferente el número de venas del lado izquierdo y derecho como en *G. guiengolensis*, *G. obamana*, *G. polygama* y *G. pubidisca*. En la mayoría de las especies se encontraron estomas anomocíticos, excepto en *Gouania eurycarpa* que son ciclocíticos y en *G. obamana* que son anomotetracíticos (Dilcher, 1974). El patrón de venación en las muestras observadas no varió en los diferentes especímenes de la misma especie.

La forma de la lámina foliar varió según el taxón, así como el ápice y base, en el margen se encontraron los tipos serrulado a entero en *Gouania lupuloides*; serrulado o crenado en *Gouania conzattii* y *G. rosei*; crenulado en *G. pubidisca* y margen serrado, serrulado, crenado, crenulado a entero en *G. eurycarpa*, *G. obamana*, *G. guiengolensis*, *G. polygama*, *G. stipularis* y *G. velutina*.

En los taxones se encontraron glándulas marginales excepto en *Gouania lupuloides* y en *G. pubidisca*. En *G. guiengolensis* y *G. obamana* estas estructuras son pequeñas menores de 1 mm, en las otras especies son mayores a 1 mm. En *G. eurycarpa* se presentan solo en los primeros tres pares de dientes basales del margen y en el resto de las especies a lo largo del margen; en *G. rosei* y *G. stipularis* son prominentes semejando una cúpula.

Las láminas foliares presentaron tricomas unicelulares, la cantidad varió en la misma especie dependiendo del lugar de recolecta, el largo de los tricomas fue de 73 a 464 μm . Los taxones glabros a glabrescentes fueron cuando el promedio de estas estructuras epidérmicas en los tres especímenes en la superficie abaxial, tuvieron una densidad tricomática de 0 a menos de 20 tricomas por mm^2 como sucede con *Gouania obamana* y el resto de los taxones son pubescentes con 20 o más por mm^2 ; a su vez, se consideró pubescencia esparcida con más de 20 hasta 50 pelos por mm^2 y densa de más de 50 por mm^2 .

Los tipos de estomas que se encontraron fueron ciclocíticos como en *Gouania eurycarpa*, los anomotetracíticos en *G. obamana*, en las restantes ocho especies, fueron anomocíticos. En la mayoría de las especies los estomas se encontraron en ambas superficies excepto en *G. conzattii* que se presentaron solo en la abaxial. La densidad estomática varió en los ejemplares observados en una misma especie como puede apreciarse en las descripciones.

Con la información obtenida se presenta una clave para diferenciar las especies y descripciones de cada una de ellas.

Clave para la identificación de las especies del género *Gouania* en México.

- 1.- Venación secundaria de tipo craspedódroma o semicraspedódroma
- 2.- Venación craspedódroma, con cinco a siete venas secundarias, glándulas ausentes o presentes, elevadas y no en forma de cúpula
 - 3.- Margen de la lámina foliar serrulado a entero, sin glándulas, nervaduras secundarias cinco de cada lado, el primer par inferior de venas de segunda categoría con ramificaciones que forman pequeños arcos.....*G. lupuloides*
 - 3.- Margen de la lámina foliar serrulado o crenulado con glándulas, nervaduras secundarias de cinco a siete de cada lado con el par inferior de venas de segunda categoría ramificado o no, pero nunca formando pequeños arcos
 - 4.- Venas secundarias inferiores no ramificadas, estomas ciclocíticos.....*G. eurycarpa*
 - 4.- Venas secundarias inferiores ramificadas, estomas anomocíticos
 - 5.- Margen de la lámina foliar crenulado con siete nervaduras secundarias de cada lado con glándulas no en forma de cúpula.....*G. conzattii*
 - 5.- Margen de la lámina serrado, crenado o crenulado, con cinco nervaduras secundarias por lado, glándulas elevadas en forma de cúpula.....*G. stipularis*
 - 2.- Venación semicraspedódroma, venas secundarias con estructuras glandulares elevadas en forma de cúpula.....*G. rosei*
- 1.- Venación eucamptódromo-broquidódroma
 - 6.- Margen de la lámina crenado, glándulas ausentes.....*G. pubidisca*
 - 6.- Margen de la lámina serrado, serrulado, crenado, crenulado a entero, glándulas presentes
 - 7.- Lámina foliar glabra a glabrescente, coriácea, estomas anomotetracíticos con cinco venas de segunda categoría del lado derecho de la lámina y cuatro de lado izquierdo.....*G. obamana*
 - 7.- Lámina foliar pubescente, membranosa, estomas anomocíticos con cinco a seis venas secundarias
 - 8.- Primeros tres pares basales de venas secundarias ramificadas y el resto forman arcos broquidódromos, margen de la lámina crenulado a crenado, hojas elípticas a anchamente elípticas con seis pares de venas a ambos lados de la lámina foliar.....*G. velutina*
 - 8.- Primero o segundo par basales de venas secundarias ramificadas y el resto forman arcos broquidódromos, margen de la lámina serrulados, serrados o crenados con diferente número de venas secundarias en cada lado de la lámina foliar
 - 9.- Lámina foliar con cinco venas secundarias del lado derecho y seis del izquierdo, margen de la lámina serrado a crenado con glándulas menores de 1 mm, hojas lanceoladas a ovadas.....*G. guiengolensis*
 - 9.- Lámina con seis venas secundarias del lado derecho y cinco del izquierdo, margen serrulado o serrado con glándulas mayores de 1 mm, hojas elípticas, ovadas a oblanceoladas..... *G. polygama*

Descripciones exomorfológicas, patrón de venación y caracteres de la anatomía foliar de las especies mexicanas del género *Gouania*.*Gouania konzattii* Greenm. (Figs. 2, A-F)

Hojas simples, simétricas, elípticas a ovadas de 5.7 a 12 cm de largo y 4.1 a 8 cm de ancho, ápice agudo a corto acuminado, base subcordada a truncada, lámina foliar membranosa, margen crenado a crenulado con glándulas en la mayoría de los dientes redondeados (Figs. 2 A, C, E). Pecíolo de 0.9 a 4 cm de largo y 2 mm de diámetro. Venación craspedódroma, venas de segunda categoría siete de cada lado de la lámina foliar, el par inferior ramificándose y el resto bifurcadas o simples, nervaduras intersecundarias o de tercera categoría opuesto-percurrentes, las de cuarta reticuladas (Figs. 2 A, B, C). Tricomas unicelulares de 73 a 153 μm y de 26 a 40 por mm^2 y de 129 a 177 μm y de 28 a 150 por mm^2 esparcidos a densos en la adaxial y abaxial respectivamente (Fig. 2 D), Estomas anomocíticos (Fig. 2 F) en la superficie abaxial de 22.4 a 44.8 μm de longitud y 19.2 a 32 μm de latitud, con una densidad estomática de 3 a 11 por mm^2 .

Goaunia eurycarpa Standl. (Figs. 3, A-E).

Hojas simples, simétricas, elípticas, a veces ovadas de 5 a 10.5 cm de largo y 2.5 a 6.7 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base subcordada a redondeada, lámina foliar membranosa, margen serrado a serrulado con glándulas en el ápice de cada diente y solo en los tres primeros dientes basales (Figs. 3 A, D). Pecíolo de 4 a 13 mm de largo y 1.5 a 2 mm de diámetro, glabrescente. Venación craspedódroma, con cinco venas secundarias de cada lado de la lámina foliar, no ramificadas, nervaduras de tercera categoría alterno-percurrentes, la de cuarta categoría reticuladas (Figs. 3 A, B). Tricomas unicelulares de 125 a 323 μm de largo y de 4 a 40 tricomas por mm^2 y de 196 a 253 μm de largo y de 28 a 30 por mm^2 , glabrescentes a esparcidos en la adaxial y abaxial respectivamente (Fig. 3 C). Estomas ciclocíticos (Fig. 3 E), en la adaxial de presentarse de 16 a 25 μm de longitud y 12 a 17.6 μm de latitud, con densidad estomática de 2 a 3 estomas por mm^2 , en la superficie abaxial los estomas son de 19.2 a 27.7 μm de longitud y 12 a 17.6 μm de latitud con densidad estomática de 5 a 7 estomas por mm^2 .

Gouania guiengolensis A. Pool. (Figs. 4, A-E)

Hojas simples, simétricas, lanceoladas a ovadas de 4.5 a 10 cm de largo y 2.5 a 4.7 cm de ancho, ápice agudo o acuminado, base cordada a veces algo decurrente o truncada, lámina foliar membranosa, margen serrado o crenado con glándulas menores de 1 mm (Figs. 4 A, D). Pecíolo de 7 a 20 mm de largo y 1 mm de diámetro, pubescente. Venación eucamptódromo-broquidódroma, venas de segunda categoría seis de lado izquierdo y cinco de lado derecho de la lámina foliar, los dos primeros pares inferiores basales ramificadas, el resto de las venas secundarias hasta el ápice forman arcos, las de tercera categoría alterno-percurrentes, y las de cuarta reticuladas (Figs. 4 A, B). Tricomas unicelulares de 223 a 261 μm de largo y de 10 a 47 por mm^2 y de 216 a 254 μm de largo y de 20 a 70 por mm^2 , glabrescentes, esparcidos a densos en la adaxial y abaxial respectivamente (Fig. 4 C). Estomas anomocíticos (Fig. 4 E), en la superficie adaxial de encontrarse de 17.6 a 27.2 μm de longitud y de 8 a 9 μm de latitud, con una densidad de 24 a 29 estomas por mm^2 y en la superficie abaxial son de 24 a 32 μm de longitud y 15.5 a 21 μm de latitud con densidad estomática de 6 a 35 por mm^2 .

Gouania lupuloides (L.) Urban (Figs. 5, A-E)

Hojas simples, simétricas, elípticas a ovadas o lanceoladas de 4 a 13 cm de largo y 2 a 8 cm de ancho, ápice acuminado o cuspidado, base redondeada, cordada o corto decurrente, lámina foliar membranosa, margen serrulado, irregularmente serrulado a entero, sin glándulas (Fig. 5 A). Pecíolo de 3 a 26 mm y 2 a 3 mm de diámetro, glabrescente. Venación craspedódroma con cinco nervaduras de segunda categoría a cada lado de la lámina foliar, primer par inferior de venas secundarias con ramificaciones que forman pequeños arcos (Fig. 5 B), las venas de tercera categoría alterno-percurrentes, la de cuarta categoría reticuladas (Figs. 5 A, C). Tricomas unicelulares de 202 a 297 μm de largo y 8 a 60 tricomas por mm^2 y de 227 a 278 μm de largo y 10 a 85 por mm^2 en la adaxial y abaxial respectivamente, glabrescentes a densos

(Fig. 5 D). Estomas anomocíticos (Fig. 5 E), de estar presentes en la adaxial, de 25.6 a 40 μm de longitud y 20.8 a 29 μm de latitud, con densidad estomática 7 a 11 por mm^2 , en la superficie abaxial de 24 a 45 μm de longitud y 19.2 a 29 μm de latitud con densidad estomática de 5 a 12 estomas por mm^2 .

Gouania obamana A. Pool (Figs. 6. A-E)

Hojas simples, simétricas, ovadas a elípticas de 4 a 13 cm de largo y 2.3 a 8 cm de ancho, ápice agudo, redondeado a acuminado, base redonda a obtusa a corto decurrente, lámina foliar coriácea, margen crenulado a entero con glándulas menores de 1 mm en todo el margen (Figs. 6 A, D). Pecíolo de 7 a 25 mm de largo y 1 mm de diámetro, glabro. Venación eucamptódromo-broquidódroma, con cuatro venas de lado izquierdo y cinco del derecho, primer par inferior ramificado y las venas que corren hacia el ápice forman arcos, las de tercera categoría altono-percurrentes, las de cuarta reticuladas (Figs. 6 A, B). Tricomas unicelulares de 175 a 297 μm de largo y 0 a 6 tricomas por mm^2 y de 198 a 286 μm de largo y de 4 a 8 tricomas por mm^2 , en la adaxial y abaxial respectivamente, glabras a glabrescentes (Fig. 6 C). Estomas anomotetracíticos (Fig. 6 E), de presentarse en la abaxial de 35 a 37 μm de longitud y 20.8 a 22.5 μm de latitud, con densidad estomática de 4 a 6 por mm^2 y en la abaxial de 25.6 a 38.4 μm de longitud y 17.6 a 22.5 μm de latitud con densidad estomática de 4 a 8 por mm^2 .

Gouania polygama (Jacq.) Urb. (Figs. 7, A-F).

Hojas simples, simétricas, elípticas, ovadas u oblanceoladas de 4 a 11 cm de largo y 2 a 7 cm de ancho, ápice acuminado a agudo o cuspidado, base cordada a redondeada o corto decurrente, lámina foliar membranosa, margen serrulado o serrado con glándulas en el ápice de cada diente (Figs. 7 A, B, E). Pecíolo de 4 a 15 mm de largo y 2 a 3 mm de diámetro, pubescente. Venación eucamptódromo-broquidódroma, la mitad derecha de la lámina foliar con seis venas secundarias y la mitad izquierda con cinco, los primeros tres pares basales con venas libres ramificadas o bifurcadas, las superiores forman los arcos, las de tercera categoría altono-percurrentes, las de cuarta reticuladas (Figs. 7 A, B, C). Tricomas unicelulares de 158 a 294 μm de largo y 25 a 81 por mm^2 y de 206 a 244 μm de largo y 21 a 53 por mm^2 , en la adaxial y abaxial respectivamente, esparcidos a densos (Fig. 7 D). Estomas anomocíticos (Fig. F), sí presentes en la superficie adaxial de 25.6 a 33.6 μm de longitud y 16 a 24 μm de latitud, densidad estomática de 3 a 5 por mm^2 , superficie abaxial de 24 a 27 μm de longitud y 16 a 19 μm de latitud, densidad estomática de 2 a 20 por mm^2 .

Gouania pubidisca A. Pool (Figs. 8, A-D).

Hojas simples, simétricas, ovadas o elípticas de 4.5 a 10 cm de largo y 3 a 8 cm de ancho, ápice agudo-apiculado u obtuso-apiculado, base cordada, subcordada o redondeada, lámina foliar membranosa, margen crenado sin glándulas (Fig. 8 A). Pecíolo de 5 a 20 mm y 2 mm de diámetro, glabrescente. Venación eucamptódromo-broquidódroma, venas de segunda categoría dispuestas seis de lado izquierdo y cinco de lado derecho, primer par ramificado, el segundo bifurcado y las siguientes formando arcos, las de tercera categoría altono-percurrentes, las de cuarta reticuladas (Fig. 8 A, B). Tricomas unicelulares de 207 a 312 μm de largo y 29 a 175 por mm^2 y de 138 a 367 μm de largo y 17 a 132 por mm^2 en la adaxial y abaxial respectivamente, glabrescentes, esparcidos a densos (Fig. 8, C). Estomas anomocíticos, los de la superficie adaxial de 24 a 32 μm de longitud y 22.4 a 24 μm de latitud con densidad estomática de 19 a 90 por mm^2 , la abaxial con estomas de 24 a 32 μm de longitud y 21 a 29 μm de latitud con densidad estomática de 5 a 75 por mm^2 (Fig. 8 D).

Gouania rosei Wiggins (Figs. 9, A-E).

Hojas simples, simétricas, elípticas, oblongas a ovadas de 4.2 a 13 cm de largo y 2 a 8 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base cordada, subcordada o redondeada, lámina foliar membranosa, margen crenado o crenulado con glándulas sobresaliendo en forma de cúpula en cada diente redondeado. (Figs. 9 A, D). Pecíolo de 5 a 20 mm de largo y 2 mm de diámetro, pubescente. Venación semicraspedódroma, venas de segunda categoría cuatro de cada lado de la lámina foliar y el primer par inferior ramificado, nervaduras de tercera categoría altono-

percurrentes, las de cuarta reticuladas (Figs. A, B). Tricomas unicelulares de 109 a 287 μm de largo y 41 a 83 por mm^2 y de 155 a 336 μm de largo y 41 a 81 por mm^2 , en la adaxial y abaxial respectivamente, esparcidos a densos (Fig. 9 C). Estomas anomocíticos (Fig. 9 E), superficie abaxial de 25.6 a 32 μm de longitud y 18 a 24 μm de latitud, densidad estomática de 7 a 11 por mm^2 , superficie abaxial de 24 a 40 μm de longitud y 19 a 27 μm de latitud, densidad estomática de 19 a 32 por mm^2 .

Gouania stipularis DC. (Figs. 10, A-F)

Hojas simples simétricas, elípticas, de 7 a 15 cm de largo y 3 a 8.5 cm de ancho, ápice acuminado, lámina foliar membranosa, margen serrado, crenado o crenulado con glándulas en cada diente semejando una cúpula (Figs. 10 A, E). Pecíolo de 10 a 30 mm de largo y 2 mm de ancho, glabro, Venación craspedódroma, con cinco venas de segunda categoría, el par inferior ramificado, las de tercera categoría opuesto-percurrentes, las de cuarta reticuladas (Figs. 10 A, B, C). Tricomas unicelulares de 303 a 464 μm de largo y 2 a 4 mm^2 y de 115 a 299 μm y 42 a 67 por mm^2 , en la cara adaxial y abaxial respectivamente, glabrescentes, esparcidos a densos (Fig. 10 D). Estomas anomocíticos (Fig. 10 F), en la adaxial sí presentes de 22.4 a 25.6 μm de longitud y 17.6 a 19.2 μm de latitud con densidad estomática de 2 a 6 por mm^2 , superficie abaxial de 30.5 a 38.5 μm de longitud y 17.6 a 32 de latitud con densidad estomática de 3 a 5 por mm^2 .

Gouania velutina Reissek (Figs. 11, A-E)

Hojas simples, simétricas elípticas a anchamente elípticas de 4 a 10.5 cm de largo y 3 a 8 cm de ancho, ápice obtuso apiculado a redondo apiculado a corto acuminado, base cordada a subcordada, lámina foliar membranosa, margen crenado o crenulado con glándulas en cada diente redondeado (Figs. 11 A, D). Pecíolo de 4 a 10 mm de largo y 2 mm de diámetro, pubescente. Venación eucamptódromo-broquidódroma, venas de segundo orden, seis de cada lado de la lámina foliar, primeros tres pares basales ramificados y las restantes formando arcos, nervaduras de tercera categoría alterno-percurrente, las de cuarta reticuladas (Figs. 11 A, B). Tricomas unicelulares de 272 μm de largo y 52 tricomas por mm^2 y de 308 μm de largo y 78 por mm^2 en la adaxial y abaxial respectivamente, densos (Fig. 11 C). Estomas anomocíticos en ambas superficies, la adaxial de 32 μm de longitud y 25.6 μm de latitud con densidad estomática de 24 por mm^2 , superficie abaxial con estomas de 32 μm de longitud y 19.2 μm de latitud con densidad estomática de 25 por mm^2 (Fig. 11 E).

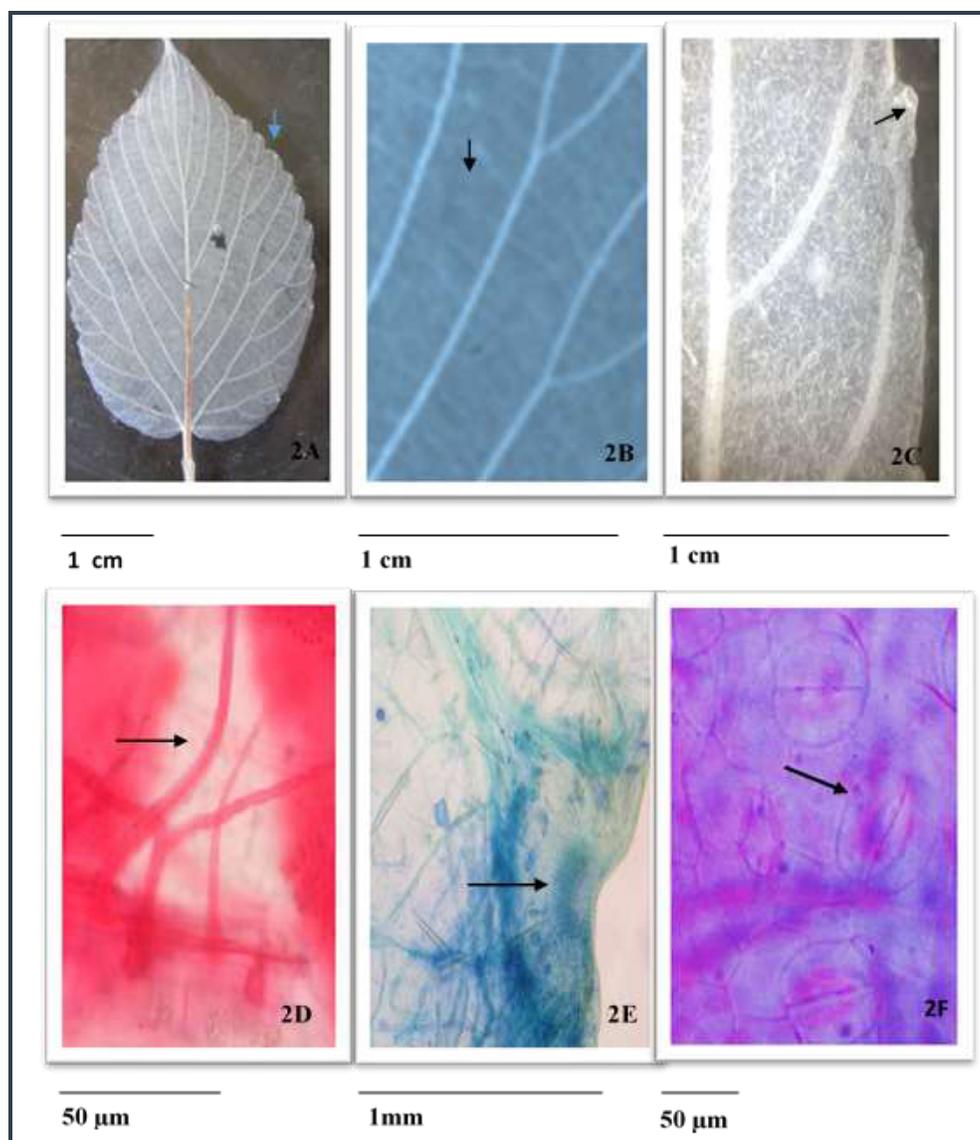


Fig. 2. *Gouania conzattii* Greenm. A, hoja con glándulas marginales, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación craspedódroma; B, detalle de las venas de segunda y tercera categoría opuesto-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, diente del margen con glándula y tricomas; D, detalle de tricomas unicelulares; E, detalle de una glándula; F, estomas anomocíticos.

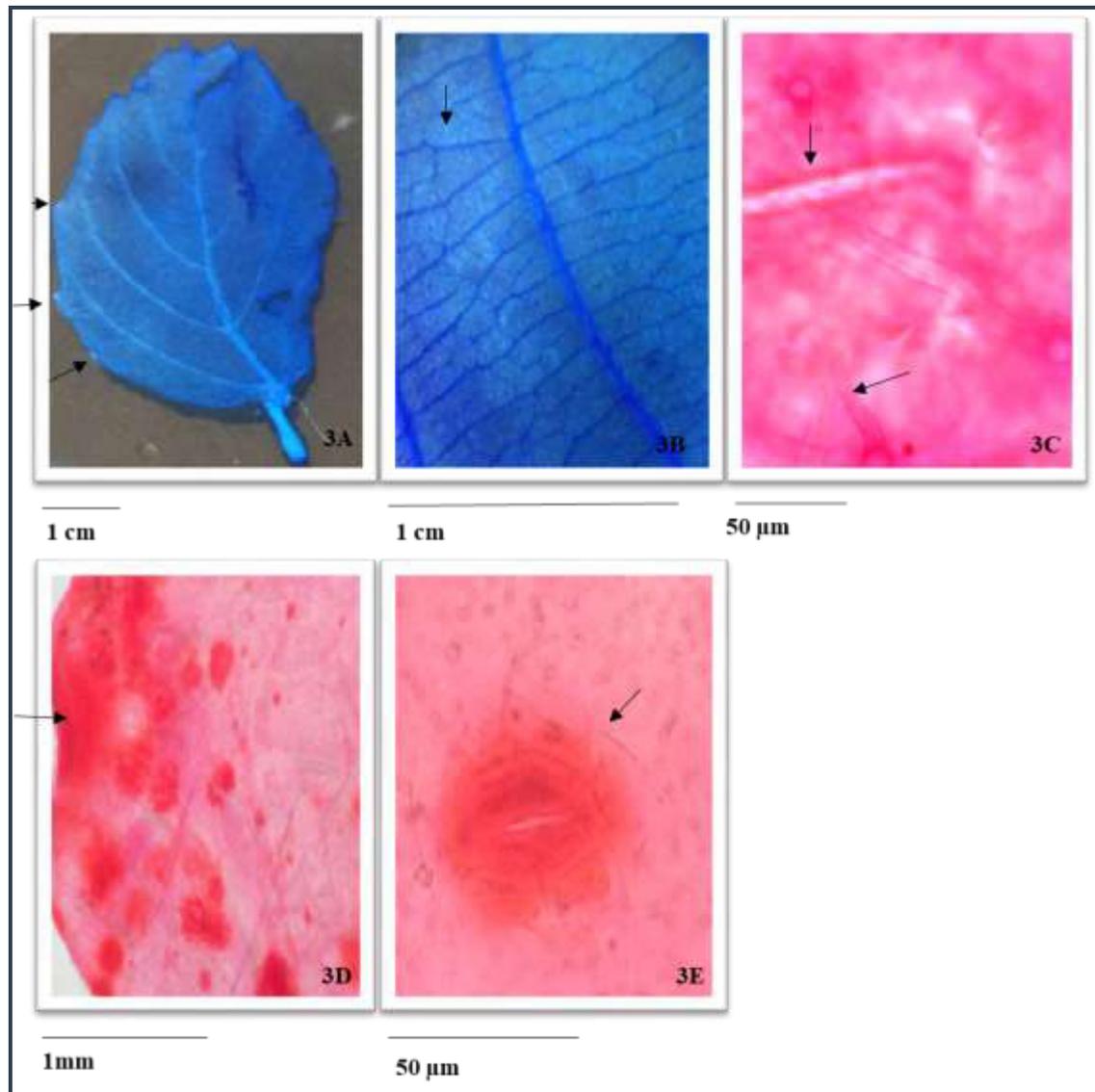


Fig. 3. *Gouania eurycarpa* Standl. A, hoja con glándulas marginales solo en los tres dientes basales, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera y segunda categoría, venación craspedódroma; B, venas de segunda, tercera categoría alturno-percurrente y las de cuarta reticuladas; C, tricomas unicelulares; D, detalle del diente con glándula; E, estoma ciclocítico de la superficie abaxial.

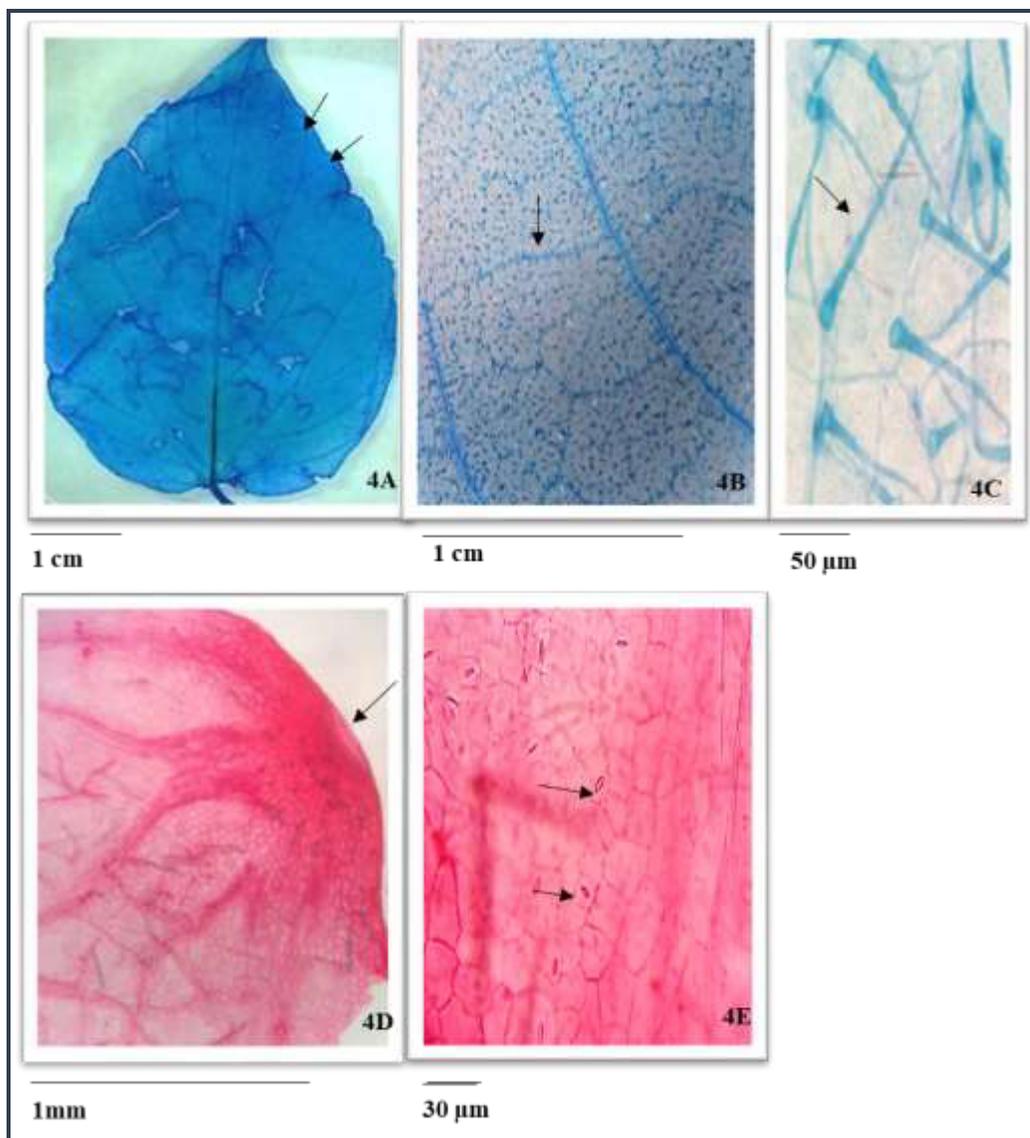


Fig. 4. *Gouania guiengolensis* A. Pool. A, hoja con pequeñas glándulas marginales, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera y segunda categoría, venación eucamptódroma-broquidódroma; B, detalle de venas de segunda, tercera categoría alterno-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, tricomas unicelulares; D, detalle de una crenación del margen foliar con glándula; E, estomas anomocíticos.

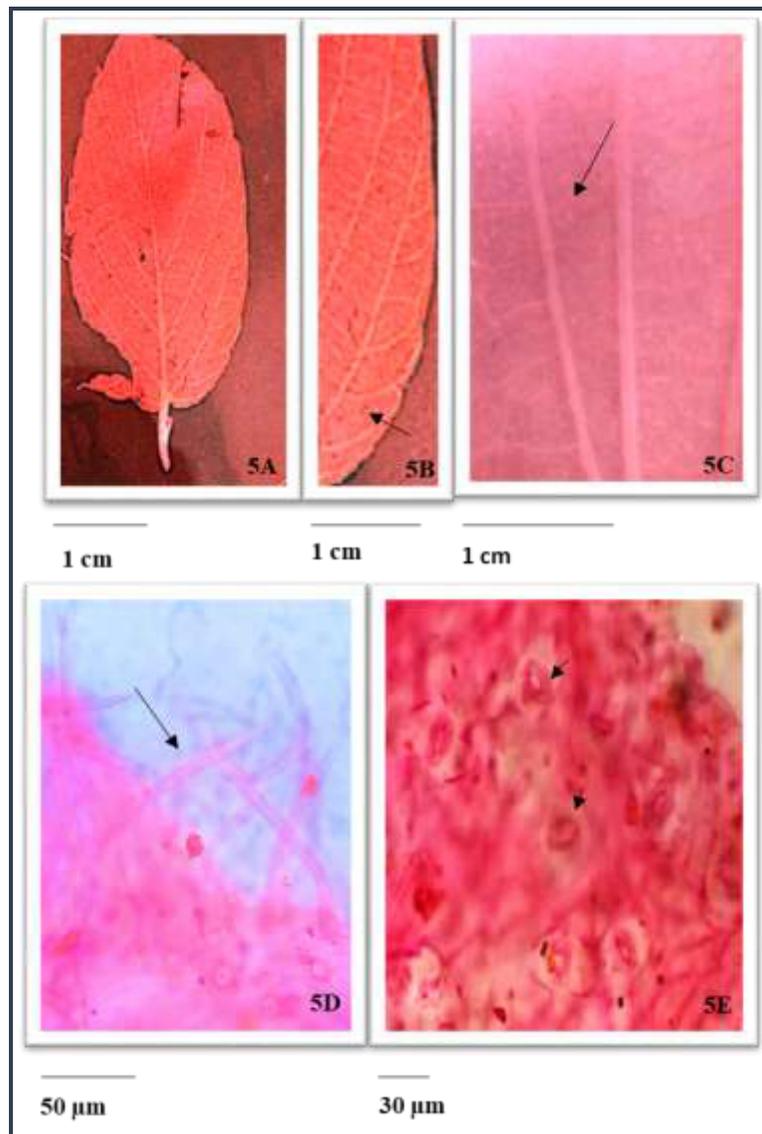


Fig. 5. *Gouania lupuloides* (L.) Urban A, hoja eglandular con peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación craspedódroma; B, detalle del primer par de venas secundarias inferiores mostrando las ramificaciones en forma de arcos. C, detalle de venas de segunda, tercera categoría alterno-percurrente y las de cuarta reticuladas; D, tricomas unicelulares; E, estomas anomocíticos.

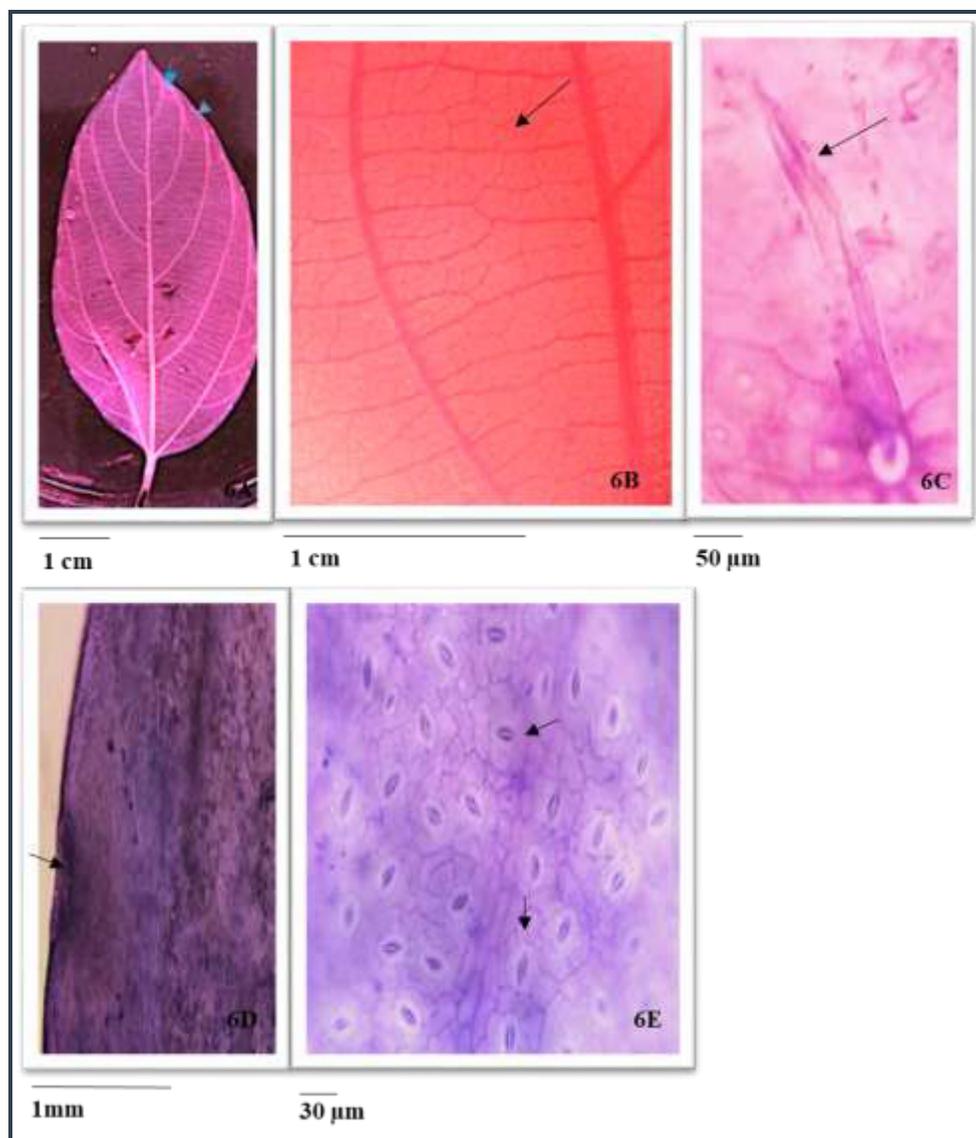


Fig. 6. *Gouania obamana* A. Pool, A, hoja con glándulas marginales pequeñas, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación eucamptódromo-broquidódroma; B, detalle de la venación de segunda, tercera alterno-percurrente y las de cuarta reticuladas; C, tricoma unicelular, escaso; D, glándula del margen; E, estomas anomotetracíticos.

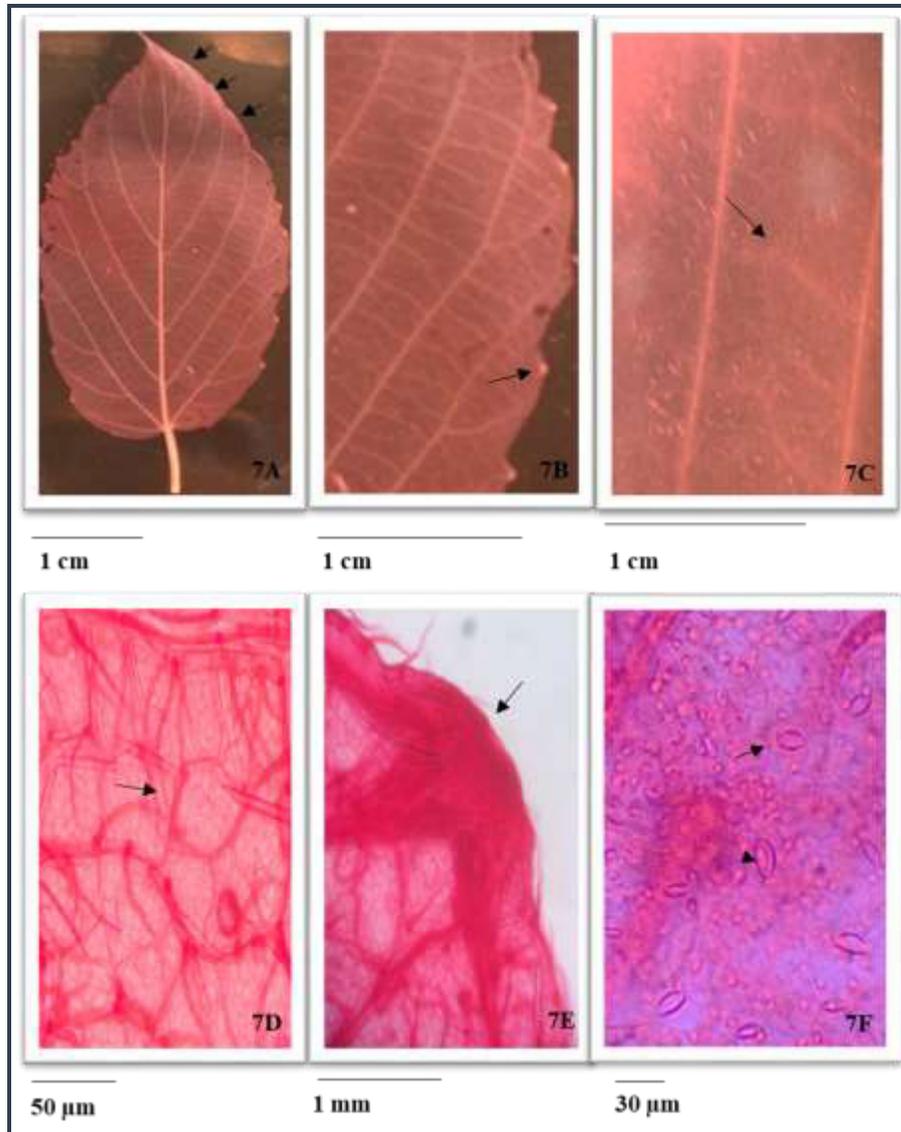


Fig. 7. *Gouania polygama* (Jacq.) Urb. A, hoja con glándulas marginales, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación eucamptódroma-broquidódroma; B, detalle de las venas de segunda, tercera categoría alterno-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, venas de segunda y tercera categoría y tricomas; D, detalle de tricomas unicelulares; E, diente del margen con glándula; F, estomas anomocíticos.

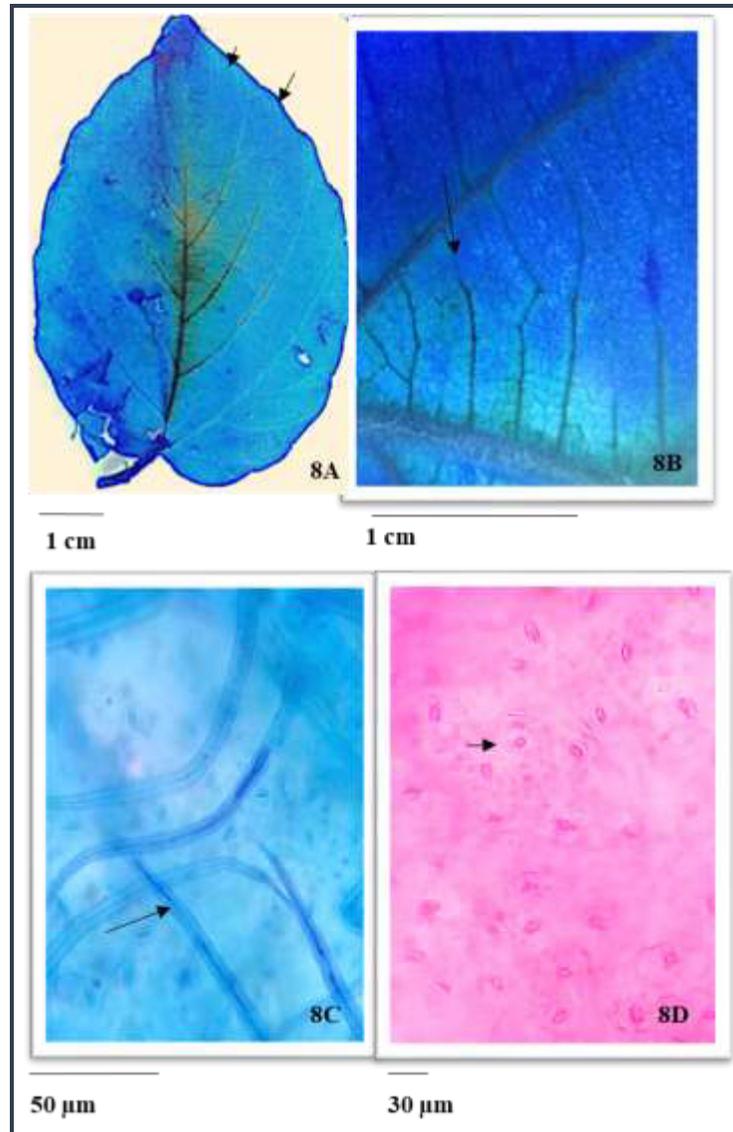


Fig. 8. *Gouania pubidisca* A. Pool A, hoja eglandular con peciolo, arquitectura foliar con venas de primera y segunda y tercera categoría, venación eucamptódromo-broquidódroma; B, detalle de las venas de segunda, de tercera categoría alterno-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, tricomas unicelulares; D, estomas anomocíticos.

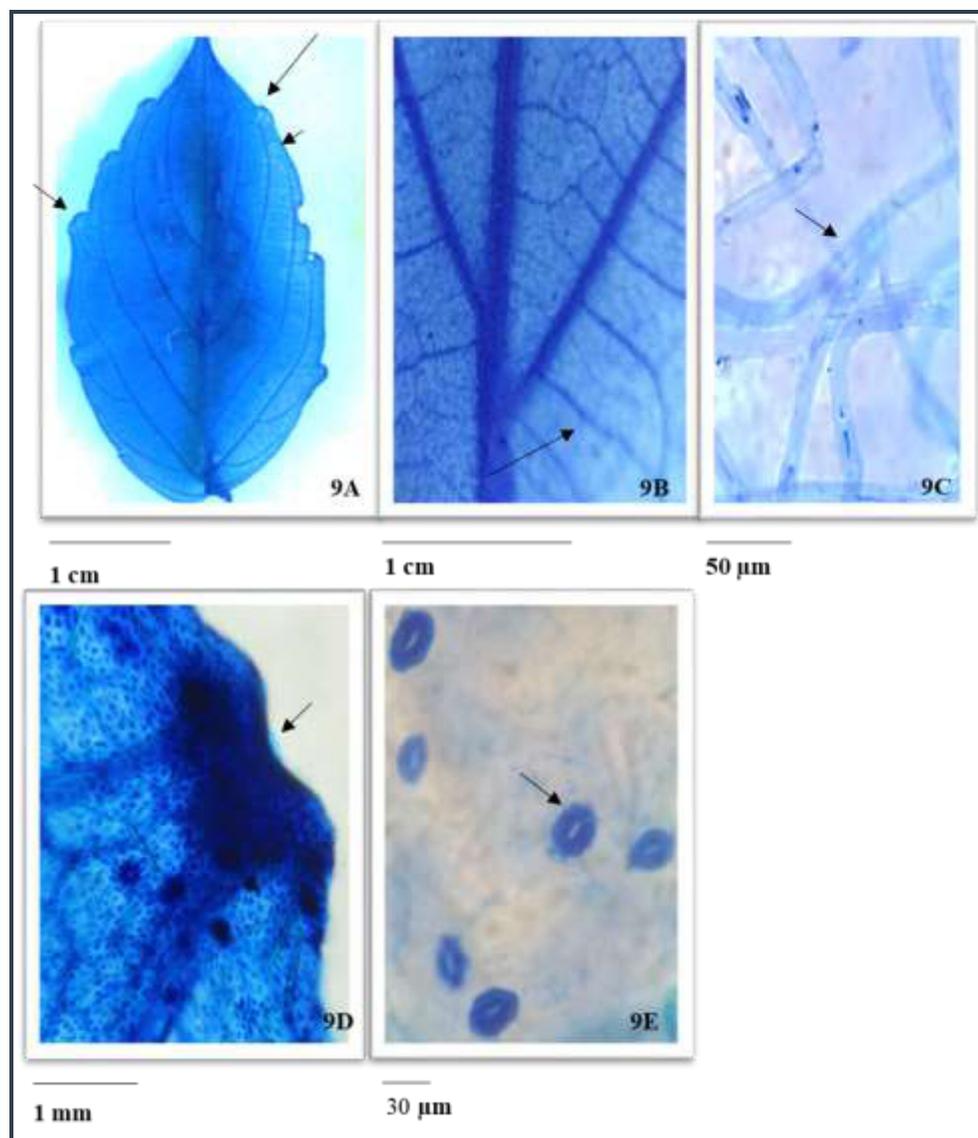


Fig. 9. *Gouania rosei* Wiggins A, hoja con glándulas marginales prominentes como cúpulas, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, con venación semicraspedódroma; B, detalle de las venas de primera, segunda y tercera alturno-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, tricomas unicelulares; D, glándula prominente como cúpula; E, estomas anomocíticos.

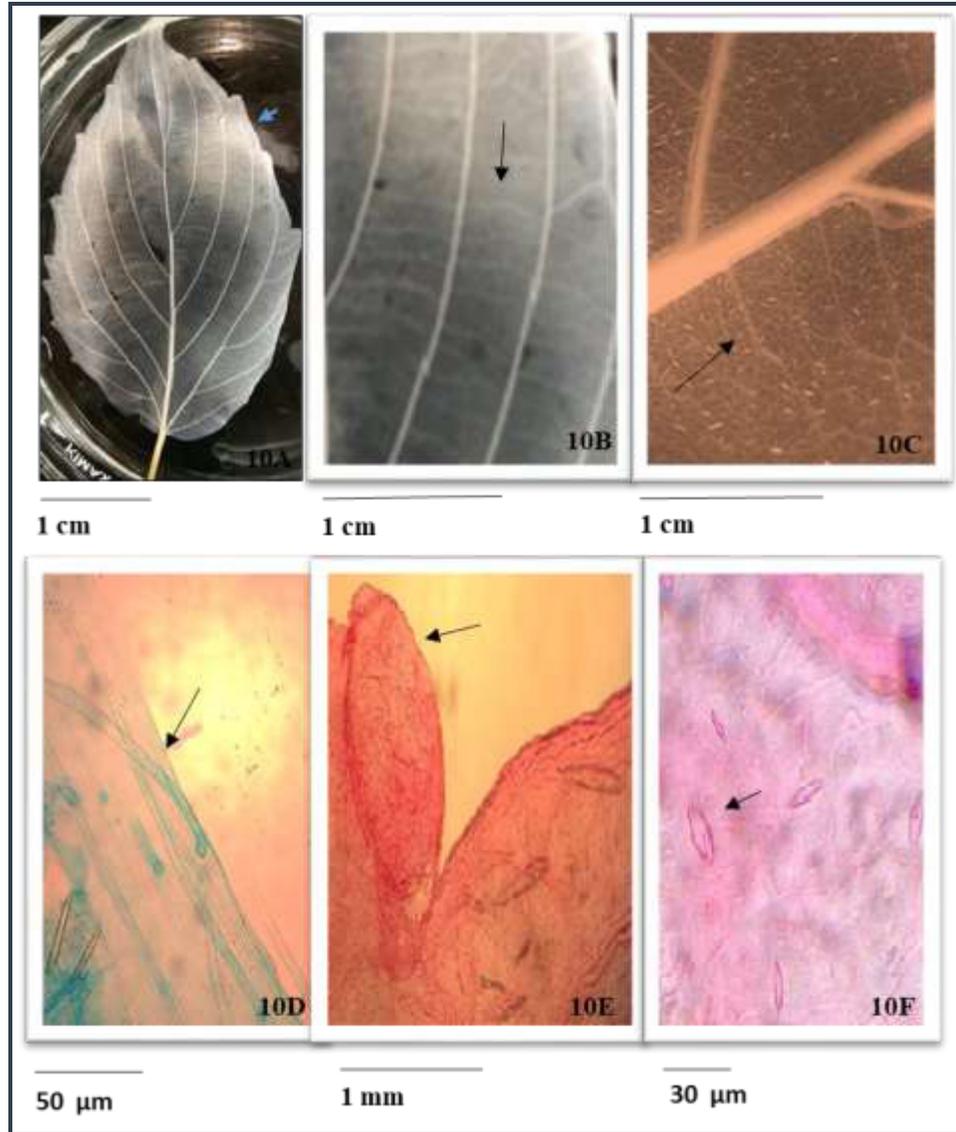


Fig. 10. *Gouania stipularis* DC. A, hoja con glándulas marginales prominentes como cúpulas, peciolo, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación craspedódroma; B, detalle de venas de segunda, tercera categoría alterno-percurrentes y las de cuarta reticuladas; C, venas de primera, segunda y tercera categorías con pubescencia, D, tricomas unicelulares; E, glándula prominente como una cúpula en un diente; F, estomas anomocíticos.

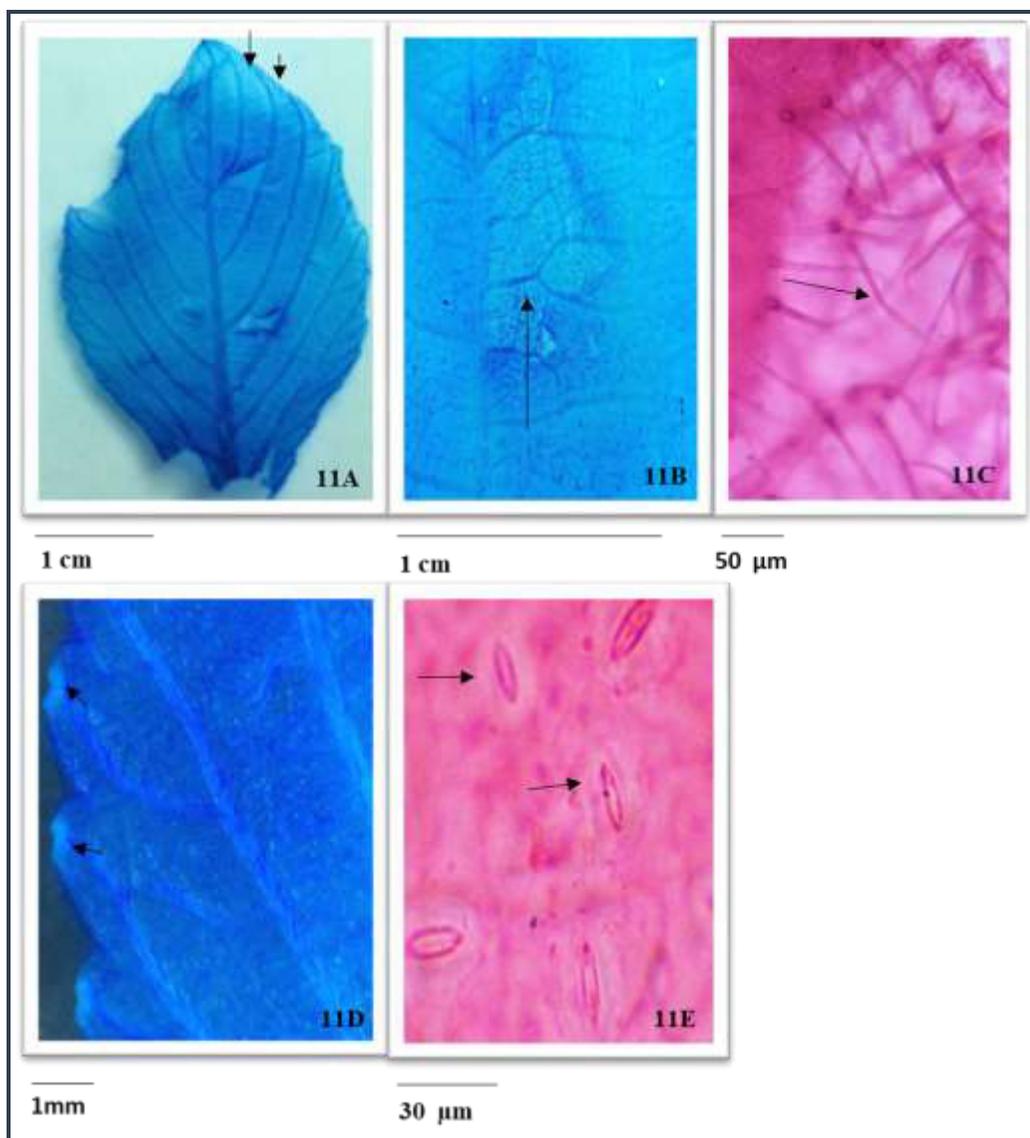


Fig. 11. *Gouania velutina* Reissek A, hoja con glándulas marginales, arquitectura foliar con venas de primera, segunda y tercera categoría, venación eucamptódroma-broquidódroma; B, detalle de las venas de segunda, tercera categoría alerno-percurrente y las de cuarta reticuladas; C, tricomas unicelulares; D, estructuras glandulares en cada crenación; E, estomas anomocíticos.

DISCUSIÓN

Al comparar los datos de la familia Rhamnaceae relacionados con la anatomía y arquitectura foliar se encontró que Meyer & Meola (1978), estudiaron caracteres morfológicos de hoja y tallo de algunas plantas leñosas de Texas, entre ellas *Colubrina texensis* (Torr. & Gray) Gray, *Condalia obtusifolia* (Hook.) Weberb. y *Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc. Encontraron como carácter común en estos géneros la ausencia de estomas en la superficie adaxial y en la superficie abaxial la densidad estomática fue de 369, 296 a 589 por mm² respectivamente, la longitud de los estomas de 18, 20 a 14 μm con estomas ranunculáceos, que según (Azcárraga, Bonfil, Ríos, & Sandoval (2010, p. 47) corresponden a los anomocíticos. Al comparar los datos

anteriores con los de *Gouania*, difieren en que, nueve especies son anfiestomáticas y solo *G. konzattii* los presentan en la superficie abaxial; la densidad estomática es mucho menor, los taxones que presentan la mayor densidad son *G. guiengolensis* donde el promedio de los tres especímenes es de 50 por mm² y en *G. pubidisca* de 37 por mm², el tamaño de los estomas oscilan entre 14 a 28 µm en las especies. Seguramente estas diferencias se deban a que son diferentes géneros y condiciones ambientales donde prosperan. Tienen en común, que ocho especies de *Gouania* presentan estomas de tipo anomocíticos al igual que los géneros citados por Meyer & Meola (1978).

Schirarend (1991) estudió la anatomía de la madera las Rhamnaceae de la Tribu Zizipheae, a la cual no pertenece *Gouania* y se hacen un par de menciones al tallo trepador de este género como una estrategia evolutiva.

Colares & Arambarri (2008) estudiaron la morfo-anatomía y arquitectura foliar de *Ziziphus mistol* y así pudieron caracterizar esta especie contribuyendo a la micro y macroidentificación del taxón, destacan el tipo de venación acródroma basal perfecta (con tres venas primarias y de ahí se constituyen las secundarias). El género que investigaron estos autores pertenece a una tribu diferente a *Gouania* y tienen en común el tipo de estomas anomocitos como predominantes, aunque *Ziziphus* también muestra estomas paracíticos y *Gouania* además presenta ciclocíticos y anomotetracíticos.

Shisode & Patil (2011) estudiaron la anatomía del peciolo de una especie de los géneros *Colubrina*, *Gouania*, *Pomaderris*, *Rhamnus*, dos de *Ventilago* y seis de *Ziziphus*, los autores mencionan que la anatomía del peciolo es útil para diferenciar los taxones. Se incluye a *Gouania microcarpa* DC., que destaca por presentar un contorno circular con un canal poco profundo adaxialmente y cavidades secretoras en la región cortical. No se menciona el tamaño de los peciolos, pero en el caso de las especies de *Gouania* presentes en México, las hojas son pecioladas y el largo varía de 4 a 30 mm de largo y de 1 a 3 mm de diámetro, pubescente o glabro.

A partir de la arquitectura foliar de las especies estudiadas se encontraron tres grandes grupos: Venación craspedódroma: *Gouania konzattii*, *G. eurycarpa*, *G. lupuloides* y *G. stipularis*. Venación eucamptódromo-broquidódroma: *G. guiengolensis*, *G. obamana*, *G. polygama*, *G. pubidisca* y *G. velutina*. Venación semicraspedódroma: *G. rosei*. Estas diferencias además de ayudar en la separación taxonómica pueden indicar relaciones entre grupos de taxones lo cual complementaría la revisión realizada por Pool (2014 a). En cuanto a la parte anatómica se encontraron tres tipos de estomas, los anomocíticos que son los que prevalecen, los ciclocíticos en *G. eurycarpa* y los anomotetracíticos en *G. obamana* que serían características adicionales distintivas.

Pool (2014a) refiere que en el estado de Chiapas puede presentarse hibridación entre *Gouania lupuloides* y *G. polygama* y ser confundidas con *G. konzattii*. Estos taxones tienen en común seis o siete pares de venas laterales, además de otros caracteres de la flor (Pool, 2014, p. 509). Estas tres especies se pueden separar por los rasgos de patrones de venación y anatómicos debido a que *G. lupuloides* tiene venación craspedódroma con cinco nervaduras y ausencia de glándulas en el margen, *G. polygama* con venación eucamptódromo-broquidódroma, glándulas en el margen, seis venas secundarias del lado derecho y cinco del lado izquierdo de la lámina foliar y *G. konzattii* aunque tiene venación craspedódroma al igual que *G. lupuloides*, presenta estructuras glandulares en el margen y siete venas secundarias en la lámina foliar.

Se considera que *G. eurycarpa* es difícil de separar de *G. lupuloides* (Pool, 2014, p 513), sin embargo, al comparar los caracteres que se obtuvieron de ambas especies, tienen en común la venación craspedódroma y cinco venas secundarias a cada lado de la lámina foliar, aunque *G. eurycarpa* presenta glándulas en el margen, estomas ciclocíticos y el primer par de venas secundarias no está ramificado, en cambio *G. lupuloides* no presenta glándulas en el margen y

el primer par de venas secundarias basales se ramifica formando arcos y los estomas son anomocíticos.

Gouania guiengolensis y *G. rosei* son muy afines y se distribuyen en la zona del Océano Pacífico desde Baja California y Sonora a Tehuantepec, Oaxaca, presentan estípulas sin lóbulos y la superficie abaxial de las hojas vellosas a pilosas (Pool, 2014 p. 518). Ambas especies pueden diferenciarse por caracteres de arquitectura foliar y anatómicos debido a que *G. guiengolensis* presenta venación eucamptódromo-broquidódroma con glándulas muy pequeñas en el margen, seis venas secundarias del lado izquierdo de la lámina foliar y cinco del derecho, mientras que en *G. rosei* la venación es semicraspedódroma con cuatro pares de venas secundarias a cada lado de la lámina foliar y las glándulas del margen son prominentes como una cúpula. También se menciona que varios ejemplares de *G. guiengolensis* fueron identificados como *G. lupuloides* (Pool, 2014a, p. 518), sin embargo a partir de este estudio, la primera especie tiene venación eucamptódromo-broquidódroma con glándulas pequeñas en el margen y la segunda con venación craspedódroma y sin glándulas.

Gouania obamana se considera una especie afín a *G. polygama* (Pool, 2014a, p. 526), sin embargo, a partir de los caracteres de patrones de venación y anatomía foliar fácilmente se separan, la primera tiene glándulas menores de 1 mm en el margen, cuatro venas secundarias del lado izquierdo de la lámina foliar y cinco del derecho, lámina coriácea, glabrescente y estomas anomotetracíticos, mientras *G. polygama* tiene glándulas marginales mayores de 1 mm, láminas foliares con seis venas del lado derecho y cinco del izquierdo, lámina membranosa, pilosa, estomas anomocíticos y ambas especies tienen en común la venación eucamptódromo-broquidódroma.

Pool (2014a) mencionó que Acevedo-Rodríguez (2003) separó *Gouania polygama* de *G. lupuloides* por la densidad de los tricomas en las hojas, la primera tiene un rango de pubescencia en la superficie abaxial desde densa a esparcida y en *G. lupuloides* la pubescencia en la abaxial es más bien esparcida o bien se restringe solo a las venas (Pool, 2014a, p. 530). En este trabajo se encontró que los tricomas en la superficie abaxial en *G. lupuloides* fueron de glabrescentes a esparcidos y en *G. polygama* son de esparcidos a densos, de tal manera, que por la pubescencia no es posible separar estos taxones. En términos generales, por las observaciones realizadas en este estudio, la cantidad de tricomas en las superficies de las hojas no es un buen carácter para separar taxones, en cambio la arquitectura y anatomía foliar aportan elementos para diferenciar las especies, así *Gouania lupuloides* se diferencia por la venación craspedódroma con el primer par inferior de venas de segunda categoría con ramificaciones que forman arcos y la ausencia de glándulas en el margen y *G. polygama* la venación es eucamptódromo-broquidódroma, con el par inferior de venas ramificadas no formando arcos, con estructuras secretoras en el margen.

Con frecuencia el nombre de *Gouania polygama* ha sido mal aplicado a especies como *G. konzattii*, *G. guiengolensis*, *G. pubidisca*, *G. rosei* y *G. velutina* por las hojas pubescentes (Pool, 2014a, p. 533). En este trabajo se encontró que las especies antes citadas presentan tricomas de esparcidos a densos según la localidad de recolecta, por lo que no se recomienda este carácter para la separación de taxones. Las especies antes referidas se diferencian por el tipo de venación, *Gouania konzattii* con venación craspedódroma y siete venas secundarias en la lámina foliar, glándulas marginales presentes no sobresalientes. *G. rosei* venación semicraspedódroma, venas secundarias cuatro de cada lado y glándulas marginales prominentes semejando una cúpula. En el resto de los taxones la venación es eucamptódromo-broquidódroma, *G. pubidisca* no presenta glándulas marginales, seis venas laterales del lado izquierdo y cinco del derecho de la lámina foliar. Las demás especies presentan glándulas marginales, *G. velutina* con seis venas secundarias a cada lado de la lámina foliar, *G. guiengolensis* con seis venas secundarias izquierdas y cinco derechas, glándulas menores de 1 mm y *G. polygama* con seis venas derechas y cinco izquierdas de la lámina foliar, glándulas mayores a 1 mm.

Pool (2014a) sugiere que *G. pubidisca* es afín a *G. rosei* (Pool, 2014a, p. 537), sin embargo, la arquitectura y la anatomía foliar es muy diferente, la primera tiene venación eucamptódromo-broquidódroma, sin glándulas en el margen y con seis venas secundarias del lado izquierdo y cinco al derecho de la lámina foliar y *G. rosei* con venación semicraspedódroma, glándulas prominentes a manera de cúpula y con cuatro venas secundarias a cada lado de la lámina foliar.

Gouania rosei fácilmente se reconoce por el tipo de fruto, pero *G. lupuloides*, *G. conzattii* y *G. polygama* que tienen una distribución geográfica que se sobrepone con *G. rosei* pueden ser confundidas cuando el fruto está ausente (Pool, 2014a, p. 539). En consideración a lo anterior, pueden reconocerse por la venación semicraspedódroma y las glándulas prominentes en forma de cúpula en *G. rosei*; la venación craspedódroma, ausencia de glándulas, cinco nervaduras secundarias en la lámina foliar en *G. lupuloides*; este mismo tipo de venación con glándulas y siete nervaduras secundarias en *G. conzattii* y venación eucamptódromo-broquidódroma y glándulas marginales en *G. polygama*.

Gouania stipularis se reconoce fácilmente por las estipulas trilobadas con un lóbulo lateral largo y foliáceo, sin embargo, algunos especímenes de *G. lupuloides* presentan estipulas bilabiadas y en ocasiones pueden tener un lóbulo largo foliáceo y además algunos especímenes de *G. stipularis* pueden perderlas y entonces se dificulta separarla de *G. lupuloides* (Pool, 2014a, p. 541). En cuanto a la arquitectura foliar, ambas especies presentan venación craspedódroma, *G. stipularis* tiene glándulas prominentes en forma de cúpulas en el margen de la hoja, cinco nervaduras secundarias por lado en la lámina foliar, el par inferior de venas secundarias ramificado, mientras que *G. lupuloides* no presenta glándulas en el margen, también presenta cinco nervaduras secundarias por lado en la lámina foliar y el primer par de venas de segunda categoría las ramificaciones forman arcos.

Algunos especímenes de *Gouania velutina* han sido erróneamente identificadas por su exomorfología como *G. polygama* o *G. eurycarpa* en el trabajo de Krings y Braham (2005) según lo cita (Pool, 2014a, p. 543). Al considerar la arquitectura y la anatomía foliar estos tres taxones pueden separarse ya que *G. velutina* y *G. polygama* presentan venación eucamptódromo-broquidódroma y estomas anomocíticos, la primera especie con seis venas a cada lado de la lámina foliar y *G. polygama* con seis venas secundarias del lado derecho y cinco venas del lado izquierdo y en *G. eurycarpa* el patrón de venación es craspedódroma con cinco venas secundarias por lado de la lámina foliar y estomas ciclocíticos.

La morfología del fruto de *Gouania guiengolensis* y *G. polygama* tienen en común presentarlos glabros o con pocos tricomas y en algunas colecciones se han confundido estas dos especies (Pool, 2014, p. 518). Estas dos especies son las que presentan más afinidad en la arquitectura y anatomía foliar, ambos tienen el mismo tipo de venación, sin embargo, la primera especie presenta seis nervaduras secundarias del lado izquierdo y cinco del derecho de la lámina foliar, con glándulas menores de 1 mm y la segunda con seis nervaduras del lado derecho y cinco del izquierdo de la lámina foliar, glándulas del margen mayores de 1 mm.

CONCLUSIONES

Se encontraron tres grupos de especies en relación a la venación de la lámina foliar, la craspedódroma, eucamptódromo-broquidódroma y semicraspedódroma. Estas diferencias además de ayudar en la separación taxonómica pueden indicar relaciones entre grupos de taxones que pueden marcar relaciones entre los mismos.

Los principales caracteres que apoyaron la separación de las especies es el tipo de arquitectura foliar; ausencia o presencia de glándulas en el margen, tamaño y si son prominentes o no;

número de venas en la lámina foliar y si el primer par de venas basales secundarias se ramifican o no.

Algunos caracteres que se utilizaron como información complementaria en la separación de las especies fue el tipo de margen de la lámina, la pubescencia como glabra a glabrescente, esparcida y densa así como las variaciones en las formas de las láminas foliares y los tipos de estomas anomocíticos, anomotetracíticos y ciclocíticos.

En cuanto a la anatomía foliar se tomaron en consideración los tres tipos diferentes de estomas. La densidad estomática y el tamaño de los mismos no aportaron diferencias para la separación de las especies.

Con base en los caracteres de arquitectura y anatomía foliar fue posible distinguir las especies del género *Gouania* que prosperan en México.

LITERATURA CITADA

- Acevedo Rodríguez, P. (2003). *Bejucos y Plantas Trepadoras de Puerto Rico e Islas Virgenes*. Smithsonian Institution, Washington DC. pp. 362-364.
- Aguirre Claverán, R., & Arreguín Sánchez, M. (1988). Claves de familias, géneros, especies y variedades de Pteridofitas de Nuevo León. *An. Esc. Nac. Cienc. Biol.*(29), 29-41.
- Azcárraga, Rosette, M., Bonfil Campos, A., Jáquez Ríos, M., & Sandoval Zapotitla, E. (2010). *Atlas de Anatomía Vegetal*. (F. d. Cuautitlán, Ed.) Ciudad de México, México: U.N.A.M. Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Brongniart, A. (1827). *Memoire sur la famille des Rhamnées, ou histoire naturelle des genres qui composent ce groupe de plantes* (Vol. 10). Paris: Ann. Sci. Nat.
- Colares, M. N., & Arambarri, A. M. (2008). *Ziziphus mistol* (Rhamnaceae): Morfoanatomía y Arquitectura Foliar. *Lat. Am. J. Pharm.*, 27(4), 568-577.
- Cortés, F. (1982). *Cuadernos de Histología Vegetal*. Ed. Marban. Madrid, España.
- Cusato, L. I., & Tortosa, R. D. (2013). Rhamnaceae. *Flora del Paraguay*. (44), 1-63. Chambésy: Conservatoire et Jardin botaniques, Ville de Genève. Obtenido de https://www.ville-ge.ch/cjb/fdp/publications/publications_pdf/Rhamnaceae_FDP_44.pdf
- Dilcher, D. L. (1974). Approaches to the Identification of Angiosperm Leaf Remains. *Bot. Rev.*, 40(1), 1-157.
- Fernandez N, R. (1996). Rhamnaceae. *Flora del Bajío y de Regiones adyacentes*(Fascículo 43), 1-69.
- Fernández, R. p.-8. (1993). La familia Rhamnaceae en México. Tesis de Doctorado. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México, D. F.
- Fernández-Nava, R. (1986). "Rhamnaceae". En *Flora de Veracruz*. (Fascículo 50), 32-36.
- Gola, G., Negri, G., & Cappelletti, C. (1965). *Tratado de Botánica. Segunda edición*. Ed. Labor, S. A. México.
- Gomes Bezerra, K. M., Soares Silva, L. H., & Gomes, S. M. (2011). Arquitectura foliar de las Lauraceae del Distrito Federal, Brasil y nuevos patrones de venación propuesto. *Gayana Bot.*, 68(1), 1-15.
- Hickey, L. J. (1973). Classification of the Architecture of Dicotyledonous Leaves. *Amer. J. Bot.*, 60(1), 17-33.
- Hickey, L. J. (1974). Clasificación de la arquitectura de las hojas de dicotiledoneas. *Bol. Soc. Argent. Bot.*, 16(1-2), 1-26.
- Hickey, L. J., & Wolfe, J. A. (1975). The Bases of Angiosperms Phylogeny: Vegetative Morphology. *Ann. Mo. Bot. Gard.*(62), 538-589.
- Jacquin, N. J. (1763). *Selectarum Stirpium Americanarum Historia*. 263.
- Johnston, M. C. (1971). Revision of Colubrina. *Brittonia*(23), 4-5.
- Jussieu, A. L. (1789). *Genera Plantarum. Apud Viduam Herissant. Paris*.

Recibido:
31/marzo/2021

Aceptado:
14/julio/2021

- Meyer, R. E., & Meola, S. M. (1978). Morphological Characteristics of Leaves and Stems of Selected Texas Woody Plants. *U.S. Dep. Agric. Tech. Bull.* 158091. doi:0.22004/ag.econ.158091
- Pool, A. (2014a). Taxonomic revisión of Gouania (Rhamnaceae) for North America. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 99(3), 490-552.
- Pool, A. (2014b). Rhamnaceae. En: Flora Mesoamericana. (G. Davidse, M. Sousa, & A. O. Charter, Edits.) 2(3), 1-116 Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden y The Natural History Museum.
- Schirarend, C. (1991). The Systematic Wood anatomy of the Rhamnaceae Juss. (Rhamnales). I. Tribu Zizipheae. *Iawa Bull. n.s.*, 12(4), 359-388.
- Shisode, S. B., & Patil, D. A. (2011). Petiolar anatomy in some Rhamnaceae. *Current Botany*, 2(9), 22-25.
- Standley, P. C. (1923). Rhamnaceae. Trees and Shrubs of Mexico. *Contr. U.S. Nat. Herb.* 23(6), 710-727.
- Wiggins, I. L. (1980). *Flora of Baja California*. Stanford University Press. Calif. pp 780-787.

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD
ANTIMICROBIANA DE SEMILLAS
DE *Leucaena esculenta* Y *Leucaena
leucocephala* RECOLECTADAS EN
TLAYACAPAN, MORELOS, MÉXICO**

**EVALUATION OF THE
ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF
Leucaena esculenta AND *Leucaena
leucocephala* SEED COLLECTED FROM
TLAYACAPAN, MORELOS (MEXICO)**

Mora-Villa, A.; R. Serrano-Parrales, R. Lira-Saade, M. Jiménez-Estrada y T. Hernández-Delgado.

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE SEMILLAS DE *Leucaena esculenta* Y *Leucaena leucocephala* RECOLECTADAS EN TLAYACAPAN, MORELOS, MÉXICO.

EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *Leucaena esculenta* AND *Leucaena leucocephala* SEED COLLECTED FROM TLAYACAPAN, MORELOS (MEXICO).

**EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DE SEMILLAS DE
Leucaena esculenta Y *Leucaena leucocephala* RECOLECTADAS
EN TLAYACAPAN, MORELOS, MÉXICO**

**EVALUATION OF THE ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF
Leucaena esculenta AND *Leucaena leucocephala* SEED COLLECTED
FROM TLAYACAPAN, MORELOS (MEXICO)**

Mora-Villa, A.;
R. Serrano-Parrales,
R. Lira-Saade,
M. Jiménez-Estrada
y T. Hernández-Delgado

EVALUACIÓN DE LA
ACTIVIDAD
ANTIMICROBIANA DE
SEMILLAS DE *Leucaena
esculenta* Y *Leucaena
leucocephala*
RECOLECTADAS EN
TLAYACAPAN, MORELOS,
MÉXICO

EVALUATION OF THE
ANTIMICROBIAL
ACTIVITY OF *Leucaena
esculenta* AND *Leucaena
leucocephala* SEED
COLLECTED FROM
TLAYACAPAN, MORELOS
(MEXICO)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 175-191. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.12

A. Mora-Villa / angeles_moravilla@comunidad.unam.mx

R. Serrano-Parrales

Laboratorio de Bioactividad de Productos Naturales, UBIPRO,
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México,
Av. De los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala,
Tlalnepantla 54090, Estado de México, México.

R. Lira-Saade

Laboratorio de Recursos Naturales, UBIPRO, Facultad de Estudios Superiores-
Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México,
Av. De los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 54090,
Estado de México, México.

M. Jiménez-Estrada

Laboratorio de Productos Naturales, Instituto de Química, UNAM,
México, Circuito exterior s/núm. Ciudad Universitaria,
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Cd. de México.

T. Hernández-Delgado

Laboratorio de Bioactividad de Productos Naturales, UBIPRO,
Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México,
Av. De los Barrios No. 1, Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla 54090,
Estado de México, México.

RESUMEN: *Leucaena esculenta* y *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) son especies conocidas en México como “guajes”, ambas se usan como recursos alimenticio y medicinal para aliviar enfermedades infecciosas. El objetivo del estudio fue determinar la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos, acetónicos y hexánicos de las semillas de *L. esculenta* y *L. leucocephala* recolectadas en la comunidad de Tlayacapan Morelos. Los extractos fueron obtenidos mediante la técnica de maceración con hexano, acetona y metanol a partir del mismo material vegetal y reducidos por destilación al vacío mediante el uso del rotavapor. La actividad antimicrobiana de los extractos se determinó, cualitativa y cuantitativamente en 20 cepas bacterianas, 3 cepas levaduriformes y 4 cepas de hongos filamentosos. En las pruebas cualitativas, se encontró actividad antimicrobiana en 6 cepas bacterianas (todas de *Staphylococcus aureus* y de *Escherichia coli*), 1 cepa de hongos levaduriformes y 4 de hongos miceliados. Mediante la técnica de microdilución en caldo, *E. coli* CUSI mostró valores de CMI de 2000 y 3000 µg/mL para *L. leucocephala* y *L. esculenta* respectivamente y para *S. aureus* CUSI, CMI = 4000 y 2000 µg/mL para *L. leucocephala* y *L. esculenta* respectivamente, ambas cepas sensibles a los extractos metanólicos. Los valores de CMB para las cinéticas de muerte (6000 µg/mL para *L. leucocephala* y 4000 µg/mL para *L. esculenta*) tuvieron efecto significativo en las primeras 10 horas de tratamiento. Por su parte, *Candida glabrata* fue susceptible a los

extractos metanólicos con valores de CFM de 4000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (*L. leucocephala*) y 6000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ (*L. esculenta*). Mediante la técnica de inhibición del crecimiento radial, fue reportado, que los valores más bajos de CF_{50} corresponden a los extractos acetónicos de semillas (*L. leucocephala* = 2.28 mg/mL y *L. esculenta* = 2.72 mg/mL) teniendo efecto significativo contra cepas de *Trichophyton mentagrophytes* y *Aspergillus niger* respectivamente. En los extractos metanólicos, acetónicos y hexánicos, se evidenció mediante pruebas coloridas, la presencia de alcaloides, triterpenos, monoterpénos, esteroides, saponinas y compuestos fenólicos, los cuales reportan potencial antimicrobiano. Los extractos metanólicos y acetónicos de semillas de ambos guajes presentaron actividad antimicrobiana sobre diferentes cepas de bacterias y hongos, validando así, el uso medicinal de este recurso por parte de la comunidad de Tlayacapan.

Palabras clave: Actividad antimicrobiana, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena esculenta*, plantas medicinales, Tlayacapan.

ABSTRACT: *Leucaena esculenta* and *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) are species known in Mexico as "guajes", both are used as food and medicinal resources to alleviate different infectious diseases. The objective of this study was to determine the antimicrobial activity of the methanolic, acetonetic and hexanic extracts of the seeds of *L. esculenta* and *L. leucocephala* collected in the community of Tlayacapan Morelos. The extracts were obtained by the maceration technique with hexane, acetone and methanol from the same plant material and reduced by vacuum distillation using a rotary evaporator. The antimicrobial activity of the extracts was determined qualitatively and quantitatively in 20 bacterial strains, 3 yeast strains and 4 strains of filamentous fungi. In qualitative tests, antimicrobial activity was found in 6 bacterial strains (all of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*), 1 strain of yeast fungi and 4 of mycelial fungi. Using the broth microdilution technique, *Escherichia coli* CUSI showed MIC values of 2000 and 3000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ for *L. leucocephala* and *L. esculenta* respectively and for *Staphylococcus aureus* CUSI, MIC = 4000 and 2000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ for methanolic extracts of *L. leucocephala* and *L. esculenta* respectively. The MBC values for the kinetics of death (6000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ for *L. leucocephala* and 4000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ for *L. esculenta*) had a significant effect in the first 10 hours of treatment. Meanwhile, *Candida glabrata* was susceptible to methanolic extracts with MFC values of 4000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ (*L. leucocephala*) and 6000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ (*L. esculenta*). In radial growth inhibition technique, it was reported that the lowest values of CF_{50} correspond to the acetonic extracts of seeds (*L. leucocephala* = 2.28 mg / mL and *L. esculenta* = 2.72 mg / mL) having a significant effect against strains *Trichophyton mentagrophytes* and *Aspergillus niger*, respectively. In qualitative tests for the determination of secondary metabolites, the presence of alkaloids, triterpenes, monoterpénos, steroids, saponins and phenolic compounds were found, which report antimicrobial potential. The methanolic and acetonetic extracts from the seeds of both guajes showed significant biological activity on different strains of bacteria and fungi, thus validating the medicinal use of this resource by the Tlayacapan community.

Key words: Antimicrobial activity, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena esculenta*, medicinal plants, Tlayacapan.

INTRODUCCIÓN

Las especies vegetales han sido utilizadas por el hombre desde la antigüedad para cubrir sus necesidades básicas, entre las que destacan el uso alimenticio y medicinal. Además, desde hace años el uso terapéutico de las plantas se ha vinculado a países con gran base cultural y biodiversidad, como México (Waizel, 2006). En el territorio mexicano, el término "guaje" es utilizado para designar, entre otras acepciones, a una diversidad de especies vegetales que pertenecen al género *Leucaena* de la familia Fabaceae (Peralta *et al.*, 2017). Estudios etnobotánicos realizados en el estado de Morelos, identifican el uso medicinal de muchas leguminosas, entre ellas *L. leucocephala* y *L. esculenta* (guaje blanco y rojo respectivamente), las cuales se consideran, para curar enfermedades infecciosas como las respiratorias o gastrointestinales (Osuna *et al.*, 2005; Quevedo, 2015; Román, 2015).

El género *Leucaena*, originario de México, está compuesto por 24 especies de árboles y arbustos, distribuidos desde Texas, Estados Unidos hasta Perú. Muchas de las especies han sido utilizadas como alimentación, para la construcción de viviendas y en el área terapéutica de diversas etnias del territorio mexicano (Zárate, 1994). Estudios etnobotánicos y fitoquímicos en México (Orozco *et al.*, 2020; Sepúlveda *et al.*, 2018; Peralta *et al.*, 2017; Zárate, 1987) reportan efectos afrodisíacos, eupépticos, antiparasitarios y antimicrobianos de extractos de hojas y semillas de *L. leucocephala* y *L. esculenta*. En cuanto a los estudios antimicrobianos, se reporta actividad antimicrobiana de los extractos de hojas y semillas de *L. leucocephala* sobre cepas de *Vibrio cholerae*, *Shigella flexneri*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa* (Dago *et al.*, 2020; Savita & Preeti, 2015; Mathur *et al.*, 2013; Nwe *et al.*, 2001). Se sabe que la semilla fresca contiene compuestos fenólicos tales como taninos, flavonoides y antocianinas, entre otros metabolitos secundarios (Román *et al.*, 2014); estas biomoléculas tienen propiedades, antimicrobianas, antioxidantes, anticancerígenas, cicatrizantes, entre otros (Ávalos & Pérez, 2009). Sin embargo, algunas plantas del género poseen un alcaloide tóxico al que se le atribuye efecto antimotilicida conocido como mimosina, (Shelton *et al.*, 2019). En consecuencia, el estudio se enfocó en evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos metanólicos, acetónicos y hexánicos de semillas de *L. leucocephala* y *L. esculenta* sobre diferentes cepas de interés médico. Con la finalidad de recabar datos sobre plantas nativas de México, ya que la mayoría de los reportes antimicrobianos provienen de investigaciones extranjeras.

MATERIALES Y MÉTODO

Material vegetal y zona de estudio

Las semillas de ambos guajes se recolectaron en la localidad de Tlayacapan, Morelos en julio de 2018 y fueron identificadas por el Biol. Daniel Román Salazar. La zona se encuentra geográficamente ubicada al norte a una latitud de 18°59'34", al sur a 18°53'37", al este a una longitud de 98°55'15" y 99°00'58" a el oeste. Un ejemplar de cada especie (número de registros: MVA118 y MVA119) fue depositado en el "Herbario IZTA" de la Facultad de Estudios Superiores (FES), Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Las semillas fueron extraídas de las vainas y el material vegetal se puso a secar por una semana a temperatura ambiente sin luz directa del sol, posterior a sequedad, fueron puestas en un molino manual para triturar el material y que éste estuviera en contacto con los solventes a utilizar.

Obtención de extractos.

Los extractos de *L. leucocephala* y *L. esculenta* fueron obtenidos mediante la técnica de maceración con solventes de diferente polaridad: hexano, acetona y metanol de forma subsecuente y a partir del mismo material vegetal. Se partió de un total de peso seco de semillas de: 434.34 g del guaje blanco y 458.63 g del guaje rojo colocados en matraces de 1L de capacidad durante 3 días por solvente. El macerado fue reducido cada vez mediante el uso de un equipo de arrastre de vapor a presión reducida acoplado a un rotavapor Heidolph Laborota 4001. El equipo se controla de manera que no sobrepase la temperatura de ebullición de cada solvente (hexano: 60 a 65 °C, acetona: 50 a 60 °C y metanol: 65 a 70 °C). Los extractos son colocados en un desecador y posterior a la evaporación del solvente, es calculado su rendimiento a través de una relación matemática del peso total del material respecto al del extracto obtenido. (Domínguez, 1978; Sierra *et al.*, 2018).

Bioensayos

Cepas utilizadas

Cepas de bacterias Gram positivas: *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Micrococcus luteus* ATCC 10240, *Staphylococcus epidermidis* ATCC 12228 y *Enterococcus faecalis* ATCC 14506 (cepas de catálogo); *S. aureus* FES-C y *S. epidermidis* FES-C (cepas donadas por el Laboratorio de Microbiología de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES-C), UNAM); *S. aureus*

23MR, *S. aureus* CUSI y *S. aureus* cc (cepas multirresistentes de casos clínicos donadas por el Laboratorio de Análisis de la Clínica Universitaria de Salud Integral (CUSI) de la FES Iztacala, UNAM). Cepas de bacterias Gram negativas: *Vibrio cholerae* ATCC 39540, *Enterobacter gergoviae* ATCC 33028 y *Enterobacter aerogenes* ATCC 13048, *Salmonella typhimurium* ATCC 19430, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Serratia marcescens* ATCC 14756, *Salmonella enterica* subsp. *enterica* serovar *typhi* ATCC 7251, *Klebsiella oxytoca* ATCC 8724 y *Klebsiella pneumoniae* ATCC 27853 (cepas de catálogo); *Escherichia coli* 82MR, *E. coli* ATCC 25922 y *Escherichia coli* CUSI (donadas por el Laboratorio de Análisis clínicos de la CUSI de la FES Iztacala, UNAM).

Cepas de hongos levaduriformes: *Candida albicans* 17MR (donada por el laboratorio de análisis clínicos CUSI, FES Iztacala, UNAM); *C. glabrata* y *C. tropicalis* (aisladas de casos clínicos y donadas por el Hospital Ángeles Metropolitano). Cepas de hongos filamentosos: *Trichophyton mentagrophytes* (CDBB-H1112), *Aspergillus niger* (donado por el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Unidad de Biotecnología y Prototipos (UBIPRO), FES Iztacala, UNAM); *Fusarium moniliforme* (CDBBH-265) y *F. sporotrichioides* (NRLL3299).

Evaluación de la actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana de los extractos de semilla de *L. esculenta* y *L. leucocephala* fue evaluada mediante el método de difusión en agar (Balouiri *et al.*, 2016; CLSI, 2012b). Se prepararon inóculos bacterianos en 10 mL de caldo Müller-Hinton (Bioxon) y se incubaron a 37 °C durante 24 h. Los inóculos se ajustaron con solución salina estéril para obtener la turbidez del estándar de McFarland No. 0.5 (10^8 UFC/mL). Se sembraron inóculos bacterianos en placas de agar Müller-Hinton con un hisopo para el crecimiento del césped microbiano. Sobre la superficie del agar se colocaron discos de papel filtro (Whatman N° 5) de 5 mm de diámetro impregnados 24 horas antes, con 2mg de extracto (por disco). Como control positivo se utilizaron discos impregnados con 25 µg de cloranfenicol y como control negativo discos con 10 µL de solvente (hexano, acetona o metanol). Las placas se incubaron a 37 °C durante 18 h. Los halos de inhibición se reportan en mm.

La concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB) se estimó, mediante el método de microdilución en caldo (CLSI, 2012a). Se utilizaron diluciones de extractos de semillas de: 0, 125, 250, 750, 1000, 1500, 2000, 3000 y 4000 µg/mL. Los tubos se inocularon con una suspensión de microorganismos de 50µL de 10^5 UFC/mL en caldo Müller-Hinton (Bioxon) y 50 µL más del extracto de semillas en las placas estériles de 96 pozos. Los valores de CMI se definen como la concentración mínima de extracto que evita el crecimiento bacteriano visible después de 20 h de incubación a 37 °C. El valor de CMB se define como la concentración mínima en la que no hay crecimiento bacteriano alguno, es decir que se destruye el 100% de la población bacteriana, después de 20 h de incubación a 37 °C. Para revelar los resultados se utiliza TTC al 0.08% que indica respiración microbiana. Se utilizó cloranfenicol como fármaco de referencia y como controles negativos únicamente el solvente correspondiente.

La cinética de muerte muestra el efecto antimicrobiano dependiente del tiempo y de la concentración. Se empleó una suspensión bacteriana de 10^5 UFC/mL en caldo Müller-Hinton y cuatro tubos donde, el primer, segundo y tercer tubo contuvieron el extracto antibacteriano en concentraciones finales de $\frac{1}{2}$ CMI, CMI y CMB. El cuarto tubo correspondió al grupo control sin la presencia de extracto vegetal. Los inóculos microbianos (100 µL) se agregaron a cada tubo y se incubaron por 24 h a 37 °C, tiempo durante el cual se tomaron alícuotas de 50 µL a la hora: 0, 2, 4, 6, 8, 12 y 24. Posteriormente, las muestras se sembraron en placas de agar Müller-Hinton e incubaron por 24 h a 37 °C. Finalmente, se realizó el conteo en placa de las UFC, las cuales representaron el número de supervivientes, expresando el resultado en log₁₀ (Balouiri *et al.*, 2016; CLSI, 1998).

Evaluación de la actividad antifúngica

La actividad antifúngica se determinó utilizando el método de difusión en agar para la prueba de susceptibilidad de levaduras (CLSI, 2004). Se prepararon inóculos de levadura en 10 mL de caldo Dextrosa Sabouraud (Bioxon) y se incubaron a 37 °C durante 24 h. Los inóculos se ajustaron con solución salina estéril para obtener la turbidez del estándar de McFarland No. 0.5 (10^8 UFC/mL). Los inóculos de levadura se sembraron con un hisopo en placas de agar papa dextrosa (PDA) (Bioxon) para aplicar un césped fúngico. Sobre la superficie del agar se colocaron discos de papel filtro (Whatman N° 5) de 5 mm de diámetro impregnados con 2 mg de extracto (por disco) con 24 horas previas de preparación. Como control positivo se utilizaron discos impregnados con 30 µg de nistatina y como control negativo discos con 10 µL de disolvente. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 h. Los halos de inhibición se reportan en mm.

La concentración fungicida mínima (CFM) se estimó con el método de microdilución en caldo. La técnica con cepas levaduriformes se realizó de la misma forma que con las cepas bacterianas (CLSI, 2012a). Se utilizaron diluciones de los extractos metanólicos, acetónicos y hexánicos en concentraciones de 0, 125, 250, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 5000 y 6000 µg /mL. Los tubos se inocularon con una suspensión de microorganismos de 10^5 UFC/mL en caldo Dextrosa Sabouraud (Bioxon). Los valores de CFM se definen como la concentración de extracto más baja que evita el crecimiento visible de levaduras después de 20 h de incubación a 37 °C. Se utilizó nistatina como fármaco de referencia y como controles negativos únicamente el disolvente correspondiente. (Balouiri *et al.*, 2016).

La prueba de susceptibilidad de hongos filamentosos, se llevó a cabo con el método de inhibición del crecimiento radial (CLSI, 2010). En placas de Petri con agar papa-dextrosa (PDA) fue inoculado el micelio (1 mm de diámetro) en el centro de cada placa. Sobre la superficie del agar se colocaron discos de papel filtro (Whatman N° 5) de 5 mm de diámetro impregnados con 2 mg de extracto, separados tres cm del botón de micelio sembrado, medida que permite el crecimiento adecuado del hongo. Como control positivo se utilizaron discos impregnados con 56 µg de ketoconazol y como control negativo discos con 10 µL de disolvente. Las placas se incubaron a 28 °C durante 72 a 96 h, hasta que el micelio cubrió la superficie del agar. Se consideró que los discos con los extractos que mostraban áreas de inhibición del crecimiento micelial tenían actividad antifúngica y se notificaron como positivos. (Curiel *et al.*, 2017; Balouiri *et al.*, 2016; Scrase, 1995).

La estimación de la concentración fungicida media (CF_{50}) se determinó en placas de 12 pocillos. El extracto a diferentes concentraciones fue incorporado al agar PDA fundido. Posteriormente, se inoculó la placa con una muestra de micelio de 1 mm de diámetro en el centro de cada pocillo. Las placas se incubaron a 28 °C durante 48 - 72 h, hasta que el crecimiento micelial cubrió la superficie del agar en los pocillos de control, lo que representó el 100% de crecimiento del hongo. Se midió el diámetro del micelio de cada pozo a las diferentes concentraciones y con ello se determinó la actividad antifúngica y la CF_{50} (Curiel *et al.*, 2017; Balouiri *et al.*, 2016). El efecto antifúngico se estimó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Actividad antifúngica (\%)} = ((D_c - D_s) / D_c) \times 100$$

Donde:

D_c = diámetro de crecimiento en la placa de control

D_s = diámetro de crecimiento en la placa que contiene el agente antifúngico ensayado.

Obteniendo el porcentaje, se calculó la CF_{50} , mediante un modelo logarítmico. Se grafica la concentración (eje x) respecto al porcentaje de inhibición o actividad antifúngica (eje y). En la ecuación logarítmica que brinda el programa Excel, se busca el valor (x) de la concentración para un porcentaje de inhibición del 50% ($y=50$).

Finalmente, cabe resaltar, que todas las técnicas microbiológicas para evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de semillas de ambas especies de guaje, fueron llevadas a cabo en condiciones de esterilidad en campana de flujo laminar, con equipo y material previamente esterilizado en autoclave Modelo CVQ-B100L y acorde a los procedimientos del CLSI.

Determinación cualitativa de metabolitos secundarios

Los grupos funcionales de los metabolitos contenidos en el extracto se detectaron mediante un análisis fitoquímico cualitativo a partir de una solución estándar de cada extracto de 2 mg/ ml disuelto en metanol. Los compuestos fenólicos se detectaron a través de la prueba de cloruro férrico, observándose una coloración azul o verde. La prueba de taninos utiliza el tubo de solución fenólica positiva más reactivo de gelatina obteniendo un precipitado verde. Los alcaloides se detectaron mediante la prueba de Dragendorff a través de un precipitado rojo, mientras que con el reactivo de Mayer la prueba positiva para alcaloides es un precipitado lechoso. La prueba de glucósidos utiliza como reactivos α -naftol y HCl concentrado, observando un anillo púrpura. La detección de saponinas consistió en espuma que permanece durante al menos un minuto posterior a agitación vigorosa. Respecto a la prueba de cumarinas se utilizó NaOH al 10% y HCl al 10%, con un viraje inicial de amarillo a transparente como prueba positiva. Los triterpenos y esteroides se detectaron a través de la prueba de Lieberman-Buchard mediante una tinción azul o verde para esteroides y para triterpenos coloración roja, violeta o naranja. La prueba de monoterpenos se realiza con vainillina y H₂SO₄ obteniendo un halo azul, verde, violeta o naranja (Bulugahapitiya, 2018; Miranda & Cuellar, 2001; Domínguez, 1978; Marcano & Hasegawa, 2002).

Análisis estadísticos

Los resultados se expresan como el promedio y desviación estándar, n=3 de los datos de las pruebas cualitativas antimicrobianas realizadas; los valores se calcularon con el programa PAST (2020) versión 4.03. (Hammer *et al.*, 2020). Por otro lado, se realizó un ANOVA de correlación para cada tendencia de crecimiento bacteriano con un $\alpha=0.05$, para encontrar significancia en las cinéticas de muerte; los valores se calcularon con la versión 3.6.1. de R-Studio (2019) (Ross & Gentleman, 2019). Los valores de CF₅₀ se calcularon mediante el modelo logarítmico utilizando el programa Microsoft Excel versión 19.0 (2018) (Brodie & Simonyi, 2020). La significancia de los valores de la CF₅₀ se realizó con un ANOVA de correlación con un $\alpha=0.05$.

RESULTADOS

Rendimientos

Los rendimientos de los extractos de semillas obtenidos fueron los siguientes: guaje blanco: hexano 8.48 g (1.95%), acetona 2.94 g (0.67%) y metanol 23.02 g (5.29%); guaje rojo: hexano 19.67 g (4.28%), acetona 2.98 g (0.64%) y metanol 19.82 g (4.32%). Se partió de un total de peso seco de semillas de: 434.34 g del guaje blanco y 458.63 g del guaje rojo.

Actividad antibacteriana

Los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad antibacteriana de los extractos de hexano, acetona y metanol de *L. leucocephala* y *L. esculenta* se muestran en el cuadro 1.

Se puede observar que 5 de los 6 extractos de semillas de guajes fueron activos para 6 cepas bacterianas, todas del género *Staphylococcus* y *Escherichia*. Se aprecia también, que los extractos de *L. leucocephala* mostraron actividad antibacteriana en un mayor número de cepas. Extracto hexánico: una cepa, extracto acetónico: 2 cepas y extracto metanólico: 4 cepas. Mientras que los extractos de semillas de *L. esculenta* mostraron actividad solo para el extracto hexánico: 2 cepas y metanólico: 4 cepas. Para la determinación de la CMI mediante la técnica de microdilución en caldo se observa que el valor más bajo registrado es de 2000 μ g/mL para

el extracto metanólico de guaje blanco sobre *E. coli* CUSI y para los extractos hexánico y metanólico del guaje rojo sobre *S. aureus* ATCC 29213 y *S. aureus* CUSI respectivamente.

Cuadro 1. Actividad antibacteriana de los extractos hexánico, acetónico y metanólico de *L. leucocephala* y *L. esculenta*.

Cepa	Halos de inhibición (mm)				CMI µg/mL			
	Hexano	Acetona	Metanol	Control positivo	Hexano	Acetona	Metanol	Control positivo
<i>L. leucocephala</i>								
E.c. CUSI	na	na	6.33±0.6	23.00±0.00	na	na	2000	4.0
E.c. MR	na	na	na	22.67±0.47	na	na	na	4.0
S.a. MR	na	na	9.33±0.6	22.33±0.47	na	na	4000	7.0
S.a. ATCC	6.0±0.0	6.0±0.0	6.0±0.0	22.33±0.47	3000	4000	4000	2.0
S.a. CUSI	na	7.0±0.0	7.33±0.6	22.33±0.47	na	4000	4000	4.0
S.a. FES-C	na	na	na	22.33±0.47	na	na	na	4.0
<i>L. esculenta</i>								
E.c. CUSI	na	na	6.67±0.58	23.00±0.00	na	na	3000	4.0
E.c. MR	na	na	6.33±0.58	22.67±0.47	na	na	3000	4.0
S.a. MR	na	na	na	22.33±0.47	na	na	na	7.0
S.a. ATCC	6.33±0.58	na	na	22.33±0.47	2000	na	na	2.0
S.a. CUSI	na	na	7.33±1.53	22.33±0.47	na	na	2000	4.0
S.a. FES-C	6.0±0	na	6.0±0	22.33±0.47	3000	na	3000	4.0

E.H: Extracto hexánico, E.A: Extracto acetónico, E.M: Extracto metanólico, C.p: control positivo, E.c. CUSI: *E. coli* CUSI, E.c. MR: *E. coli* 82MR, S.a. MR: *S. aureus* 23MR, S.a. ATCC: *S. aureus* ATCC 29213, S.a. CUSI: *S. aureus* CUSI, S.a. FES-C: *S. aureus* FES-C. na: no actividad. Control positivo: Cloranfenicol. El control negativo en todos los casos no tuvo efecto alguno sobre las cepas bacterianas.

Los resultados obtenidos en las cinéticas de muerte se pueden observar en las figuras 1, 2 y 3 para la cepa de *S. aureus* CUSI, la cual fue susceptible a los extractos acetónico y metanólico de ambas especies de guajes. El efecto antibacteriano de los extractos de semillas de ambas especies del género *Leucaena* fue significativo con un $\alpha=0.05$ para las CMB evaluadas.

En la figura 1, se observa el efecto bactericida desde la primera hora de exposición de la cepa bacteriana al extracto acetónico de semillas de guaje blanco, ya que eliminó el 99.99% de UFC con una concentración de 6000 µg/mL. En el segundo caso (Fig. 2), la cepa mostró una disminución significativa de UFC respecto al control luego de doce horas de exposición del microorganismo al extracto metanólico de la semilla de guaje blanco a una concentración de 6000 µg/mL. Por otro lado, en la figura 3 se observa que el microorganismo expuesto al extracto metanólico de semillas de guaje rojo mostró un efecto bacteriostático y una disminución significativa en la población bacteriana en comparación con el grupo control a una concentración de 4000 µg/mL.

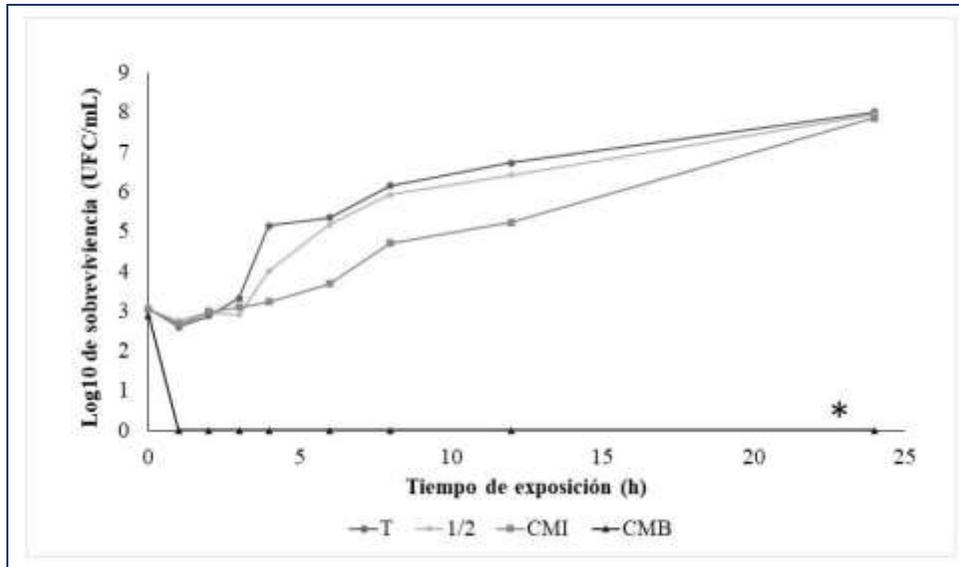


Fig. 1. Cinética de muerte para *S. aureus* CUSI del extracto acetónico de semilla de *L. leucocephala*. T: testigo: sin extracto, 1/2 CMI: 2000 µg/mL, CMI: 4000 µg/mL, CMB: 6000 µg/mL. *Significancia de CMB. $\alpha=0.05$

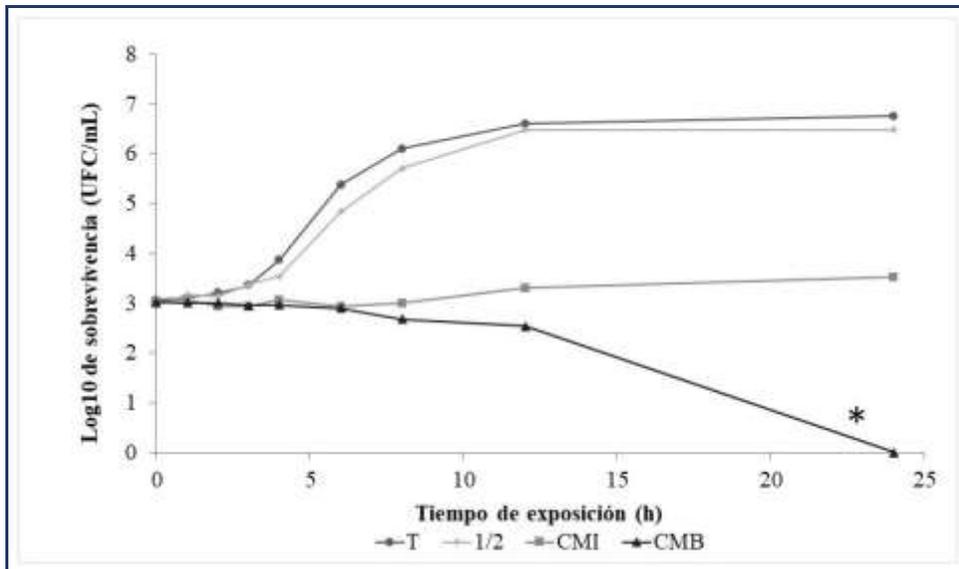


Fig. 2. Cinética de muerte para *S. aureus* CUSI del extracto metanólico de semilla de *L. leucocephala*. T: testigo: sin extracto, 1/2 CMI: 2000 µg/mL, CMI: 4000 µg/mL, CMB: 6000 µg/mL. *Significancia de CMB. $\alpha=0.05$

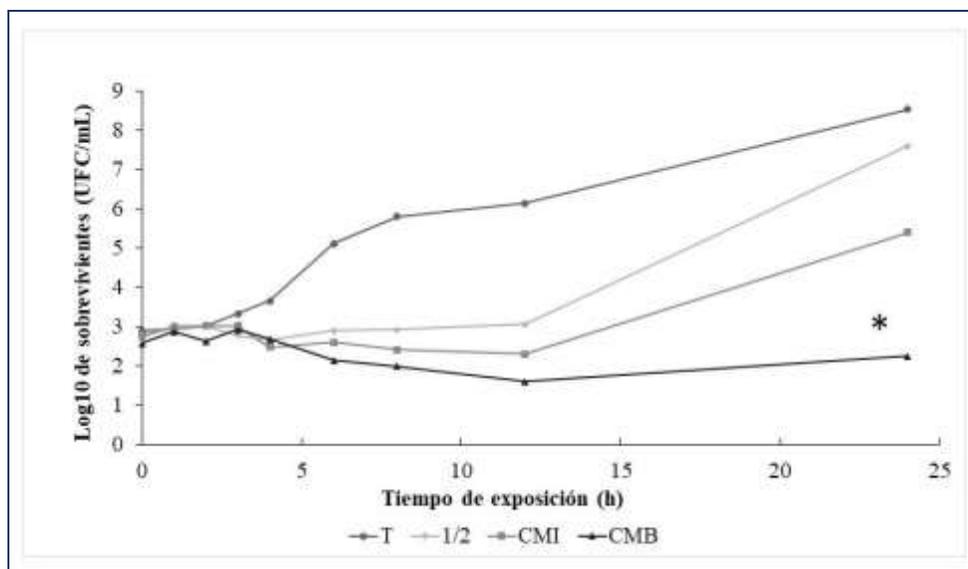


Fig. 3. Cinética de muerte para *S. aureus* CUSI del extracto metanólico de semilla de *L. esculenta*. T: testigo: sin extracto, 1/2 CMI: 1000 µg/mL, CMI: 2000 µg/mL, CMB: 4000 µg/mL. *Significancia de CMB. $\alpha=0.05$

Actividad antifúngica

Los resultados obtenidos en la evaluación de la actividad antifúngica de los extractos de hexano, acetona y metanol de *L. leucocephala* y *L. esculenta* se muestran en el cuadro 2. Se observó que tanto el extracto metanólico de semillas de guaje blanco como de guaje rojo tuvieron efectos inhibitorios contra *C. glabrata*. Para la determinación de la CFM se observa que el valor más bajo registrado es de 4000 µg/mL para el extracto metanólico de guaje blanco sobre *C. glabrata*. Se aprecia que los extractos de *L. leucocephala* mostraron actividad antifúngica en un mayor número de cepas de hongos miceliados. Extracto hexánico: una cepa, extracto acetónico: 2 cepas y extracto metanólico: 1 cepa. Mientras que los extractos de semillas de *L. esculenta* mostraron actividad solo para el extracto acetónico: 2 cepas. La CF_{50} determinada para las diferentes cepas de hongos filamentosos se realizó con una $p < 0.05$, por lo que se demuestra una disminución significativa del crecimiento radial de estos hongos al contacto con los extractos vegetales. Los valores de los controles positivos de la prueba se muestran en el cuadro 3.

Cuadro 2. Actividad antifúngica de los extractos hexánico, acetónico y metanólico de *L. leucocephala* y *L. esculenta*.

Cepa	Extractos									
	Halos de inhibición (mm)			CFM µg/mL	CF ₅₀ (mg/mL)					
	E.H	E.A	E.M		E.H	p	E.A	p	E.M	p
<i>L. leucocephala</i>										
C. g.	na	na	7.33±0.6	4000	-	-	-	-	-	-
T.m.	na	+	na	-	na	-	2.28	2.03e ⁻⁰⁷	na	-
A.s.	na	na	na	-	na	-	na	-	na	-
F.m.	+	na	na	-	2.94*	9.04 e ⁻⁰³	-	-	-	-
F.s.	na	+	+	-	-	-	2.93	9.13 e ⁻⁰⁴	4.22	4.0 e ⁻⁰⁴
<i>L. esculenta</i>										
C. g.	na	na	6.0±0.0	6000	-	-	-	-	-	-
T.m.	na	na	na	-	na	-	na	-	na	-
A.s.	na	+	na	-	na	-	2.72	6.82 e ⁻⁰⁵	na	-
F.m.	na	+	na	-	na	-	4.69	3.21 e ⁻⁰³	na	-
F.s.	na	na	na	-	na	-	na	-	na	-

Levaduras: C.g. *C. glabrata*: aislada de un caso clínico donada por el Hospital Ángeles Metropolitano. Hongos filamentosos: T.m. *T. mentagrophytes* CDBB-H1112. A.s. *A. niger* (donada por el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UBIPRO, FES Iztacala), F.m. *F. moniliforme* (CDBBH-265), F.s. *F. sporotrichioides* (NRLL3299). E.H: extracto hexánico, E.A: extracto acetónico, E.M: extracto metanólico; + : prueba positiva; - : no aplica. na: no actividad. p: valor de p <0.05. *: CF₂₅ mg/mL. El control negativo en todos los casos no tuvo efecto alguno sobre las cepas bacterianas

Cuadro 3. Actividad antifúngica de los fármacos control.

Cepa	Controles positivos			
	Halos de inhibición (mm)			
	Nistatina (30 µg/disco)	Ketoconazol (56 µg/disco)	CFM µg/mL	CF ₅₀ µg/mL
C. g.	22.00±0.00	-	8.0	-
T. m.	-	+	-	2
A. s.	-	+	-	15
F.m.	-	+	-	2
F.s.	-	+	-	2

Levaduras: C.g. *C. glabrata*: aislada de un caso clínico donada por el Hospital Ángeles Metropolitano. Hongos filamentosos: T.m. *T. mentagrophytes* CDBB-H1112. A.s. *A. niger* (donada por el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la UBIPRO, FES Iztacala), F.m. *F. moniliforme* (CDBBH-265), F.s. *F. sporotrichioides* (NRLL3299). +: prueba positiva; -: no aplica. na: no actividad.

Los metabolitos secundarios contenidos en los extractos indicaron la presencia de grupos como alcaloides, glucósidos, saponinas, compuestos fenólicos, triterpenos, esteroides y monoterpenos. (cuadro 4).

Cuadro 4. Grupos de metabolitos secundarios de los extractos hexánico, acetónico y metanólico de *L. leucocephala* y *L. esculenta*.

Grupos de metabolitos secundarios	E.H		E.A		E.M	
	L. l.	L. e.	L. l.	L. e.	L. l.	L. e.
Compuestos fenólicos	-	-	+	-	+	-
Taninos	-	-	-	-	-	-
Alcaloides (Dragendorff)	-	+	-	-	-	-
Alcaloides (Mayer)	+	+	+	+	-	-
Glicósidos	-	-	-	-	+	+
Saponinas	-	-	-	-	+	+
Cumarinas	-	-	-	-	-	-
Triterpenos y esteroides	+	+	+	+	-	-
Monoterpenos	+	+	+	+	-	-

E.H: extracto hexánico, E.A: extracto acetónico, E.M: extracto metanólico; L. l. *L. leucocephala*. L. e. *L. esculenta*; +: prueba positiva; -: prueba negativa

DISCUSIÓN

El mayor rendimiento, corresponde a los extractos metanólicos de ambas especies de guaje, lo que sugiere que la mayoría de los metabolitos contenidos en estas plantas son de naturaleza polar, como fenoles, taninos o saponinas, entre otros. Trabajos realizados por Savita & Preeti (2015) con tres extractos diferentes de hojas de *L. leucocephala* reportaron que el extracto metanólico tuvo un rendimiento de 2.43% en comparación con los extractos obtenidos con acetona y cloroformo (1.05 y 0.96% respectivamente). Un estudio de Román *et al.* (2014) reporta un mayor contenido de lípidos en las semillas del guaje rojo (3.65%) con respecto al guaje blanco (2.11%), lo que podría explicar un alto rendimiento con el extracto hexánico, ya que los compuestos lipídicos son solubles en disolventes apolares.

El efecto de los extractos metanólicos del guaje blanco y rojo sobre las cepas bacterianas, muestra diámetros de inhibición mayores respecto a los demás extractos. Reda *et al.* (2015) indica que gran parte de la actividad antimicrobiana se debe a flavonoides, compuestos fenólicos y saponinas los cuales están relacionados con solventes de alta polaridad, como etanol, metanol o agua. Asimismo, se observó que el efecto inhibitorio fue mayor en los extractos de guaje blanco (*L. leucocephala*) en comparación con los extractos de semillas de guaje rojo (*L. esculenta*) para estudios bacterianos. Por su parte, los extractos de hexano pueden contener metabolitos de naturaleza no polar como triterpenos o esteroides, los cuales han sido reportados por Aderibigbe *et al.* (2011) por poseer actividad antimicrobiana. Este mismo autor indica en un estudio realizado con las semillas del guaje blanco, halos de inhibición dependientes de la concentración para bacterias Gram positivas y negativas, como *S. aureus* con halos de inhibición de hasta 12 mm promedio y para *E. coli* de hasta 18 mm promedio. Nwe *et*

al. (2001) reporta actividad antibacteriana en cepas de *S. aureus* con halos de inhibición de 26 mm promedio para extractos alcohólicos de hojas de *L. glauca*, sin embargo otros autores como Reda *et al.* (2015) y Mathur *et al.* (2013) reportan que los extractos polares de hojas de *L. leucocephala* fueron activos para cepas de *S. aureus* y *E. coli* con diámetros de inhibición de 10 mm a 15 mm, rangos muy similares obtenidos por la presente investigación para esas cepas en el caso de extractos de semillas.

Un estudio realizado por Abu *et al.* (2016) donde se analizaron las propiedades antimicrobianas cuantitativas del extracto acuoso de hojas de *L. leucocephala* para dos cepas del género *Staphylococcus*, reportó valores de CMI superiores a los reportados para este trabajo: CMI para *S. aureus*: 1250 $\mu\text{g} / \text{mL}$, mientras que para *S. epidermidis*: 6250 $\mu\text{g} / \text{mL}$. En el presente trabajo, las diferentes cepas de *S. aureus* reportaron valores de CMI de 2000 a 4000 $\mu\text{g} / \text{mL}$. Un informe de Savita & Preeti (2015) obtuvo los siguientes datos de CMI para *E. coli* para 3 disolventes diferentes a partir del extracto de hojas de *L. leucocephala*, extracto metanólico: 620 $\mu\text{g} / \text{mL}$, acetona: 5000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ y finalmente para el clorofórmico 1250 $\mu\text{g} / \text{mL}$. Los valores reportados por este autor son inferiores a los de la presente investigación, donde solo se obtuvieron para el extracto de hexano de la semilla: CMI > 3000 $\mu\text{g} / \text{mL}$.

Se obtuvieron tres cinéticas de muerte de la cepa *S. aureus* CUSI donde se apreció un efecto significativo de la CMB en la disminución de la población bacteriana. Para *L. leucocephala*, la CMB de 6000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ del extracto acetónico mata al 99.9% de las bacterias en la primera hora del tratamiento, en tanto que la CMB del extracto metanólico disminuye las UFC/mL a partir de las 12 horas de exposición. Respecto a *L. esculenta*, la CMB de 4000 $\mu\text{g} / \text{mL}$ para el extracto metanólico marca un decremento significativo de la población bacteriana en la décimo segunda hora de tratamiento, observándose un efecto de tipo bacteriostático. Dado lo anterior, el efecto antibacteriano puede deberse a la participación de diferentes metabolitos secundarios de naturaleza polar y una disminución significativa de UFC de *S. aureus* CUSI entre las primeras doce horas de exposición a los extractos de semillas de ambos guajes.

El efecto de los extractos del guaje rojo y blanco sobre las diferentes cepas de hongos mostró en el caso de levaduras, que de las 3 cepas con las que se trabajó, únicamente una fue susceptible: *C. glabrata* con halos de 6 y 7 mm de diámetro. Estos datos se asemejan a lo reportado por Mulaudzi (2015), con baja o nula acción del extracto acuoso de hojas de *L. leucocephala* con diámetros de 9 mm en promedio para *C. albicans*. Mathur *et al.* (2013) y Abu *et al.* (2016) no registran actividad del extracto acuoso ni del alcohólico sobre *C. albicans* ni *C. tropicalis*. Por otro lado, Reda *et al.* (2015) en su investigación, reporta halos de inhibición de 14 mm para el extracto crudo de hojas de *L. leucocephala* sobre *C. albicans*. Por lo que los extractos polares de *L. leucocephala* y *L. esculenta* presentan baja efectividad sobre las diferentes cepas de levaduras probadas.

Por otro lado, al aplicar los diferentes extractos de *L. leucocephala* y *L. esculenta* a las cepas de hongos miceliados, se encontró que los extractos acetónicos fueron efectivos para más cepas. Como en el caso de las cepas bacterianas, se demostró también que el guaje blanco es más efectivo que el guaje rojo para inhibir el crecimiento de las cepas de hongos filamentosos. Reda *et al.* (2015) indica que el extracto de hojas de *L. leucocephala* tuvo efecto sobre *A. niger*. A pesar de este reporte otros dos estudios indican efecto inexistente del extracto de guaje blanco sobre *A. niger* (Abu *et al.*, 2016; Aderibigbe *et al.*, 2011).

Posterior al análisis exploratorio, fue determinada la Concentración Fungicida Media (CF₅₀), la cual se define como la concentración de un extracto o compuesto que disminuye la población en un 50%. Se hace mención que para obtener estas curvas, la actividad de los antifúngicos al igual que la de los antibacterianos depende de una serie de factores como son: la temperatura de incubación, el pH y el medio de cultivo, cuya influencia viene determinada por su incidencia en la velocidad de crecimiento del hongo (Cantón & Pemán, 1999). La actividad cuantitativa sobre las cepas de hongos filamentosos mostró valores de CF₅₀ significativos para todos los casos, por

lo que existe efecto inhibitorio de las poblaciones de hongos miceliados por parte de los extractos de semillas de ambos guajes. Cabe resaltar que no hay reportes de evaluaciones cuantitativas de CF_{50} para las cuatro cepas utilizadas en la literatura científica existente hasta la fecha, sin embargo, un trabajo con una leguminosa del género *Lupinus* mostró nula inhibición de extractos acuosos de las hojas con base de liofilizados, probándolos en cepas de *T. rubrum*. Argumenta el autor, la importancia del proceso de extracción ya que el efecto fungicida que se adjudica a los alcaloides contenidos en las hojas puede perderse en el proceso de obtener los extractos (Coloma, 2009).

La investigación sobre antimicrobianos mostró que hay diferencia significativa en el uso de extractos metanólicos y acetónicos de ambos guajes, sobre ciertas cepas microbianas, que si bien no equipara a la actividad de los fármacos control se demostró su efectividad en términos estadísticos. Es importante considerar que un extracto es una mezcla de compuestos y estos pueden tener cierta actividad biológica con menor efecto que un compuesto aislado o un fármaco como los controles positivos utilizados (Ávalos & Pérez, 2009).

La variabilidad de los datos puede deberse a las condiciones del medio al que están sometidas las especies vegetales. Bhalla *et al.* (2005) indica que la concentración, presencia o efecto de metabolitos secundarios varía respecto a condiciones como depredación, polinización o relaciones de simbiosis, entre otros factores. Además, las condiciones ambientales adecuadas como la incidencia de luz, temperatura, presión, altitud, humedad y tipo de suelo, entre otros, son elementos importantes a considerar en el efecto de los extractos vegetales sobre las actividades biológicas, ya que son los metabolitos especializados los que proporcionan principalmente los resultados esperados.

Se debe considerar además del efecto de los extractos, los mecanismos de acción de los antimicrobianos y las diferencias estructurales y fisiológicas entre las cepas utilizadas. Los agentes antimicrobianos actúan por una serie de mecanismos que son muy diferentes entre sí y cuyas dianas se encuentran en diferentes regiones de la célula, en general estas dianas son: la pared, la membrana celular, la síntesis proteica por inhibición de funciones ribosómicas, la síntesis de ácidos nucleicos o la inhibición de otras vías metabólicas (Errecalde, 2004; Murray *et al.*, 2017).

El guaje rojo y el guaje blanco pertenecen a la familia de las leguminosas; se ha investigado que cantidades apreciables de aminoácidos tóxicos y sustancias como taninos y saponinas existen frecuentemente en las hojas y semillas de esta familia. Las saponinas, son capaces de inhibir el crecimiento bacteriano, como se reporta en semillas de *Acacia auriculiformis* (Yik *et al.*, 2011). La mimosina, un alcaloide reportado para plantas del género *Leucaena*, contiene en las hojas, tallos y semillas de *L. leucocephala* cantidades de aproximadamente 30 mg / g (D'Mello, 1992). Asimismo, Yik *et al.* (2011) indica la presencia del alcaloide mimosina en semillas de *L. leucocephala* de 23 mg / g de peso seco. Compuestos fenólicos fueron reportados en hojas, flores, tallos, semillas y raíces, como: taninos, flavonoides, antocianinas o cumarinas, además de otros metabolitos como glucósidos, terpenos y esteroides con potencial antimicrobiano (Reda *et al.*, 2015; Savita & Preeti, 2015). Finalmente, Aderibigbe *et al.* (2011) evidenciaron la presencia de triterpenos y esteroides de semillas de *L. leucocephala*, además de otros glicolípidos y carotenoides.

Cabe señalar que en las pruebas coloridas no se obtuvieron resultados positivos para los taninos, sin embargo la literatura reporta estos metabolitos secundarios, este resultado podría deberse al tipo de solvente utilizado, la cantidad de extracto y la cantidad de metabolitos secundarios contenidos en el muestras, ya que tienden a estar en cantidades ínfimas para dar resultados positivos (Ringuelet & Viña, 2013) y que al tener un contenido de taninos muy bajo, el viraje de color es invisible a simple vista dando falsos negativos.

CONCLUSIONES

Los extractos metanólicos y acetónicos de semillas de ambos guajes presentaron una mayor actividad biológica sobre cepas de *S. aureus* y *E. coli* (bacterias) y *Trichophyton mentagrophytes* y *Aspergillus niger* (hongos miceliados). Por otro lado, los valores de CMB y CF₅₀ fueron significativos inhibiendo el desarrollo microbiano. Además, se propone que los metabolitos involucrados en la actividad antimicrobiana son de naturaleza polar, como saponinas, alcaloides, compuestos fenólicos, entre otros. El presente estudio contribuye a validar el uso en la medicina popular de *L. leucocephala* y *L. esculenta* para tratar algunas enfermedades infecciosas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Conacyt, al Posgrado en Ciencias Biológicas y a la UNAM por permitir y promover el trabajo científico otorgando una beca de posgrado con número de CVU de 777911. Agradecemos la cooperación del Dr. Erick Nolasco, Dra. Julieta Orozco, Dr. Antonio Estrella y Dra. Anaid Mora por su asistencia técnica.

LITERATURA CITADA

- Abu, M., Yin, H., Isha, A., & Armania, N. (2016). Antioxidant, antimicrobial and cytotoxic potential of condensed tannins from *Leucaena leucocephala* hybrid-Rendang. *Food Science and Human Wellness*, 5(2), 65–75. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fshw.2016.02.001>
- Aderibigbe, S. A., Adentunji, O. A., & Odeniyi, M. A. (2011). Antimicrobial and pharmaceutical properties of the seed oil of *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (Leguminosae). *African Journal of Biomedical Research*, 14(1), 63–68. <https://cutt.ly/Pl2ii3c>
- Ávalos, G. A., & Pérez, E. C. (2009). Metabolismo secundario de planta. *Serie Fisiología Vegetal.*, 2(3), 119–145. <https://cutt.ly/lI2iLbA>
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibsouda, S. K. (2016). Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Bhalla, R., Narasimhan, K., & Swarup, S. (2005). Metabolomics and its role in understanding cellular responses in plants. *Plant Cell Rep.*, 24, 562–571. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00299-005-0054-9>
- Brodie, R., & Simonyi, C. (2020). *Excel* (19.0).
- Bulugahapitiya, V. P. (2018). *Plants Based Natural products Extraction , Isolation and Phytochemical screening* (Issue April). Indika Graphics. <https://cutt.ly/r10CQbr>
- Cantón, E., & Pemán, J. (1999). Curvas de letalidad en antifúngicos. *Revista Iberoamericana de Micología*, 16, 82–85. <https://cutt.ly/F12pWi9>
- CLSI. (1998). *Methods for Determining Bactericidal Activity of Antimicrobial Agents. Approved Guideline*. CLSI document M26-A.
- CLSI. (2004). *Method for Antifungal Disk Diffusion Susceptibility Testing of Yeasts, Approved Guideline*. CLSI document M44-A. CLSI.
- CLSI. (2010). *Method for Antifungal Disk Diffusion Susceptibility Testing of Nondermatophyte Filamentous Fungi, Approved guideline*. CLSI document M51-A.
- CLSI. (2012a). *Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria that Grow Aerobically, Approved Standard*. (9th ed.). CLSI document M07-A9.
- CLSI. (2012b). *Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, Approved Standard* (7th ed.). CLSI document M02-A11.

- Coloma, J. M. (2009). *Evaluación in vitro de la actividad antifúngica de los alcaloides del chocho (Lupinus mutabilis Sweet)* [Escuela Superior Politécnica Chimborazo]. <https://cutt.ly/DI2kkK0>
- Curiel, E. ., Hernández, M., Ramírez, J., Rivas, A., Ortiz, M., Serrano, R., & Hernández, T. (2017). Antimicrobial Activity of Essential Oil of *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 8, 511–1524. <https://doi.org/10.4236/ajps.2017.87104>
- D’Mello, J. P. (1992). Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. *Animal Feed Science and Technology*, 38(3), 237–261. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8401\(92\)90105-F](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0377-8401(92)90105-F)
- Dago, Y., Milian, J., Calzadilla, K., Redonet, M., López, Y., & Hernández, L. (2020). Uso potencial de *Leucaena leucocephala* Lam. (Leucaena) presente en sistemas agroforestales de Pinar del Río. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 8(1), 154–162. http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v8n1/en_2310-3469-cfp-8-01-154.pdf
- Domínguez, X. (1978). *Métodos de Investigación Fitoquímica* (3ª ed.). Limusa.
- Errecalde, J. O. (2004). *Mecanismo de acción de antibióticos. Uso de Antimicrobianos en Animales de Consumo Humano*. 67. <https://doi.org/92-5-305150-7>
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. . (2020). *PAST* (4.03).
- Marcano, D., & Hasegawa, M. (2002). *Fitoquímica orgánica*. Universidad Central de Venezuela.
- Mathur, P., Singh, A., Vivek, S., Singh, D., & Yati, M. (2013). Antimicrobial activity of indigenous wildy growing plants: potential source of green antibiotics. *African Journal of Biomedical Reserch*, 7(29), 3807–3815. <https://cutt.ly/UI0u6qB>
- Mulaudzi, T. M. (2015). *Bioactivity and chromatographic profiles of the selected medicinal plants against Candida albicans*. University of Veda.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2017). *Microbiología médica* (8th Ed.). Elsevier.
- Nwe, W., Mar, N., Nyunt, W., Myint, W., Hla, S., & Myint, K. (2001). Antibacterial Activity of Selected Myanmar Medicinal Plants. *Journal Myanmar Academic Technology*, 1, 75–88. <https://cutt.ly/Y10wSrb>
- Orozco, J., Lira, R., Jiménez, M., Ávila, J. G., Serrano, R., & Hernández, T. (2020). Plantas medicinales de Oaxaca, México: Etnobotánica y actividad antibacteriana. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 19(2), 221–235. <https://doi.org/https://doi.org/10.37360/blacpma.20.19.2.14>
- Osuna, L., Tapia, M. E., & Aguilar, A. (2005). *Plantas medicinales de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones gastrointestinales: estudio etnobotánico, fitoquímico y farmacológico*. Universitat de Barcelona. <https://cutt.ly/OI1trI0>
- Peralta, I., Gómez, A., Romero, P. A., & Reyes, A. (2017). Uso antropocéntrico del guaje *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé Ex. DC.) Benth, en dos comunidades de la mixteca baja oaxaqueña, México. *Polibotánica.*, 43, 1–16. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n43/1405-2768-polib-43-00349.pdf>
- Quevedo, Y. (2015). Plantas medicinales: un estudio de caso etnobotánico en la localidad de Ocotepec, municipio de Cuernavaca, Morelos. In *Biblioteca.Upaep.Mx*. http://biblioteca.upaep.mx/pdf/L_PS_Flores_Diaz_MC.pdf
- Reda, S. M., ElSouda, S. S., Hanan, A. ., Moharam, M. ., & Shaker, K. (2015). Antioxidant, antimicrobial activities of flavonoids glycoside from *Leucaena leucocephala* leaves. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(6), 138–147. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2015.50623>
- Ringuelet, J. A., & Viña, S. (2013). *Productos naturales vegetales*. Editorial Universidad de La Plata. <https://cutt.ly/sl2vJ33>
- Román, D. (2015). *Uso potencial de recursos vegetales en el municipio de Tlayacapan, Morelos*. Instituto Politécnico Nacional.
- Román, N., García, M., Castillo, A. M., Sahagún, J., & Jiménez, A. (2014). Componentes nutricionales y antioxidantes de dos especies de guaje (*Leucaena* spp.): un recurso ancestral subutilizado. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 20(2), 157–170. <https://doi.org/https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.07.023>

Recibido:
31/julio/2020

Aceptado:
4/julio/2021

- Ross, I., & Gentleman, R. (2019). *RStudio Team* (3.6.1).
- Savita, S., & Preeti, S. (2015). Evaluation of antibacterial and antimutagenic potential of *Acokanthera oppositifolia* and *Leucaena leucocephala*. *American Journal of Pharmacy and Health Research*, 2015(3), 1. <https://cutt.ly/Gl0uuH1>
- Scruse, R. (1995). Cultivating mushrooms, from pure culture to spawn production. *Mycologist.*, 9(2), 53–56. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-915X\(09\)80207-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0269-915X(09)80207-3)
- Sepúlveda, J., Torres, J., Sandoval, C., Martínez, J., & Chan, J. (2018). La importancia de los metabolitos secundarios en el control de nematodos gastrointestinales en ovinos con énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 5(2), 79–95. <https://cutt.ly/Ql1k1Re>
- Sierra, M., Barros, R., Gómez, D., Mejía, A., & Suárez, D. (2018). *Productos naturales: Metabolitos secundarios y aceites esenciales*. UNIAGRARIA. <https://cutt.ly/7lueIzL>
- Waizel, J. (2006). Las plantas en la historia de la medicina, breve visión histórica. In J. Waizel (Ed.), *Las plantas medicinales y las ciencias. Una visión multidisciplinaria*. (pp. 181–201). Instituto Politécnico Nacional.
- Yik, C., Ling, E., Ling, Y., Lim, Y., Stanslas, J., & Goh, J. (2011). . Assessment of phytochemical content polyphenolic composition antioxidant and antibacterial activities of Leguminosae medicinal plants in Peninsular Malaysia. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 11(12), 1472. <https://doi.org/10.1186/1472-6882-11-12>
- Zárate, S. (1987). Guaje blanco. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Pytologia*, 63(4), 304–306. <https://cutt.ly/il1hWOH>
- Zárate, S. (1994). Revisión del género *Leucaena* en México. *Anales Del Instituto de Biología*, 62(2), 83–162. <http://revistas.unam.mx/index.php/bot/article/view/1863>



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

**USOS LOCALES Y TRADICIÓN:
ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE
PLANTAS ÚTILES EN SAN PABLO
CUATRO VENADOS
(Valles Centrales, Oaxaca)**

**LOCAL USES AND TRADITION:
ETHNOBOTANICAL STUDY OF
USEFUL PLANTS IN SAN PABLO
CUATRO VENADOS
(Valles Centrales, Oaxaca)**

Martínez-López, G.; M.I. Palacios-Rangel, E. Guízar Nolasco y A. Villanueva Morales.

USOS LOCALES Y TRADICIÓN: ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE PLANTAS ÚTILES EN SAN PABLO CUATRO VENADOS (Valles Centrales, Oaxaca).

LOCAL USES AND TRADITION: ETHNOBOTANICAL STUDY OF USEFUL PLANTS IN SAN PABLO CUATRO VENADOS (Valles Centrales, Oaxaca).

USOS LOCALES Y TRADICIÓN: ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE PLANTAS ÚTILES EN SAN PABLO CUATRO VENADOS (Valles Centrales, Oaxaca)

LOCAL USES AND TRADITION: ETHNOBOTANICAL STUDY OF USEFUL PLANTS IN SAN PABLO CUATRO VENADOS (Valles Centrales, Oaxaca)

Martínez-López, G.;
M.I. Palacios-Rangel,
E. Guízar Nolasco
y A. Villanueva Morales

USOS LOCALES Y
TRADICIÓN: ESTUDIO
ETNOBOTÁNICO DE
PLANTAS ÚTILES EN SAN
PABLO CUATRO VENADOS
(Valles Centrales, Oaxaca)

LOCAL USES AND
TRADITION:
ETHNOBOTANICAL STUDY
OF USEFUL PLANTS IN SAN
PABLO CUATRO VENADOS
(Valles Centrales, Oaxaca)

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 193-212. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.13

G. Martínez-López
M.I. Palacios-Rangel / marisa@ciestaam.edu.mx

E. Guízar Nolasco
A. Villanueva Morales
*División de Ciencias Forestales (DICIFO).
Universidad Autónoma Chapingo;
Km. 38.5, Carretera México-Texcoco.*

RESUMEN: Oaxaca, es un estado con una basta riqueza sociocultural en el que la naturaleza ha jugado un papel determinante, su diversidad en cultura aunado a su riqueza de especies ha provocado que diversos investigadores se preocupen por el rescate de saberes y conocimientos que integran estas características. Se realizó un estudio etnobotánico en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca, con la finalidad de documentar el conocimiento tradicional del uso, manejo y conservación de la flora silvestre, por lo que se realiza una descripción de las plantas que se identificaron útiles. Los datos se recopilaron a partir de la aplicación de entrevistas semiestructuradas y observación participante para la colecta de información de las especies; posteriormente se efectuaron recorridos de colecta para posterior identificación. Se obtuvo un listado de 93 especies con uso directo que se clasificaron en cuatro categorías: medicinales (56%), comestibles (18%), ornamentales (13%) y uso en herramientas (9%). Según el registro botánico de cada especie éstas se agruparon en 43 familias siendo las más frecuentes, Asteraceae con 40% de las especies, seguida de la familia Fabaceae con 16% y Labiatae con 12%. Asimismo, se determinó la importancia de las especies seleccionadas en cada una de las categorías mediante indicadores cuantitativos y se identificaron las de mayor frecuencia de uso directo por los informantes. De esta manera se contribuye con la documentación de saberes tradicionales y se resalta la importancia de estos en el manejo y conservación de la biodiversidad local.

Palabras clave: Valles Centrales de Oaxaca, Etnobotánica, conocimiento tradicional, herbolaria.

ABSTRACT: Oaxaca is a state with a vast socio-cultural wealth in which nature has played a decisive role, its diversity in culture coupled with its wealth of species has led to various researchers are concerned about the collection of knowledge and expertise that make up these characteristics. An ethnobotanical study was carried out in San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca, with the purpose of documenting the traditional knowledge of the use, handling and conservation of wild flora, for which a description of the plants that were identified as useful was made. The data was collected through semi-structured interviews and participant observation to collect information on the species; later, collection tours were carried out for subsequent identification. A list of 93 species with direct use was obtained, which were classified into four categories: medicinal (56%), edible (18%), ornamental (13%) and use in tools (9%). According to the botanical record of each species, these were grouped into 43 families, the most frequent being Asteraceae with 40% of the species, followed by the Fabaceae family with 16% and Labiatae with 12%. Likewise, the importance of the selected species in each of the categories was determined by means of quantitative indicators and those with the highest frequency of direct use by the informants were identified. In this way, we contributed to the

documentation of traditional knowledge and highlighted its importance in the management and conservation of local biodiversity.

Key words: Central Valleys of Oaxaca, Ethnobotany, traditional knowledge, herbalism.

INTRODUCCIÓN

Las prácticas tradicionales con las especies vegetales heredadas por los pueblos originarios se consideran un recurso clave en la generación y cuidado de la biodiversidad, ya que se conservan mediante una cuidadosa selección y domesticación de las múltiples especies con las que interactúan en su entorno territorial y local, lo cual permite enfatizar la utilidad de especies o variedades que han sido adaptadas a necesidades sociales, según sus usos culturales y la dinámica de cambio (Jasso-Arriaga, 2019; Manfredo *et al.*, 2016).

Casas & Parra (2007) mencionan que los recursos genéticos asociados a su utilidad actual o potencial, en el ámbito cotidiano de corto plazo, se clasifican en cuatro niveles de prioridad según su manejo, aprovechamiento y conservación. En primer nivel, especies que se incluyen en la producción primaria. En segundo lugar, especies cultivadas y domesticadas. En tercer lugar, las que han recibido alguna forma de manejo y presentan signos incipientes de domesticación. En cuarto sitio, especies silvestres cuyos beneficios son obtenidos mediante la recolección en su hábitat natural, y que se guardan como acervo histórico en saberes para las próximas generaciones.

En el país gran parte de las plantas útiles se encuentran en terrenos de propiedad comunal, donde los recursos son considerados un bien común, y donde los pobladores locales los obtienen y manejan siguiendo un patrón tradicional (Martínez-Pérez *et al.*, 2012). Estos territorios son integrados a procesos de cambio que los incorporan a sistemas valorativos que rechazan sus orígenes comunitarios y rompen los patrones de identidad tradicional, lo que les hace imitar nuevos estilos de vida de orden urbano (Arriaga-jiménez *et al.*, 2018). Esta situación contribuye al abandono de acciones colectivas y de reciprocidad intercomunitaria, y a la pérdida, desuso y modificación de las prácticas tradicionales orientadas a complementar los métodos de subsistencia basados en el uso habitual de las especies vegetales locales (Millán-Rojas *et al.*, 2016). Otras comunidades desarrollan mecanismos de protección al establecer normas y ordenanzas de carácter colectivo, mantener un sistema de creencias y la instauración de tabúes, como representaciones o modelos que ordenan y forman parte de la vida comunitaria (CONABIO, 2016; FIDA, 2016; García Flores *et al.*, 2019; Valdés-Cobos, 2013).

En un escenario distinto, la subvaloración de los recursos locales generó la participación de diversos estudios para documentar el conocimiento tradicional y coleccionar material biológico (Fernández *et al.*, 2002), situación que permitió conformar equipos de estudios etnobotánicos. Los resultados teóricos, metodológicos y prácticos han sido útiles para registrar la herencia natural y cultural de zonas, generalmente rurales, y permiten ponderar las especies que resultan promisorias, y valorar los riesgos que supone su manejo actual (Pardo de Santayana & Gomez Pellon, 2003).

San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca, cuenta con un acervo histórico cultural y natural que requiere ser valorado en documentos. Los estudios etnobotánicos realizados en Valles Centrales y la Mixteca oaxaqueña son escasos, igual que los de la Sierra Sur y la región Costa del estado (Luna-José & Rendón-Aguilar, 2008).

La riqueza en diversidad vegetal encontrada en 45 estudios publicados en México en un periodo de 19 años (2000-2019), con información recopilada en la base de datos de los repositorios digitales más conocidos, indica que el 30% corresponden a Oaxaca, seguido por Puebla (17.5%) y el Estado de México (15%). En Oaxaca las regiones de estos estudios son la Sierra Norte, Región Mixteca y Valles Centrales.

El propósito de este trabajo es la documentación del conocimiento tradicional en un listado de especies útiles, a partir de un análisis de los usos más comunes y su clasificación en cuatro categorías principales: medicinales, comestibles, ornamentales/religiosas, y especies útiles para apoyo mecánico o

herramientas. Se realizó un análisis cultural de las especies a partir de índices cuantitativos que permiten identificar la importancia del patrimonio vegetal en cuanto a flora según la demanda de su uso, para preservar el legado local y llegar a un mayor conocimiento de las especies de importancia económica, social y cultural para los pobladores de este municipio, y de esta manera reconocer la estrecha relación que se da entre la riqueza biológica y cultural, que implica el conocer de forma fidedigna la relación que las comunidades indígenas de estas regiones de Oaxaca mantienen con su entorno natural (Bernal-Ramírez *et al.*, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el presente trabajo se utilizó un enfoque mixto; los resultados presentados tienen un alcance de carácter esencialmente descriptivo. La selección de los informantes clave se realizó mediante el uso del método muestral de tipo no probabilístico denominado “Bola de Nieve Discriminatorio Exponencial”, (Goodman, 1961) mediante el cual se determinó a los actores participantes en la aplicación del cuestionario base de las entrevistas semiestructuradas.

Se sistematizó la información botánica en cuatro categorías de uso: i) medicinal, ii) gastronómico, iii) ornamental/religioso y iv) uso en herramientas; esto se realizó por medio de un análisis previo de los usos más frecuentes en la zona, posteriormente se procedió a su clasificación en las cuatro categorías antes mencionadas. Cabe señalar que, para el presente trabajo, solo se consideraron las referencias que registran la mayor cantidad de especies útiles.

Área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en el municipio de San Pablo Cuatro Venados, perteneciente a la Región de Valles Centrales, Oaxaca, México (Fig. 1). Éste se encuentra ubicado a 25 km al sur de la capital del estado, entre los paralelos 16°51' y 17°02' de latitud norte y 96°50' y 97°05' de longitud oeste, con un rango de altitud entre los 1,600 y 3,000 m.

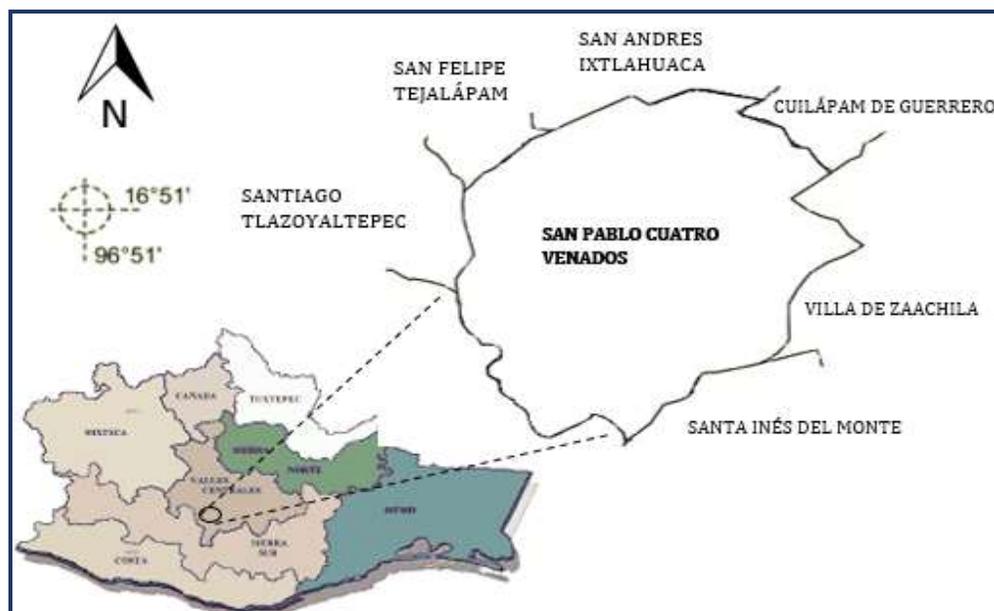


Fig. 1. Municipio de San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.
Fuente: Elaboración propia a partir del polígono municipal.

Se sitúa en la provincia de la Sierra Madre del Sur y en la Subprovincia Sierras Centrales de Oaxaca, con una superficie de 60 km², que ocupa el 0.13% de la superficie total estatal, y se encuentra integrado por ocho localidades principales. Con dos pequeñas corrientes perennes este municipio se localiza en la región hidrológica de la Costa Chica-Río Verde y la cuenca del Río Atoyac; su clima es templado subhúmedo con lluvias en verano.

San Pablo Cuatro Venados (Bidxiña Taapa), es una comunidad de origen zapoteco en la que una parte importante de su población ha perdido el uso de su lengua materna (solo el 4% la habla en la actualidad), y en el que la gran mayoría de sus habitantes son personas de la tercera edad. Tal vez por eso, aún se conserva un alto grado de costumbres y tradiciones características de la cultura zapoteca.

De ahí que se le identifique por la gran riqueza cultural y ecológica que posee, razón por la que fue escogido zona de estudio. Además, su alto grado de marginación y rezago en servicios básicos hace que este municipio muestre una demanda real en torno a la generación y documentación de información en donde se describa y registre la riqueza de especies contenida en su hábitat territorial, así como se documente los usos culturales contenidos en su contexto social actual, de tal manera que la defensa de sus recursos naturales y sus conocimientos y usos tradicionales, se contemplen y valoren como componentes fundamentales, al definir acciones comunitarias de manejo y conservación de la biodiversidad local.

Colecta de datos

La información que sirvió de base para el presente trabajo se levantó mediante la realización de entrevistas semiestructuradas con personajes clave, las cuales se efectuaron de septiembre de 2019 a abril de 2020, en particular con personas de la tercera edad al considerarse el caudal de saberes que han ido acumulando a lo largo de su vida. Se realizaron 40 entrevistas a diferentes sectores de la población en un rango de edad establecido entre 25 y 81 años, de los cuales 20 fueron mujeres y 20 hombres. El trabajo de campo incluyó la realización de diversos recorridos de campo los cuales sirvieron para generar los puntos de colecta de las especies seleccionadas, así como posibilitaron determinar su grado de conservación, abundancia y ubicación. También se utilizó el método de observación participante con el propósito de identificar personajes clave, usos, costumbres y formas domésticas de colecta, conservación y preparación.

Las entrevistas incluyeron preguntas orientadas a determinar el uso de las especies para lo cual se determinaron cinco características básicas para su selección: i) nombre local, ii) método de colecta, iii) parte útil, iv) frecuencia de uso a lo largo del año y v) uso específico. Una vez clasificada la especie, se precisaron variables, mismas que permitieron conocer la razón de uso y el modo de empleo. De igual manera, se determinaron los indicadores necesarios para medir aspectos como la importancia cultural o el grado de presión existente sobre las especies más utilizadas en el ámbito doméstico y social en general.

Con base en lo reportado en las entrevistas se definió las especies a colectar, así como la ubicación de su hábitat. Los recorridos de campo se realizaron bajo la orientación y participación de los informantes clave; la selección de los mismos se basó en que éstos fueran los que tuvieran mayor conocimiento de las plantas, así como de los lugares de acopio. Cabe señalar que se recolectaron solo las especies de naturaleza silvestre, el resto constituido por especies cultivadas se obtuvieron de los huertos familiares, denominados localmente como “solares”.

Para la determinación taxonómica de las especies seleccionadas se recurrió a las bases de datos del Herbario Nacional del Instituto Nacional de Biología de la UNAM (MEXU) y las del Jardín Botánico de Missouri (TROPICOS, 2018); mismas que a continuación fueron cotejadas bajo la supervisión del Dr. Enrique Guízar Nolazco y la M.C. Ernestina Cedillo. Los ejemplares se colectaron por duplicado, posteriormente, para su estudio y determinación, fueron depositados bajo la denominación “Plantas útiles de San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca” en los herbarios de la División de Ciencias Forestales y el Departamento de Preparatoria Agrícola, ambos de la Universidad Autónoma Chapingo.

Análisis y procesamiento de datos

La información recopilada se conformó en una base de datos para lo cual se utilizó Microsoft Excel® versión 2016; además se crearon tablas donde se asentó la información específica obtenida por cada categoría, y se determinaron los índices de importancia mismos que se construyeron a partir de la formulación de indicadores. Tanto los indicadores formulados como los índices resultantes se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicadores para determinación de Índices de importancia.

Indicadores		Índices
P=Cantidad de personas que usas y reportaron la especie		
U= Frecuencia media de uso en el año	1=una vez al año, 2= más de dos veces al año, 3= una vez al mes, 4= una vez por semana, 5= más de una vez por semana	
Nu= Número de categorías en las que se encuentra la especie		
S= Estructura vegetal usada con más frecuencia	1= vegetativa (tallo/hoja), 2= reproductiva (flores/frutos/semillas), 3= completa	Índice de valor cultural
NSu= Número de estructuras que se utiliza		$IC = P * U * Nu * S * NSu * Ht * C * M / 100$
Ht= Forma de reunión	1= ocasionalmente (su colecta se realiza mientras otras se llevan a cabo), 2= exclusivamente (la salida de recolección es exclusivamente para la especie)	
C= Posibilidad de comercio (la especie es colectada con fines de venta)	1= no existe, 2= existe	
M= Uso medicinal	1= si, 2= no	
Uvis= Número de usos mencionados por cada informante (i) para cada especie (s)		Índice de valor de uso
Ns= Número total de informantes		$IVu = \frac{\sum_i Uvis}{Ns}$
Uso especie (s)= Número de citas para cada especie		Uso Significativo Tramil
nis= Número de informantes encuestados		$UST = \frac{UsoEspecie(s)}{nis} * 100$
Percepción por los informantes	1= rara, 2= escasa, 3= abundante, 4= muy abundante	Abundancia

El índice de valor cultural (IC) es un indicador que permite evaluar las características cualitativas que determinan el valor cultural de cada especie. Éste se determinó mediante la ecuación propuesta por Blancas *et al.* (2013) y modificada por López-Gutiérrez *et al.* (2014). El índice de valor de uso (IVUs) fue propuesto por Phillips en 1996 y retomado por Toscano González (2006). Indica la importancia o valor cultural de una determinada especie para todos los informantes entrevistados.

El uso significativo Tramil es estimado para cada especie e indica su nivel de aceptación cultural o grado de recurrencia ante la posibilidad de ser reemplazado por otro bien o servicio que cumpla con las mismas funciones.

Por último, se registró la abundancia de la especie percibida por los usuarios. Esto con el fin de identificar un posible estatus de disponibilidad de cada una de las especies en su hábitat natural.

Cabe señalar que los indicadores fueron registrados para las 93 especies reportadas en las 40 entrevistas, por lo que el análisis de llevo a cabo con tablas de frecuencias y medidas de tendencia central.

RESULTADOS

La diversidad de familias botánicas reportadas para la zona de estudio es bastante importante y muestra la gran biodiversidad del municipio, que a pesar de tener una superficie territorial pequeña cuenta con una gran variedad de usos clasificados mayormente en las cuatro categorías establecidas.

Se encontraron 93 especies con alguna utilidad directa para los habitantes del municipio. Las especies reportadas en su mayoría fueron de porte bajo, es decir, pertenecen a los estratos arbustivo y herbáceo, el estrato arbóreo también resulto ser bastante importante y representativo. En el estudio de los ejemplares colectados resalta la importancia de 43 familias botánicas, mismas que contaron con al menos una especie mencionada en las entrevistas. Las familias con más especies mencionadas fueron: Asteraceae con 40% de especies, Fabaceae con 16%, Labiatae 12%, Solanaceae 8%; el resto de los ejemplares referidos se distribuye entre otras 39 familias.

De las categorías de uso la medicinal resultó con mayor abundancia con un 60%, las especies comestibles con un 20%, el 13% corresponde a especies útiles para la celebración de ceremonias religiosas y ornamentales y finalmente 7% de especies se reportan como apoyo mecánico o material para elaborar herramientas de trabajo.

Especies de uso medicinal

Esta categoría fue la mas abundante con 53 especies, todos los entrevistados mencionaron por lo menos dos especies con esta utilidad. Los padecimientos que se tratan con “las hierbas”, como les llaman en el pueblo, son de uso común y de fácil identificación. Tales son los casos del resfriado común, los dolores estomacales y musculares, cólicos, salpullidos, diarrea y mal de ojo. Asimismo, se tratan también los cálculos en la vesícula o riñones, úlceras o fracturas, siendo éstas diagnosticadas previamente por un curandero de la región o un médico, en donde las hierbas que se utilizan adicionalmente al tratamiento prescrito.

Por otro lado, existen situaciones en las que no necesariamente se tiene que consultar a un médico o curandero para usar ciertas plantas, pues éstas ya son consideradas como remedios efectivos en la región. Tal es el caso de *Calea ternifolia* utilizada en las labores del parto para “apurar” las contracciones, y en el posparto para limpiar el vientre. De igual forma, el uso de *Psacalium paucicapitatum* utilizada para el alivio de dolores musculares o causados por fracturas, *Brugmansia candida* usada como relajante, especialmente empleada en los niños que sufren “mal de ojo” o para calmar el llanto después de un enojo. Estas especies, y algunas otras son indispensables y es por eso que la gente procura tenerlas en casa, ya sea deshidratadas o frescas según su uso.

El modo de empleo especialmente de las especies medicinales es en infusión o té, mismo que se puede tomar caliente o frío como “agua de tiempo”. Destaca también el uso de baños de vapor realizados dentro del tradicional temazcal que aún prevalece en el municipio. Por otro lado, el uso en fresco es principalmente para realizar limpieas de malas vibras. En algunos casos las hojas son machacadas para aplicar sobre heridas o áreas afectadas por salpullido.

Los índices cuantitativos de esta categoría son cuatro debido a su importancia en cantidad y a que es una categoría altamente estudiada en los trabajos de investigación etnobotánica y se han desarrollado diversos indicadores para medir su relevancia cultural, y los cuales se muestran en la Tablas 2a y 2b.

Las especies con un IVUs entre 0.97 a 0.5 son consideradas con un valor de uso intermedio; en este rango se encuentran 14 especies en las que destacan *Rumfordia floribunda* (flor de niño) con 0.975, *Tagetes lunulata* (flor de angelito) y *Litsea glaucescens* (laurel), de alto valor social pero de exclusiva importancia religiosa/cultural, resultan con un IVUs menor a la unidad (Toscano Gonzáles, 2006).

Las especies restantes se encuentran con un bajo índice de uso (<0.5), esto no quiere decir que sean menos importantes o no efectivas, lo que determinó su estatus fue el número de categorías en las que se encuentran, ya que en su mayoría de estas especies solo tienen un uso específico, ya sea solo medicinal, comestible o para herramientas; además que el número de menciones en las entrevistas fue reducido.

La estimación realizada mediante el Uso Significativo Tramit (Tabla 2) establece que aquellos usos citados con una frecuencia superior o igual al 20% por los encuestados quienes usan como primer recurso las plantas medicinales, pueden considerarse significativos desde un punto de vista de aceptación cultural. De las 53 especies medicinales mencionadas 20 de ellas tuvieron un UST mayor al 20%, resaltando *Calea ternifolia* con 62.5 % y *Psacalium paucicapitatum* con 47.5% ambas de naturaleza silvestre, son plantas que han sido usadas a través de muchas generaciones y aún permanecen como remedios esenciales en las familias, además de ser empleadas de forma adicional a los medicamentos prescritos por el médico. De las plantas comunes o que se encuentran en el solar resaltan *Mentha piperita* con 82.5% y *Ruta graveolens* con 77.5%. El porcentaje de estas especies está dado por la cantidad de citaciones en las encuestas, su fácil acceso y disponibilidad a la hora de usarse para malestares relativamente leves hace que las personas piensen en usar estas plantas antes de consultar un médico.

El Índice de Valor Cultural (IC) estimado para cada una de las especies útiles muestra la importancia cultural de éstas mediante la frecuencia de su uso a lo largo del año y la cantidad de personas que las mencionan, el número y la estructura de la planta más utilizada, así como la forma de colecta y la posibilidad de ser comercializadas. En este caso, el rango obtenido en este indicador fue de 2.016 a 0.001, en el que figuran especies como *Litsea glaucescens* con el valor más alto al encontrarse en tres de las cuatro categorías de clasificación, *Mentha piperita* con 1.056 por ser una especie que se encuentra en el solar y su uso es muy común y *Heterotheca inuloides* con 0.504 al ser una especie con un alto número de citaciones y su uso es frecuente.

Para el caso de la disponibilidad de las especies según la percepción de los entrevistados, 22% resultaron ser poblaciones difíciles de encontrar, 36% son escasas, 36% son abundantes y el 6% restante es muy abundante. El grado de disponibilidad de cada especie está relacionado con su naturaleza o hábitat, de tal modo que las especies raras o escasas son en su mayoría silvestres, las personas las recolectan en el bosque y las deshidratan para tenerlas disponibles. Las especies abundantes y muy abundantes son las que normalmente se encuentran en los solares o en la milpa y su acceso es relativamente fácil, por lo que su disponibilidad no representa un problema para los pobladores.

Tabla 2 (a). Especies medicinales en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.

Familia	Especie	Nombre común	Uso	Características de la especie				Índices de importancia				
				Modo de empleo	Parte útil	Edad útil	Forma de vida	Hábitat	UVIs	UTS	IC	Abundancia
Apiaceae	<i>Erygium monocephalum</i>	Hierba de sapo	Limpia el hígado y previene el colesterol alto	1	2	2	1	1	0.100	10.0	0.064	1
Asphodelaceae	<i>Aloe vera</i>	Sábila	Cura gastritis y previene úlceras	1	1	2	2	2	0.225	22.5	0.018	2
Asteraceae	<i>Artemisia absinthium</i>	Hierba maestra	Alivia cólicos menstruales	1	1	2	1	1	0.275	27.5	0.022	2
Asteraceae	<i>Artemisia ludoviciana</i>	Estafiate	Disminuye la inflamación del estómago	1	1	3	1	2	0.150	15.0	0.012	1
Asteraceae	<i>Baccharis heterophylla</i>	Chamizo de temazcal	Alivia el estrés/ uso en temazcal	3	1	2	3	1	0.725	72.5	0.928	3
Asteraceae	<i>Baccharis salicina</i>	Chamizo de Cohete	Alivia el dolor de estómago	3	1	2	3	1	0.050	5.0	0.004	3
Asteraceae	<i>Bidens pilosa</i>	Aceitillo blanco	Regula la presión sanguínea	1	1,2	2	1	1	0.075	7.5	0.006	3
Asteraceae	<i>Calea ternifolia</i>	Cuanazana	Limpia el vientre después del parto	1	1	2	1	1	0.625	62.5	0.400	2
Asteraceae	<i>Heterotheca inuloides</i>	Árnica	Limpia y sana heridas	1	1	2	1	1	0.525	52.5	0.504	2
Asteraceae	<i>Iostephane trilobata</i>	Camote de quebradura	Disminuye el dolor por fracturas	4	2	2	5	1	0.200	20.0	0.032	2
Asteraceae	<i>Matricaria recutita</i>	Manzanilla	Alivia dolores estomacales y diarrea	1	1,2		1	2	0.500	50.0	0.360	3
Asteraceae	<i>Pseudognaphalium viscosum</i>	Gordolobo	Alivia la tos y síntomas del resfriado	1	1	2	1	1	0.125	12.5	0.010	1
Asteraceae	<i>Pinaropappus roseus</i>	Espule	Seca granitos y salpullido	2	1	2	1	1	0.200	20.0	0.064	1
Asteraceae	<i>Psacalium paucicapitatum</i>	Tamorreal blanco	Alivia dolores por fracturas	1	2	2	1	1	0.475	47.5	0.152	1
Asteraceae	<i>Tagetes lucida</i>	Pericón	Alivia el vómito y empacho	1	1	2	1	1	0.200	20.0	0.016	3
Asteraceae	<i>Tanacetum parthenium</i>	Santa María	Alivia el dolor de estómago y cólicos	1	1	3	1	1	0.225	22.5	0.108	3
Asteraceae	<i>Taraxacum officinale</i>	Diente de león	Limpia el hígado	1	1	1	1	1	0.050	5.0	0.004	3
Caprifoliaceae	<i>Sambucus mexicana</i>	Sauco	Disminuye la fiebre y resfriado	2	1,2	3	3	1	0.050	5.0	0.032	3
Equisetáceae	<i>Equisetum hyemale</i>	Cola de caballo	Disipa cálculos en los riñones	1	1	2	1	1	0.075	7.5	0.024	1
Ericaceae	<i>Arbutus densiflora</i>	Modroño/hojas	Hidrata la garganta y disminuye la Tos	1	2	2	4	1	0.025	2.5	0.004	3
Ericaceae	<i>Arctostaphylos pungens</i>	Manzanita de costoche	Previene cálculos en los riñones	1	1	3	3	1	0.025	2.5	0.004	3
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	Alivia la fiebre y síntomas del resfriado	4	1	2	3	2	0.025	2.5	0.002	2
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i>	Pegajosa	Alivia la fiebre y síntomas del resfriado	1	1	2	1	1	0.025	2.5	0.002	1
Geraniaceae	<i>Geranium seemannii</i>	Tamorreal colorado	Disminuye y previene úlceras en el estómago	1	2	2	1	1	0.375	37.5	0.060	2
Lamiaceae	<i>Clinopodium mexicanum</i>	Poleo	Alivia los síntomas de la resaca	1	1	2	3	1	1.050	55.0	0.704	2
Lamiaceae	<i>Marrubium vulgare</i>	Manrubio	Seca granitos y salpullido	1	1	3	1	2	0.050	5.0	0.004	1

Parte útil: 1= parte vegetativa (tallo y hojas), 2= parte reproductiva (flores, frutos, semillas, raíz), 3= completa. Edad útil: 1= tierna 2= madura, 3= ambos. Forma de vida: 1= herbácea, 2= cactácea, 3= arbusto, 4= árbol, 5=trepadora. Modo de empleo: 1= té, 2= baños de vapor, 3= limpia, 4= uso en fresco. Hábitat: 1= silvestre, 2= cultivada

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos colectados en campo.

Tabla 2 (b). Especies medicinales en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.

Familia	Especie	Nombre común	Uso	Características de la especie				Índices de importancia				
				Modo de empleo	Parte útil	Edad útil	Forma de vida	Hábitat	UVIs	UTS	IC	Abundancia
Lamiaceae	<i>Mentha piperita</i>	Hierba buena	Alivia diarrea y dolor	1	1	2	3	2	1.300	82.5	1.056	2
Lamiaceae	<i>Mentha suaveolens</i>	Mastranzo	Previene y alivia el estreñimiento	1	1	2	1	2	0.025	2.5	0.002	1
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	Albacar	Alivia los malestares por mal de ojo	3	1	2	1	2	0.250	22.5	0.054	3
Lamiaceae	<i>Rosmarinus officinalis</i>	Romero	Disminuye la inflamación del estómago	1	1	1	1	2	0.175	17.5	0.014	2
Lamiaceae	<i>Salvia microphylla</i>	Mirto	Alivia el dolor de oídos	4	1	3	1	2	0.325	32.5	0.026	2
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Laurel	Ayuda a la mejora posparto	2	1	2	3	1	0.950	52.5	2.016	2
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Limpia el intestino	1,2	2	2	4	2	0.250	12.5	0.080	3
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i>	Hierba de cáncer	Disminuye la inflamación de músculos	1	1	3	1	2	0.025	2.5	0.002	1
Malvaceae	<i>Sida rhombifolia</i>	Malva	Alivia Infecciones respiratorias y alergias	1	1	1	1	1	0.150	12.5	0.010	3
Mulloginaceae	<i>Mollugo verticillata</i>	Biushi	Alivia la diarrea y empacho	1	1	2	5	1	0.075	7.5	0.006	2
Myrtaceae	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	Contrarresta los síntomas de gripe y tos	1	1	2	4	2	0.050	5.0	0.004	2
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayabal	Elimina la tos y síntomas de bronquitis	1	1	2	4	1	0.100	10.0	0.008	2
Nyctaginaceae	<i>Bougainvillea glabra</i>	Bugambilia	Elimina la tos	1	1,2	2	5	2	0.325	17.5	0.224	2
Plantaginaceae	<i>Plantago major</i>	Llantén	Alivia la diarrea y disminuye el reumatismo	1	1	2	1	1	0.025	2.5	0.002	2
Poaceae	<i>Cymbopogon citratus</i>	Té limón	Mejora el dolor de cabeza y gripe	1	1	3	1	2	0.350	27.5	0.132	2
Poaceae	<i>Zea mays</i>	Pelo de elote	Alivia el empacho	1	1	3	1	2	0.175	17.5	0.028	4
Rosaceae	<i>Prunus persia</i>	Duraznal blanco	Disminuye el dolor de estómago y empacho	1	1	1	3	2	0.150	10.0	0.008	3
Rosaceae	<i>Rosa gallica Bureau</i>	Rosa de castilla	Elimina la fiebre y síntomas del resfriado	1	2	2	3	2	0.200	25.0	0.080	1
Rutaceae	<i>Ruta graveolens</i>	Ruda	Alivia dolores de hueso y musculares	1,3	1	3	1	2	0.825	77.5	1.116	3
Scrophulariaceae	<i>Buddleja sessiliflora</i>	Lengua de vaca	Disminuye los dolores por empacho	1	1	3	3	1	0.075	7.5	0.006	1
Solanaceae	<i>Brugmansia candida</i>	Florefundio	Relaja los músculos con una Limpia	3	2	2	3	2	0.350	35.0	0.224	3
Solanaceae	<i>Cestrum elegans</i>	Botonchihute	Disminuye la fiebre y resfriado	4	1	3	3	2	0.100	10.0	0.008	1
Solanaceae	<i>Nicotiana tabacum</i>	Tabaco	Relaja los músculos con una limpia	3	1	2	3	2	0.175	17.5	0.014	1
Solanaceae	<i>Solanum rudepannum</i>	Sabelotodo	Limpia y cicatriza heridas	1	1	2	3	1	0.100	10.0	0.008	3
Urticaceae	<i>Parietaria officinalis</i>	Paletaria	Cura y cicatriza heridas	1	1	2	1	1	0.175	17.5	0.084	1
Verbenaceae	<i>Verbena officinalis</i>	Verbena	Elimina el empacho y vómito	1	1	3	1	1	0.050	5.0	0.004	3

Parte útil: 1= parte vegetativa (tallo y hojas), 2= parte reproductiva (flores, frutos, semillas, raíz), 3= completa. Edad útil: 1= tierna 2= madura, 3= ambos. Forma de vida: 1= herbácea, 2= cactácea, 3= arbusto, 4= árbol, 5=trepadora. Modo de empleo: 1= té, 2= baños de vapor, 3= limpia, 4= uso en fresco. Hábitat: 1= silvestre, 2= cultivada.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos colectados en campo.

Especies comestibles

Esta categoría es reducida en comparación a la medicinal, sin embargo, aporta información relevante sobre la demanda de las especies para este uso. Una característica importante de esta categoría es el hábitat de reproducción, las especies consumidas como quelites se encuentran por lo regular en la milpa o el bosque mientras que los condimentos se encuentran en el huerto familiar o solar.

La forma de recolección está determinada por su uso específico de tal manera que las que son consumidas como quelites son recolectadas y degustadas en la temporada de lluvia, por otro lado, las utilizadas como condimentos pueden ser cosechadas para consumirse posteriormente de forma deshidratada sin afectar su sabor (de forma perceptible) con lo que se posibilita destemporalizar su consumo. El hábitat más frecuente en esta categoría es el cultivo en los huertos familiares (Tabla 3); en su gran mayoría éstas crecen al ser favorecidas por la sombra y el microhábitat que se genera en las parcelas o en los huertos de traspatio.

Es importante mencionar que el consumo de estas especies al igual que las medicinales en muchas ocasiones es en combinación con otras que potencializan su sabor y su aporte energético y calórico. Aunado a lo anterior, la forma de consumo puede también ser en diversas presentaciones, desde platillo principal, condimento, bebidas frías o calientes, frutas y verduras, por lo que se obtiene infinidad de sabores característicos de la gastronomía culinaria del estado de Oaxaca.

Tabla 3. Especies comestibles en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.

Familia	Especie	Nombre común	Uso	Características de la especie				Índices de importancia			
				Parte útil	Edad útil	Forma de vida	Naturaleza	UVIs	UTS	IC	Abundancia
Amaranthaceae	<i>Amaranthus spinosus</i>	Quintonil	Verdura	1	1	1	1	0.625	62.5	0.200	3
Asteraceae	<i>Galinsoga quadriradiata</i>	Mosquito	Condimento	1,2	1	1	1	0.025	2.5	0.001	3
Asteraceae	<i>Porophyllum linaria</i>	Chepiche	Verdura	1	1	1	1	0.700	70.0	0.336	2
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i>	Papalo quelite	Verdura	1	1	1	1	0.150	15.0	0.006	1
Brassicaceae	<i>Nasturtium officinale</i>	Berro	Platillo principal	1	2	1	1	0.050	5.0	0.004	2
Cactáceas	<i>Opuntia ficus-indica</i>	Nopal	Platillo principal	1	1	2	1	0.425	32.5	0.312	2
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	Quelite garbanzo	Verdura	1	1	1	1	0.475	42.5	0.068	2
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium ambrosioides</i>	Epazote	Condimento	1	3	1	2	0.750	67.5	0.540	2
Crucífera	<i>Sinapis alba</i>	Mostaza	Verdura	1	1	1	1	0.075	7.5	0.006	3
Fabaceae	<i>Crotalaria pumila</i>	Chepil	Verdura y condimento	1	1	1	1	0.750	72.5	0.348	2
Fabaceae	<i>Phaseolus anisotrichos</i>	Flor de frijolar	Platillo principal	2	1	5	1	0.375	37.5	0.240	2
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	Chepilillo	Platillo principal	2	2	4	1	0.150	15.0	0.012	1
Lamiaceae	<i>Lippia graveolens</i>	Orégano	Condimento	1	3	1	2	0.875	80.0	0.160	3
Piperaceae	<i>Piper auritum</i>	Hierba santa	Condimento	1	2	3	2	1.050	90.0	0.360	3
Portulacaceae	<i>Portulaca oleraceae</i>	Verdolaga	Verdura	1,2	1	1	1	0.450	45.0	0.144	3
Rosaceas	<i>Rubus adenotrichus</i>	Zarzamora	Fruto	2	2	3	1	0.025	2.5	0.002	4
Rosáceas	<i>Prunus serotina</i>	Cerezal	Fruto	2	2	4	1	0.025	2.5	0.002	3

Parte útil: 1= parte vegetativa (tallo y hojas), 2= parte reproductiva (flores, frutos, semillas, raíz), 3= completa. Edad útil: 1= tierna 2= madura, 3= ambos. Forma de vida: 1= herbácea, 2= cactácea, 3= arbusto, 4= árbol, 5=trepadora. Modo de empleo: 1= té, 2= baños de vapor, 3= limpia, 4= uso en fresco. Hábitat: 1= silvestre, 2= cultivada

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos colectados en campo.

En esta categoría se tienen cuatro especies con un IVUs alto de las que destaca *Lippia graveolens* con 0.87 y *Crotalaria pumila* con 0.75 determinado por su alto número de citas en relación con la cantidad de encuestados.

Las especies restantes se encuentran con un bajo índice de uso (<0.5), esto determinado por el número de menciones, además de que su uso es específico, solo se encuentran en esta categoría.

En el caso del UST es un importante dato que muestra que las especies con un valor superior al 20% son preferidas como primera opción antes de ser sustituidas por algún alimento procesado que aporte la misma sensación o disfrute al paladar, entre estas especies destacan *Piper auritum*, *Lippia graveolens* y *porophyllum linaria*. Las tres especies son condimentos importantes que determinan el sabor en muchos platillos por lo que el alto número de citas, frecuencia de uso y su fácil acceso por encontrarse en los huertos familiares hace que se encuentren en las tres especies más importantes en esta categoría.

En el Índice de Valor Cultural se encuentran dos especies representativas *Litsea glaucescens* con el valor más alto al encontrarse en tres de las cuatro categorías de clasificación, *Mentha piperita* con 1.056 por ser una especie que se encuentra en el solar y su uso es muy común estas especies se encuentran también en el listado de especies medicinales, por lo tanto, su importancia es duplicada.

Las especies abundantes y muy abundantes son las que normalmente se encuentran en los solares o en la milpa y su acceso es relativamente fácil, por lo que su disponibilidad en acceso no representa un problema para los pobladores, especialmente en condimentos, sin embargo su disponibilidad en tiempo en algunas otras que son utilizadas para consumo en platillos especiales se determina según la época, temporada del año o etapa reproductiva de la especie.

Especies con uso ornamental/religioso

Esta categoría cuenta con una docena de especies con uso directo, cada una de ellas presentó cerca del 100% de las menciones de los encuestados, ya que su uso está determinado por las costumbres y tradiciones comunes y que además toda la población es participe.

Las especies importantes en la celebración de ceremonias sociales, políticas y religiosas, también figuran como de uso amplio y común. Esto se explica porque este tipo de eventos forman parte de una tradición comunitaria ancestral, por lo cual la conservación y aprovechamiento de las plantas destinadas a un uso ceremonial o ritualista se integra como una práctica asociada a una cosmovisión particular en el cual la naturaleza juega un papel importante. En esta categoría la estructura de la planta que se demanda con mayor frecuencia es la parte reproductiva, específicamente las flores para adornar los eventos, y son éstas el principal atributo de atracción (Bello-González *et al.*, 2015).

Los acontecimientos en los que se utilizan estos ejemplares pueden clasificarse en: i) ceremonias religiosas, aquellas que están relacionadas específicamente con la iglesia católica y sus diferentes festividades; ii) ceremonias sociales, aquellas en las que se resaltan los compadrazgos o adornos en fiestas particulares; iii) ceremonias políticas, son celebraciones realizadas por la autoridad municipal y su cabildo, como cambio de autoridades o adorno del municipio para recibir el año nuevo; y iv) las de uso cotidiano destinadas al ornato en las viviendas o para colocar en el altar religioso particular.

En esta categoría se tienen cuatro especies con un IVUs alto de las que destaca *Litsea glaucescens*, *Rumfordia floribunda* y *Tagetes lunulata* determinadas por su alto número de citas en relación con el número total de encuestados (Tabla 4).

Estas especies destacan también en los dos índices restantes como las tres más importantes de la categoría, *Litsea glaucescens* no solo por su utilidad medicinal y comestible, sino que además dentro de la categoría de ornato esta especie destaca en ceremonias políticas y religiosas por su atractivo aroma y significado cultural. *Tagetes lunulata* y *Rumfordia floribunda*, por su parte, son especies de alta demanda en las festividades de día de muertos y navidad para adornar la ofrenda y el tradicional nacimiento. El municipio es 100% de creencia católica, por lo que las costumbres marcan el festejo de

Tabla 4. Especies usadas en ceremonias sociales y religiosas en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.

Familia	Especie	Nombre común	Uso	Características de la especie			Índices de importancia				
				Atributo de selección	Parte útil	Forma de vida	Hábitat	UVIs	UTS	IC	Abundancia
Araceae	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	Alcatraz	Uso cotidiano	Color/estética	2	1	1	0.325	32.5	0.624	3
Asparagaceae	<i>Milla biflora</i>	Huele de noche	Uso cotidiano	Aroma	2	1	1	0.025	2.5	0.008	2
Asteraceae	<i>Ageratina tomentella</i>	Flor de muerto	Ceremonia religiosa de día de muertos	Aroma	2	1	1	0.825	82.5	0.528	3
Asteraceae	<i>Rumfordia floribunda</i>	Flor de niño	Nacimiento en navidad	Aroma	2	3	1	0.975	97.5	0.624	2
Asteraceae	<i>Tagetes lunulata</i>	Flor de angelito	Ofrenda de día de muertos	Aroma	1,2	1	1	0.950	95.0	0.608	2
Crasuláceae	<i>Sedum dendroideum</i>	Siempre viva	Ceremonia política de año nuevo	Estética	2	1	1	0.200	20.0	0.064	2
Cucurbitaceae	<i>Microsechium palmatum</i>	Amole amargo	Uso cotidiano	Color	2	5	1	0.050	5.0	0.004	2
Iridaceae	<i>Gladiolus italicus</i>	Gladiola	Uso cotidiano	Estética	2	1	2	0.125	12.5	0.040	3
Lauraceae	<i>Litsea glaucescens</i>	Laurel	Ceremonia política de año nuevo	Aroma	1	3	1	0.950	52.5	2.016	2
Orchidaceae	<i>Artorima erubescens</i>	Azucenas	Ceremonia política de año nuevo	Aroma	2	5	1	0.175	17.5	0.112	1
Orchidaceae	<i>Laelia furfuracea</i>	Monjitas	Ceremonia religiosa de año nuevo	Aroma	2	5	1	0.050	5.0	0.016	1
Poaceae	<i>Arundo donax</i>	Carrizo	Ceremonia religiosa día de muertos	Estética	1,2	1	1	0.150	15.0	0.048	3

Parte útil: 1= parte vegetativa (tallo y hojas), 2= parte reproductiva (flores, frutos, semillas, raíz), 3= completa. Edad útil: 1= tierna 2= madura, 3= ambos. Forma de vida: 1= herbácea, 2= cactácea, 3= arbusto, 4= árbol, 5=trepadora. Modo de empleo: 1= té, 2= baños de vapor, 3= limpia, 4= uso en fresco. Hábitat: 1= silvestre, 2= cultivada

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos colectados en campo.

diversos santos y fechas importantes de la religión, y la flora juega un papel muy importante para la decoración de los altares tanto del templo común como de los hogares en particular.

El hábitat de estas especies es un 97% silvestre, ya que por su naturaleza se requiere de características específicas del ambiente para la conservación de sus atributos de atracción.

Especies para uso en apoyo mecánico/ herramientas

Las especies que son utilizadas para la elaboración de herramientas de trabajo (Tabla 5) son relativamente pocas, ya que como lo mencionan los encuestados, las herramientas que anteriormente eran elaboradas manualmente y de forma artesanal, han sido reemplazadas por aquellas que son de fácil de comprar en los mercados y no demandan tiempo para su elaboración, sin embargo, algunas personas adultas aún se toman el tiempo para la búsqueda de las especies utilizadas (en su mayoría) para confeccionar mangos de herramientas y postes para cercos como en el caso de *Eysenhardtia polystachya*. Cabe señalar que esta especie es muy demandada por su alta resistencia y durabilidad, atributo muy importante que determina la selección de las especies de esta categoría.

Los índices cuantitativos en esta categoría muestran valores bajos tanto en IVUs como en IC, esto no quiere decir que las especies no sean importantes, sino que su bajo número de citas y la facilidad con la que puedan ser reemplazados hacen que los pobladores no vean a las especies como primera opción para la fabricación de su material de apoyo. Por otro lado, solo las especies que sirven como apoyo mecánico en la construcción son las que muestran un UST que apenas supera el 20% lo cual indica que incluso esta especie puede ser reemplazado por material rentado y que no demanda su extracción en el bosque.

El poco interés por conservar el conocimiento tradicional para la elaboración de herramientas conlleva también, a la recuperación de la población de ciertas especies que estaban en riesgo por su forma de extracción y ahora el estatus de abundancia esta en un rango de “abundante” a “muy abundante”.

Tabla 5. Especies útiles en la elaboración de herramientas en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca.

Especie	Familia	Nombre común	Uso	Características de la especie			Índices de importancia			
				Forma de vida	Parte útil	Hábitat	UVIs	UTS	IC	Abundancia
<i>Acacia pennatula</i>	Fabaceae	Garroble	Cabeza de arado	4	1	1	0.025	2.5	0.001	4
<i>Acaciella angustissima</i>	Fabaceae	Timbre Palo de águila	Mangos	3	1	1	0.100	10.0	0.008	2
<i>Alnus acuminata</i>	Betuláceas	águila	Yugo	4	1	1	0.025	2.5	0.001	3
<i>Arundo donax</i>	Poaceae	Carrizo	Cercas	3	1	1	0.150	15.0	0.036	3
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Fabaceae	Cuatle	Postes	4	1,2	1	0.050	5.0	0.004	2
<i>Fraxinus</i> sp	Oleacea	Fresno Palo de huaje	Yugo	4	1	1	0.025	2.5	0.001	2
<i>Leucaena</i> sp	Fabaceae	huaje	Postes	3	1	1	0.025	2.5	0.001	2
<i>Sp. Pinus</i>	Pinaceae	Pino	Madera	4	1	1	0.500	25.0	0.120	4
<i>Sp. Quercus</i>	Fagaceas	Encino	Mangos	4	1	1	0.450	27.5	0.396	4

Parte útil: 1= parte vegetativa (tallo y hojas), 2= parte reproductiva (flores, frutos, semillas, raíz), 3= completa. Forma de vida: 1= herbácea, 2= cactácea, 3= arbusto, 4= árbol, 5=trepadora. Naturaleza: 1= silvestre, 2= cultivada

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos colectados en campo

De manera general el hábitat en que se desarrollan la mayoría de las plantas es silvestre (71%), de éstas el 43% corresponde a especies medicinales, 20% a especies comestibles, 17% son especies con uso cultural o religioso y el 12% restante son de uso en herramientas. Su uso requiere de un proceso de ubicación, selección, recolección y conservación tanto de su población como del hábitat en que prevalecen.

El 40% restante de todas las especies se encuentran distribuidos en hábitats de fácil acceso, uno de ellos, la milpa, en donde, por lo regular se encuentran especies comestibles, específicamente los quelites; así como algunos condimentos consumidos en fresco. Por otro lado, el huerto familiar o “solar” es un espacio en donde se siembran diversas especies de utilidad cotidiana.

Las especies utilizadas en ceremonias religiosas o sociales tienden a dar un valor bajo en ambos indicadores, aun siendo de mucha importancia derivado de su frecuencia de uso a lo largo del año, así como su utilización única; sin embargo, su rareza o escasez representa una gran preocupación para los habitantes, ya que constituyen un elemento importante para las costumbres y tradiciones del municipio. Cabe señalar que la mayoría de los entrevistados coincidieron en que las principales causas del estatus de disponibilidad rara o escasa se debe a la pérdida y deterioro de hábitat de las especies especialmente silvestres, ya que éstas han sufrido un cambio en su población a causa de la sobre explotación de los bosques y mantos acuíferos, así como la extracción de distintos recursos naturales sin un manejo adecuado, lo cual no solo afecta la conservación de especies económicamente útiles sino el resto de los ecosistemas, situación que ha comenzado a preocupar a los pobladores de la parte alta del municipio y por eso se mostraron flexibles a la hora de aportar información para la presente investigación.

DISCUSIÓN

Como se observa, la categoría que más especies útiles reporta es la medicinal (más de 60%), seguido de las especies comestibles (20%). Este dato apoya lo encontrado en Ayoquezco de Aldama (Arrazola-Guendulay *et al.*, 2018), municipio perteneciente a la misma región en la que se registra que la familia más rica en especies útiles es Asteraceae, y la categoría más abundante es la medicinal seguido de comestible. En ese sentido se encuentra lo que reportan (Lara Reimers *et al.*, 2018), quienes han investigado, en el norte del país y en el estado de Zacatecas, el uso de plantas autóctonas destinadas a la alimentación y el tratamiento de enfermedades, donde al igual que en San Pablo Cuatro Venados, Oaxaca, la familia con mayor demanda de utilidad directa es Asteracea seguido por Fabaceae y Lamiacea. Esto va de la mano con lo que reporta Eguiarte (2001), el cual mediante un análisis bibliométrico de estudios etnobotánicos, encontró que se reportan más las plantas medicinales en una relación de 2.26 con respecto a las plantas comestibles, lo que puede variar según los patrones culturales de cada región campesina e indígena de México.

Es importante mencionar que el escalamiento de conocimientos que se aprecia en la terapéutica comunitaria ha hecho que se comprenda el comportamiento de ciertas enfermedades, lo que ha llevado al convencimiento de que existen padecimientos en los que resulta necesario la combinación de una o más especies para formar “el remedio”, como se llama localmente al tratamiento, lo cual implica para el “curandero” desarrollar un conocimiento más complejo que rebase la simple observación empírica. De ahí que la práctica curativa de éste requiera de una trasmisión de saberes (en diferentes orientaciones) que abarque los aspectos que conforman el entorno natural (y simbólico) contiguo, proceso para el que se preparan desde niños a quienes van a continuar con la práctica de la curación y el conocimiento de las plantas útiles para ello, con lo cual se da continuidad a la tradición.

Es importante resaltar que a pesar de que los servicios de salud han llegado a todas las comunidades del municipio, el 99% de los entrevistados mencionaron al menos una especie medicinal de uso principal en la atención de los padecimientos familiares, con la observación de que para ellos son las hierbas la primera alternativa de sanación elegida al considerarla más confiable y de menor costo y efectos colaterales (Lara Reimers *et al.*, 2018).

En el caso los indicadores cuantitativos se consideran especies con índice de valor alto a aquellas con un índice de importancia mayor a 1.0 (Martínez-Cortés *et al.*, 2017) en este estudio resaltan *Clinopodium mexicanum* (poleo) con 1.05, *Mentha piperita* (hierba buena) con 1.3, y *Piper auritum* (hierba santa) con 1.05. Determinadas por la cantidad de categorías en las que se encuentra la especie (medicinal, comestible y ceremonial/religioso), y las dos últimas señaladas también por la cantidad de menciones en las entrevistas.

Para la descripción de las especies comestibles es importante resaltar que en el municipio las especies comestibles son conservadas especialmente por las personas mayores que conocen el proceso original de elaboración de platillos típicos y tradicionales, que además de ser un distintivo cultural muestran la importancia de festividades importantes a través de la comida. Un aspecto importante que reportaron en las entrevistas realizadas es la introducción de alimentos procesados y de fácil elaboración. Situación que se explica por el impacto causado por los medios de comunicación quienes funcionan como mecanismos de difusión que orientan y promueven la adopción de nuevas pautas de comportamiento y consumo, siendo la práctica alimentaria una de las que más resiente esta condición. De igual manera, otro factor que contribuye a generar cambios sustanciales en el aprovechamiento de la flora local, son los intercambios que se generan a partir de procesos de migración y retorno. Ambos aspectos inciden en la transformación de la gastronomía tradicional local, y aunque mucha gente de la comunidad sigue privilegiando el uso de los componentes culinarios locales, de manera paulatina la adopción en el gusto de las personas de nuevos platillos elaborados con materia prima procesada, empieza a ocupar un lugar importante en los hogares de esta comunidad.

Si se toma en cuenta que el conocimiento ecológico tradicional es un eje rector para asegurar el suministro de alimentos y consolidar la alimentaria (Jasso-Arriaga, 2019), una característica importante a la hora de la documentación de los saberes ancestrales es tomar en cuenta que la alimentación de las comunidades no solo se basa en el consumo de plantas, sino también de especies animales nativos disponibles en la región, con lo que se crea un equilibrio entre el consumo de vitaminas, minerales y proteína y que además aporta un gran significado cultural.

El uso de las especies de ornato en el municipio es una característica muy peculiar de los Valles Centrales de Oaxaca pues aborda no solo aspectos religiosos, sino también sociales y políticos. Situación que pone a esta categoría en riesgo, ya que las especies son en su mayoría silvestres, tienen un sitio delimitado de desarrollo, y su extracción y la demanda que se genera en los municipios aledaños que no cuentan con el hábitat para el desarrollo de ciertas especies usadas en sus festividades, genera actividades altamente erosionantes, al ser colectadas (sin seguir ninguna acción restauradora) por personas que centran su interés solo en su venta y lucro.

La categoría que menos especies reporta es la categoría de uso mecánico o herramientas y eso se debe principalmente a que existen en el mercado toda clase de aparatos que facilitan el trabajo y disminuyen el tiempo en la elaboración de ciertas herramientas. En esta categoría solo personas de la tercera edad mencionaron las especies útiles, ya que son solo estas personas quienes aún las utilizan. Esta categoría presenta riesgo en cuanto a pérdida del conocimiento, ya que las personas se preocupan cada vez menos en aprender el proceso de elaboración de sus herramientas de trabajo, según lo que se reporta, por lo que el tiempo de búsqueda de la especie, su traslado, elaboración y secado de la pieza demanda tiempo y esfuerzo resultan aspectos que se pueden evitar con solo adquirirla en el mercado. Otro aspecto importante es que la actividad económica del municipio ha pasado de ser 100% actividades agrícolas a diversas actividades como el comercio y la construcción, por lo que uso de herramientas artesanales ha dejado de ser opción para los pobladores.

CONCLUSIONES

La presencia de 43 familias botánicas con al menos una especie mencionada muestra una importante riqueza de especies con utilidad directa, por lo que si se estudiara a mayor profundidad, sin duda esta lista será mucho mas abundante. Un grupo de especies en las que se requiere estudio es en aquellas que

ya no son utilizadas por reemplazo de materiales o por pérdida en la transmisión del conocimiento pero que en su momento fueron plantas de importante demanda de uso.

El municipio cuenta con un acervo botánico bastante amplio, su conocimiento se ha derivado del ensayo y error de muchas generaciones y que afortunadamente aún se conserva y se practica en gran medida, especialmente en el ámbito medicinal. Es importante mencionar que no todas las especies se usan de manera individual, sino que, existen padecimientos en los que se combinan con una o más especies para formar “el remedio” como se llama localmente al tratamiento.

El aprovechamiento colectivo en lugar de generar su depredación irracional ha permitido su conservación y reproducción, pese a que en una visión de modernidad constreñida su persistencia a través de la práctica común y la transferencia de conocimientos tradicionales haya sido vista como algo atrasado y superado por el *continuum* tecnológico.

Como se observa, el uso y consumo de las especies silvestre en Cuatro Venados como en el resto del país está altamente relacionado con el estilo de vida y el constante cambio que sufren las comunidades con el flujo e intercambio de cultura influenciada por la migración, por lo que es de suma importancia la compilación de los conocimientos empíricos tradicionales y resguardo de los mismos en documentos científicos para la conservación no solo de la historia botánica sino como alternativa de subsistencia en futuras situaciones desfavorables para la sociedad.

LITERATURA CITADA

- Arrazola-Guendulay, A. A., Hernández-Santiago, E., & Rodríguez-Ortiz, G. (2018). Conocimiento tradicional de plantas silvestres en una comunidad de los Valles Centrales de Oaxaca. *Revista Mexicana de Agroecosistema*, 5(1), 55–78.
- Arriaga-jiménez, A., Pérez-Díaz, C., & Pillitteri, S. (2018). Ka'ux Mixe language and biodiversity loss in Oaxaca, Mexico. *Region and Cohesion*, 8(3), 127–143. <https://doi.org/10.3167/reco.2018.080308>
- Bello-González, M. A., Hernández-Muñoz, S., Lara-Chávez, M. B. N., & Salgado-Garciglia, R. (2015). Plantas útiles de la comunidad indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. *Polibotánica*, 39, 175–215. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.39.10>
- Bernal-Ramírez, L. A., Bravo-Avilez, D., Fonseca-Juárez, R. M., Yáñez-Espinosa, L., Gernandt, D. S., & Rendón-Aguilar, B. (2019). Usos y conocimiento tradicional de las gimnospermas en el noreste de Oaxaca, México. *Acta Botanica Mexicana*, 126(e1471), 1–24. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1471>
- Blancas, J., Casas, A., Pérez-Salicrup, D., Caballero, J., & Vega, E. (2013). Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico Ecological and socio-cultural factors influencing plant management in Náhuatl communities of the Tehuacán Valley, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(39), 1–22.
- Casas, A., & Parra, F. (2007). Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *Leisa Magazine*, 23, 5–8.
- CONABIO, C. N. para el C. y U. de la B. (2016). *Estrategia nacional sobre biodiversidad de México (ENBioMex) y plan de acción 2016 - 2030*.
- Eguiarte, L. E. (2001). Reseña de “Hacia una etnobotánica mexicana y moderna” de B. Rendón Aguilar, S. Rebollar Domínguez, J. Caballero Nieto y M. A. Martínez Alfaro. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, 69, 123–126.
- Fernández, J. C., Aldama, A., & Silva, C. L. (2002). Conocimiento tradicional de la biodiversidad: conservación, uso sustentable y reparto de beneficios. *Gaceta Ecológica*, 63, 7–21. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906301>
- FIDA, F. I. de D. A. (2016). *El valor de los conocimientos tradicionales. Los conocimientos de los pueblos en las estrategias de adaptación al cambio climático y la mitigación de este*. <https://www.ifad.org/documents/10180/673d9b5f-b286-4e5f-a544-62dae9450034>
- García Flores, J. C., Gutiérrez Cedillo, J. G., Baldera Plata, M. A., & Juan Pérez, J. I. (2019). Análisis del conocimiento ecológico tradicional y factores socioculturales sobre huertos familiares en

Recibido:
3/agosto/2020

Aceptado:
16/abril/2021

- el Altiplano Central Mexicano. *Cuadernos Geográficos*, 58(3), 260–281. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30827/cuadgeo.v58i3.7867>
- Goodman, L. A. (1961). Muestreo en bola de nieve. *Annals of Mathematical Statistics*, 32 (Universidad de Chicago), 27.
- Jasso-Arriaga, X. (2019). Principio de conservación: coexistencia entre diversidad de especies comestibles y conocimiento tradicional. *Polibotánica*, 46, 179–199. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.47.13>
- Lara Reimers, E., Fernández Cusimamani, E., Lara Rodríguez, E., Zepeda del Valle, J., Polesny, Z., & Pawera, L. (2018). An ethnobotanical study of medicinal plants used in Zacatecas state, Mexico. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 87(2), 0–5. <https://doi.org/10.5586/asbp.3581>
- López-Gutiérrez, B. N., Pérez-Escandón, B. E., & Villavicencio Nieto, M. Á. (2014). Aprovechamiento sostenible y conservación de plantas medicinales en Cantarranas, Huehuetla, Hidalgo, México, como un medio para mejorar la calidad de vida en la comunidad. *Botanical Sciences*, 92(3), 389–404.
- Luna-José, A. de L., & Rendón-Aguilar, B. (2008). Recursos vegetales útiles en diez comunidades de la sierra madre del sur, Oaxaca, México. *Polibotánica*, 26, 193–242.
- Manfredo, M. J., Teel, T. L., & Dietsch, A. M. (2016). Implications of human value shift and persistence for biodiversity conservation. *Conservation Biology*, 30(2), 287–296. <https://doi.org/10.1111/cobi.12619>
- Martínez-Cortés, M., Manzanero-Medina, G. ., & Lustre-Sánchez, H. (2017). Las plantas suculentas útiles de Santo Domingo Tonalá, Huajuapán, Oaxaca, México. *Polibotánica*, 0(43), 323–348. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.14>
- Martínez-Pérez, A., López, P. A., Gil-Muñoz, A., & Cuevas-Sánchez, J. A. (2012). Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. *Acta Botanica Mexicana*, 98, 73–98.
- Millán-Rojas, L., Arteaga-Reyes, T. T., Moctezuma-Pérez, S., Velasco-Orozco, J. J., & Arzate-Salvador, J. C. (2016). Conocimiento ecológico tradicional de la biodiversidad de bosques en una comunidad Matlatzinca, México. *Ambiente y Desarrollo, Bogotá (Colombia)*, XX(38), 111–123. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.up14-4.ayd20-38.cetb>
- Pardo de Santayana, M., & Gomez Pellon, E. (2003). Etnobotánica: aprovechamiento tradicional de plantas y patrimonio cultural. *Anales Del Jardín Botánico de Madrid*, 60(1), 171–182.
- Toscano Gonzáles, J. Y. (2006). Uso tradicional de plantas medicinales en la vereda de San Isidro, municipio de San José de Pare-Boyacá: un estudio preliminar usando técnicas cuantitativas. *Acta Biológica Colombiana*, 11(2), 137–146.

PLANTAS MEDICINALES DE LOS TÉNEK DE SAN FRANCISCO, CHONTLA, VERACRUZ, MÉXICO

MEDICINAL PLANTS OF THE TÉNEK FROM SAN FRANCISCO, CHONTLA, VERACRUZ, MEXICO

Castro Guzmán, S.; L. M. Cano Asseleih y O. Sánchez Sánchez.

PLANTAS MEDICINALES DE LOS TÉNEK DE SAN FRANCISCO, CHONTLA,
VERACRUZ, MÉXICO.

MEDICINAL PLANTS OF THE TÉNEK FROM SAN FRANCISCO, CHONTLA,
VERACRUZ, MEXICO.

**PLANTAS MEDICINALES DE LOS TÉNEK DE SAN FRANCISCO,
CHONTLA, VERACRUZ, MÉXICO****MEDICINAL PLANTS OF THE TÉNEK FROM SAN FRANCISCO,
CHONTLA, VERACRUZ, MÉXICO**

Castro Guzmán, S.,
L. M. Cano Asseleih
y O. Sánchez Sánchez

PLANTAS MEDICINALES
DE LOS TÉNEK DE SAN
FRANCISCO, CHONTLA,
VERACRUZ, MÉXICO

MEDICINAL PLANTS OF
THE TÉNEK FROM SAN
FRANCISCO, CHONTLA,
VERACRUZ, MÉXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 213-239. Julio 2021

DOI:

10.18387/polibotanica.52.14

S. Castro Guzmán
L. M. Cano Asseleih

O. Sánchez Sánchez / odsanchez@uv.mx

*Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana,
José María Morelos 44, Zona Centro, C.P. 91000.
Xalapa Enríquez, Ver. Tel (01) 228 167 3051*

RESUMEN: El estado de Veracruz cuenta con una gran riqueza florística y cultural que ha permitido el desarrollo de un vasto conocimiento herbolario. Si bien existen diversos estudios que registran el uso medicinal de las plantas, aún quedan áreas geográficas y culturas autóctonas con escasa o nula información. Este es el caso de la Región Tének o Huasteca ubicada al noreste del Estado, que a pesar de la gran tradición que han tenido como médicos tradicionales y conocedores de la herbolaria, el acercamiento a esta etnia ha sido casi nulo en este rubro. El objetivo de esta investigación es contribuir al conocimiento de la cultura Tének de Veracruz, a través de la documentación de la herbolaria tradicional en la comunidad de San Francisco, del Municipio de Chontla. Mediante entrevistas abiertas y semiestructuradas a los tres médicos tradicionales (MT) de mayor prestigio en la comunidad, se documentó el uso de las especies medicinales utilizadas por ellos, con base a la demanda de atención de los pobladores. A través de recorridos en compañía de los MT, se recolectaron las especies en campo e identificaron botánicamente. De las siete especies que los médicos tradicionales coincidieron en mencionar, se determinó en el 10% de la población, por rangos de edad, el conocimiento que existe sobre ellas. Se determinaron también, la significancia cultural mediante el índice de fidelidad (FL), que incluye el rango de prioridad (ROP) y la popularidad relativa (RPL). Además, se calculó el índice de valor de uso para las estructuras morfológicas de las plantas utilizadas. Se documentaron un total de 97 especies medicinales las que se incluyen en 53 familias y 84 géneros. Se encontraron ocho nuevos registros a la Flora Medicinal de Veracruz. Los resultados de la investigación documentan y demuestran la riqueza florística y cultural en relación al conocimiento, uso y manejo de plantas medicinales en la comunidad Tének, de San Francisco Chontla, Veracruz.

Palabras clave: Tének, medicina tradicional, recursos vegetales, índice de fidelidad, índice de valor de uso.

ABSTRACT: The Veracruz State has a great floristic and cultural wealth that has allowed the development of herbal knowledge. Nowadays there are a lot of studies that record the medicinal use of the plants. Nevertheless, there are insufficient or even null information about some segregated geographic areas and even of some native cultures of the region. That is the scenario of the Huasteca and Tének regions, located at the northeast of the State. Even with his vast knowledge and traditions about herbology and as practicing herbalists, there has been no approach to them in this area. The main goal of this research is to contribute to the understanding of the Tének culture through the documentation of his herbal traditional practices on the San Francisco community (at the Chontla Municipality). We documented the use of most required medicinal species by the population, trough open and semi structured interviews to the three most

prestigious and recognized Traditional Herbalist (TH). With the support of this TH we collected and identify botanical specimens on the field. Of the six species that all the three TH mentioned, we collected the 10% of the knowledge of the population about them (we did it establishing ranges of ages). Also, we determined the cultural significance due to a fidelity index (FI), which includes the priority range (PR) and the relative popularity (RP). What's more, the value index for the use of morphologic structures of the used plants was calculated. A total of 97 medicinal species (in which 53 families and 84 genders are included) were documented. It was found about 8 new botanical records on the Medicinal Flora of the State of Veracruz. We can conclude that the research document and probe the importance and knowledge generated through the management and use of the medicinal plants in the Tének community of San Francisco Chontla, Veracruz.

Keywords: Tének, traditional medicine, vegetable resources, fidelity index, use value index.

INTRODUCCIÓN

El uso de plantas medicinales es una práctica común en muchos lugares del mundo, la Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta que 80% de la población de los países en desarrollo recurre a su empleo para el cuidado de la salud (Bermúdez, Velázquez, & Oliveira-Miranda, 2005). Sin embargo, este dato puede aumentar si se considera que la medicina tradicional también está siendo empleada en algunos países desarrollados (Peña & Paco, 2007). En México, el uso de la medicina tradicional es una práctica común, principalmente entre los grupos étnicos que hacen uso frecuente de las plantas medicinales como alternativa terapéutica (Cano Asseleih & Gómez-Pompa, 1997). Los registros históricos indican que la etnomedicina fue utilizada desde la época prehispánica, siendo notable también el interés que despertó su conocimiento después de la llegada de los españoles (Ramírez Hernández, y otros, 2012).

Los distintos grupos étnicos de México han desarrollado desde tiempos prehispánicos un extraordinario conocimiento sobre 4 500 especies de plantas con uso medicinal (Barragán-Solis, 2006). Se recolectan de forma silvestre 3 600 especies, siendo utilizadas 1 500 sin procesar, cultivadas en el huerto familiar 370 y están amenazadas por factores externos 35 (Gallardo-Pérez, Esparza Aguilar, & Gómez Campo, 2006). Los datos mencionados demuestran el conocimiento vegetal y su importancia en la identidad de los pueblos autóctonos.

El estado de Veracruz tiene una alta riqueza florística y es reconocido como el tercero más rico del país después de Chiapas y Oaxaca, estimándose cerca de 8 000 especies de plantas (Villaseñor, Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México, 2003). Con relación a su riqueza cultural, posee distintos grupos indígenas que pertenecen entre las más importantes a las etnias Totonaca, Tepehua, Nahua, Otomí, Popoluca, Zoque y Tének o Huasteca; los cuales han logrado preservar buena parte de su cultura y tradiciones, entre las que se encuentra el uso de plantas medicinales (Cano Asseleih & Gómez-Pompa, 1997). No obstante, de que la Comunidad Tének se encuentra habitando en la planicie costera que se extiende por el norte de Veracruz y el oriente de San Luis Potosí, posee una lengua y una cultura muy antigua que se relaciona con la maya haciéndola por ello muy particular (Ariel de Vidas, 2009; Valle Esquivel & Hernández Alvarado, 2006). Este grupo tiene sus orígenes en las civilizaciones mesoamericanas, y está asentado en la región de México conocida como la huasteca que hoy en día se distribuye en los estados de San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Puebla y Veracruz. Según estudios etnolingüísticos, el Tének pertenece al tronco de idiomas mayenses. También se hace referencia que, desde hace 3500 años, la costa del Golfo estuvo habitada por grupos mayas y uno de esos quedó aislado del resto, dando como resultado a la actual cultura Tének (Gallardo Arias, 2004). Durante los periodos de conformación cultural de la región (900 a.c.), fue el grupo mayoritario y quienes sentaron las bases para su desarrollo cultural y social, además participó en la domesticación del maíz y otras plantas mesoamericanas como chile, calabaza y frijol (Arroyo Mosqueda, Ramírez Castilla, Pérez Zevallos, & Güemes Jiménez, 2008; Valle Esquivel & Hernández Alvarado, 2006).

Un antecedente a esta investigación es el estudio realizado por González (González Hernández, 2004) en la zona Tének de Tanleab, San Luis Potosí. A nivel etnográfico a los Tének de este Estado se les reconoce como un grupo distinto a los Tének de Veracruz, no sólo porque su separación histórica

ocurrió desde tiempos remotos, sino también porque socioculturalmente exhiben una situación diferenciada (Valle Esquivel & Hernández Alvarado, 2006). Otra contribución al conocimiento herbolario de ese grupo es el capítulo Veracruz en el libro *Herbolaria curativa y sanadora: la experiencia terapéutica de hombres y mujeres del sur-sureste mexicano* (Cahuich Campos, y otros, 2015), en el cual el objetivo fue documentar las plantas medicinales de uso común en accidentes de trabajo por personas no especialistas y en el que sólo se registraron 15 especies.

Debido a que existe poca información sobre las plantas medicinales utilizadas por los Tének del estado de Veracruz y dada su importancia en la conformación cultural de la región Huasteca de México, el objetivo de este trabajo fue contribuir al conocimiento de su cultura médica, a través de la documentación de la herbolaria tradicional de la comunidad de San Francisco, ubicada en el Municipio de Chontla, una comunidad rural que se caracteriza por el uso de las plantas medicinales.

Área de estudio

La localidad de San Francisco está ubicada en el municipio de Chontla, en la zona norte del estado de Veracruz (Fig. 1), limita al oeste con Tantoyuca, al Sur con Ixcatepec y Tepetzintla, al este con Citlaltépetl y Ozuluama y al sureste con Tancoco; entre las coordenadas 21° 17' 44.68" de latitud norte y 97° 55' 22.59" de longitud oeste, a una altura de 223 metros sobre el nivel del mar; clima cálido húmedo con lluvias en verano (AW2), y temperatura promedio de 24° C (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio, 2011). Challenger (Challenger & Caballero, 1998) reporta este sector como una zona tropical húmeda, representada por una cobertura vegetal de selvas medianas a altas y sabanas.



Fig. 1. Localización de la comunidad San Francisco en el municipio de Chontla, zona norte del estado de Veracruz, México.

Su población es de 1 499 habitantes, de los cuales 750 hablan su lengua nativa. La atención de servicios médicos dentro de la comunidad de San Francisco es brindada a través de un centro de salud del IMSS, el cual sólo ofrece consulta externa y es atendido por una doctora.

MATERIALES Y MÉTODO

Se identificaron informantes clave, tres médicos tradicionales (MT) los más reconocidos y prestigiados dentro de la comunidad, que voluntariamente decidieron participar en la investigación, una vez informados del proyecto. Los tres MT son originarios de San Francisco, con padres y abuelos de la localidad donde han radicado toda su vida y son hablantes de la lengua Tének, una partera, otro sobador y un yerbero. Cuando fueron entrevistados su edad era de 79, 56 y 46 años, respectivamente. La partera refiere que aprendió sola, el sobador que desde pequeño sentía que algo lo motivaba y aprendió viendo a las personas mayores y al yerbero le surgió el interés y tomó un curso de herbolaría. Los tres refirieron tener el antecedente de una abuela hierbera. En cuanto a las actividades que realizan fuera de la medicina tradicional se encuentran las labores domésticas para la partera, además de hacer comales de barro para vender. El sobador se dedica al campo y la albañilería y finalmente el yerbero es campesino y forma parte de un trío local de sones huastecos.

Trabajo de campo

El trabajo de campo se realizó de octubre de 2012 a enero de 2014 en la localidad de San Francisco, Chontla, Veracruz. Se aplicaron entrevistas abiertas y semi-estructuradas (Alexiades, 1995). Se utilizó una ficha etnobotánica por especie, donde se registró, el nombre común de la planta, nombre indígena, forma biológica, usos medicinales, partes utilizadas, forma de preparación, vía de administración, dosis y tratamiento, así como otros usos y observaciones. Además de la información obtenida a través de los informantes, se utilizó la observación directa para el registro de ciertas características biológicas de las plantas y su ubicación. Esta etapa permitió obtener información cualitativa y descriptiva de las especies y sus usos medicinales

Colecta e identificación del material botánico

Las especies medicinales se recolectaron en compañía de los MT, se herborizaron e identificaron botánicamente y fueron depositadas en el herbario de plantas medicinales del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), ubicado en el Centro Médico Nacional Siglo XXI, Cd. México, así como en el Herbario XAL del Instituto de Ecología en Xalapa, Veracruz.

Análisis de datos

La significancia cultural, transmisión y difusión del conocimiento entre los miembros de la comunidad Tének, se investigó con auxilio de los colaboradores clave. Se seleccionaron las especies que los tres MT coincidieron en mencionar, que fueron seis y la especie que mayor número de usos tuvo con base en la información de los MT. Considerando las siete especies así seleccionadas, se diseñó una encuesta que fue aplicada al 10% de la población para valorar su conocimiento y poderlo contrastar con el de los MT. La encuesta se aplicó a 149 personas entre 8 y 60 años de edad. (Tabla 1).

Tabla 1. Población de la localidad dividida en intervalos y número de encuestas aplicadas para cada una de ellas.

Intervalos de edad en años	Número total de habitantes por intervalo	Número de encuestas aplicadas por intervalo (10% de la población por intervalo)
8-14 (Niños)	295	29
15-24 (Jóvenes)	328	33
25-59 (Adultos)	634	63
60+ (Adultos mayores)	242	24
Total		149

La aplicación de las encuestas estuvo apoyada por un cuadernillo con las fotos y nombres comunes de las siete especies para que las personas encuestadas las identificaran fácilmente. Con la información obtenida se determinó el Índice de Nivel de Fidelidad (FL) según Friedman (Friedman, Yaniv, Dafni, & Palewitch, 1986), que incluye al Nivel de Prioridad (ROP) y el Índice de Valor de Uso de las estructuras morfológicas (PPV) de Gómez-Beloz (Gómez Beloz, Plant use knowledge of the Winikina Warao: The case for questionnaires in ethnobotany, 2002). Estos parámetros arrojan resultados de las especies con mayor significancia cultural (la especie más conocida entre la población para un uso específico). A partir de esto se obtuvo información sobre la transmisión y difusión del conocimiento herbolario dentro de un porcentaje de la población.

RESULTADOS

Se documentaron un total de 97 especies de plantas medicinales, de las cuales 54% fueron aportadas por el yerbero, 25% por la partera y 21% por el sobador (Anexo 1). En el caso de la partera, mencionó especies utilizadas principalmente para la atención de parto y cuidados post parto. Especies como la barquilla (*Tradescantia spathacea* Sw.), Yanten (*Plantago major*), cola de caballo (*Russelia equisetiformis* Schldl. y Cham.), sábila (*Aloe vera* (L.) Burm. F.) y árnica (*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc) las indicó para inflamación y dolor de vientre y para relajación posparto. El orégano (*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.), lakum (*Manfreda brachystachys* (Cav.) Rose) para hemorragia vaginal y otras como caña de jabalí (*Costus spicatus* (Jacq.) Sw.) y manzanita (*Malvaviscus arboreus* Cav.) para mal de orín. En el caso del yerbero, el conocimiento de las plantas medicinales es más amplio en relación con las afecciones atendidas, que iban desde infecciones intestinales, urinarias, respiratorias y de la piel, así como para el dolor de cabeza y fiebre. Una característica importante del yerbero es que dio información de un mayor número de especies medicinales y atendía más afecciones en relación a los otros dos médicos y algunos síndromes de filiación cultural como el mal aire y espanto (Anexo 2).

Las 97 especies registradas en este estudio se incluyen en 53 familias y 84 géneros, siendo la familia más numerosa, la Asteraceae con 12 especies y 11 géneros, seguida por la Euphorbiaceae con 11 especies y 6 géneros y Lamiaceae con 5 especies y 4 géneros (Anexo 1). Predominaron las hierbas (50%), seguidas por arbustos (20.6%), árboles (14.4%) y bejucos (13.4%).

Las estructuras morfológicas más utilizadas de las especies fueron las hojas (40.3%), después las ramas (17.6%), raíces (9.2%), flores, látex, cortezas y tallos (3.3% - 6.7%) y plantas completas (7.5%). En cuanto a la forma de uso de las hojas, se reportó como la más frecuente, la infusión (45.6%), seguida por baños, lavados y enjuagues (25%), cataplasmas (21.5%) y lo que denominaron los MT, para “ramear”, “gotear”, sobar y masticar (2.5 - 8%).

Respecto al manejo cultural de las plantas medicinales utilizadas, la información obtenida por los MT indicó que recolectan los recursos vegetales ruderales en un 60.8% mismos que crecen en acahuales o vegetación secundaria. Las especies de plantas cultivadas constituyen el 37.1% y su presencia es fomentada en actividades productivas como la milpa y los huertos. Las plantas cultivadas en arriates o en macetas se reduce al 2% y crecen en traspatios y huertos familiares.

De acuerdo con la clasificación de la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2008) y con base en el uso medicinal, las 97 especies se agruparon en 17 categorías de enfermedades. Se encontró que el mayor número de especies (26 spp.), se indicó para padecimientos de la mujer, seguido por dolores e inflamaciones (21 spp.), afecciones de la piel, boca y ojos (20 spp.), síndromes de filiación cultural (Almaguer *et al.*, 2003) (17 spp.) y por último, para trastornos digestivos y hepáticos (16 spp.). En las demás categorías de enfermedades el número de especies varió del 1 al 10 (Anexo 2; Fig. 1).

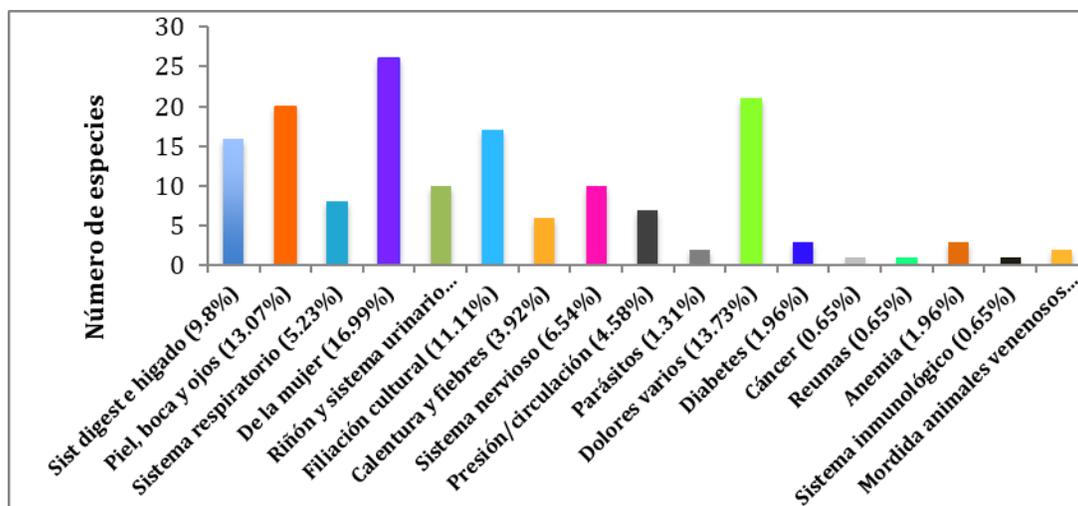


Fig. 1. Número de especies de plantas medicinales empleadas por enfermedad en la Comunidad Tének

Los resultados de significancia cultural, transmisión y difusión de los saberes ancestrales están basados en el análisis de la información obtenida con las especies medicinales seleccionadas, que fueron las mencionadas por los tres MT, así como la especie registrada para tratar el mayor número padecimientos representada por *Guazuma ulmifolia* Lam. (Anexo 2). Solo seis especies cumplieron el primer criterio y fueron: *Buddleja americana* L., *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Costus spicatus* (Jacq.) Sw., *Justicia spicigera* Schltdl., *Kalanchoe pinnata* (Lam.) Pers. y *Lippia dulcis* Trevir. Las siete especies ya fueron registradas en la Flora Medicinal de Veracruz (Cano Asseleih & Gómez-Pompa, 1997), aunque en esta investigación se reportan nuevos padecimientos como son: calentura para *B. americana*, cálculos biliares para *C. spicatus*, dolor de parto para *G. ulmifolia* y baños post-parto de relajación y “maldad” para *J. spicigera*, dolor muscular para *K. pinnata*, y falseaduras y hepatitis, para *L. dulcis*.

Los resultados de la encuesta aplicada a un 10% de la población por rango de edad indican que en el grupo de edad de 60+ años, un mayor número de personas conoce a la mayoría de las 7 especies, con excepción de *B. simaruba* y *K. pinnata*. En estos casos, fue en el grupo de 25-59 años de edad que mayormente conocieron estas especies (el 96.8% y el 93.6% respectivamente) (Ver tabla 2).

Tabla 2. Resultados de la encuesta aplicada a la población por rango de edad en relación con si conocía las especies medicinales mencionadas por los MT.

Especies	Rangos de edad			
	8-14 años	15-24 años	25-59 años	60+ años
<i>Buddleja americana</i>	6 (20.6%)	12 (36.36%)	39 (61.9%)	18 (75%)
<i>Bursera simaruba</i>	23 (79.3%)	32 (96.9%)	61 (96.8%)	23 (95.8%)
<i>Costus spicatus</i>	13 (44.8%)	18 (54.5%)	43 (68.2%)	19 (79.1%)
<i>Guazuma ulmifolia</i>	26 (89.6%)	31 (93.9%)	60 (95.2%)	23 (95.8)
<i>Justicia spicigera</i>	4 (13.7%)	10 (30.3%)	44 (69.8%)	18 (75%)
<i>Kalanchoe pinnata</i>	28 (96.5%)	32 (96.9%)	59 (93.6%)	22 (91.6%)
<i>Lippia dulcis</i>	9 (31.03%)	11 (33.3%)	39 (61.9%)	17 (70.8%)
No. de personas encuestadas	29	33	63	24

En relación con el conocimiento que la población encuestada manifestó sobre la aplicación terapéutica de las siete especies seleccionadas y el transmitido por los médicos tradicionales entrevistados, en la tabla 3 se indica con letra en negrita los padecimientos que mencionó la población y que coincide con el de los MT, así como otras afecciones.

Tabla 3. Usos medicinales reportados por los tres MT y la población encuestada para las siete especies más utilizadas.

Especies medicinales	Usos medicinales	
	Médicos tradicionales	Población encuestada
<i>Buddleja americana</i>	Inflamación de piernas y pies Dolores musculares Calentura	Inflamaciones varias 65.85 % Dolores varios 17.07 % Afecciones de Piel 9.76 % Tos 4.88 % Calentura 2.44 %
<i>Bursera simaruba</i>	Calentura Dolor muscular Controlar la diabetes	Calentura 56.99 % Dolor de cabeza 19.36 % Dolor de estómago 13.99 % Desinflamar 5.36 % Baños post parto 2.16 % Diabetes y manchas en la cara*
<i>Costus spicatus</i>	Mal de orín Cálculos biliares Cálculos renales	Mal de orín 60 % Dolores varios 10.91 % Baños 7.27 % Próstata 7.27 % Diabetes 5.45 % Tos 3.64 % Inapetencia, reumas y heridas*
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Heridas Diabetes Dolor de parto Tos	Heridas 46.67 % Diabetes 30 % Problemas intestinales 10 % Tos 6.67 % Baños post parto 3.33 % Golpes en huesos 3.33 %
<i>Justicia spicigera</i>	Baños post parto y de relajación Anemia Maldad	Baños ppr 60.35 % Dolor de cabeza 12.07 % Anemia 10.35 % Heridas 8.63 % Fiebre, hinchazón, mal de orín, presión y próstata*
<i>Kalanchoe pinnata</i>	Erisipela Inflamación de pies Dolor muscular	Baños ppr 27.78 % Erisipela 27.78 % Inflamación 19.44 % Dolor de cabeza 13.88 % Ojos lagañosos 5.56 % Paperas 5.56 %
<i>Lippia dulcis</i>	Falseaduras Hepatitis Tos y bronquitis	Granos 27.02 % Inflamación 24.33 % Infección 18.92 % Dolores varios 16.21 % Tos 10.82 % Poder embarazarse 2.70 %

*Menores a 2%; Ppr: Post parto y relajación

Las siete especies seleccionadas con base en la información de los MT se posicionan con valores de nivel de prioridad (ROP) en un rango de 0 a 30 donde el valor más alto que se alcanza es de 30. *B. simaruba*, tuvo un valor de 30 para el padecimiento de fiebres en el rango de edad de 60+ años y de 28.78 para el rango de edad de 25-59. Para *J. spicigera*, el padecimiento baños de relajación post-parto en el rango de edad de 25-59 años. Se obtuvo el nivel de prioridad 25.21 para *B. americana* en inflamación de piernas y pies en el rango de edad de 60+ años. El nivel de prioridad más bajo fue 0, obtenido para *L. dulcis*, reportándose para tres dolencias y dos rangos de edad, 15-24 y 25-59 años (Anexo 4), lo que indica el escaso conocimiento que la población tiene sobre esta especie.

El índice de valor de uso por estructura morfológica vegetal usada (Gómez Beloz, Plant use knowledge of the Winikina Warao: The case for questionnaires in ethnobotany, 2002) aplicado a las siete especies seleccionadas evidenció que cinco se diferencian del resto, el motivo fue un uso más alto que corresponde a la estructura morfológica hojas. En el caso de *L. dulcis* y *C. spicatus* el valor de uso por estructura morfológica vegetal usada más alto indicó para la primera es la planta completa con un valor de 0.6, y para la segunda el tallo con un valor de 0.828 (Anexo 5).

Del total de especies identificadas ocho constituyen nuevos registros para el estado de Veracruz, tomando como referencia el inventario etnobotánico del libro Flora Medicinal de Veracruz (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997)(Tabla 4). Con excepción de *Anredera cordifolia*, las otras siete, son especies nativas de México.

Tabla 4. Especies de plantas medicinales de la comunidad Tének de San Francisco, que constituyen nuevos registros para el estado de Veracruz.

Especie, familia, nombres comunes e indígenas, uso medicinal	Imagen
<p><i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis Fam. Basellaceae Nombre indígena: Tullum</p> <p>Se utiliza para torceduras Se machaca “el camotito” que tiene abajo (raíz), que es pegajoso y se pone sobre la parte afectada hasta que desaparezcan las molestias.</p>	
<p><i>Capparis baduca</i> L. Familia: Capparaceae Nombres comunes: Palo de Lumbre Nombres Indígenas: Amalkte</p> <p>Se utiliza para el sentimiento de la recién parida cuando hay una discusión con su pareja (empieza a perder el apetito, se pone pálida, parece tuberculosis, pero sin toser mucho y hay resequead en la piel). La recién parida se da un baño con el agua obtenida al restregar esta planta junto con Ixam te, pitaya (<i>Hylocereus undatus</i>), siempre viva (<i>Tradescantia pendula</i>), palo de aire (<i>Crateva tapia</i>), quebrache (<i>Diphysa robinoides</i>), el jugo de seis limones (<i>Citrus x limon</i>) y rosas rojas (que se han dejado reposar en aguardiente). Se repite durante 7 días en la mañana o en la tarde.</p>	

<p><i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb. Familia: Amaryllidaceae Nombre común: Lirio blanco</p> <p>Se utiliza para la hinchazón de pie por falseadura. Se le pone un poco de aceite a una hoja y se asa en el comal, se machaca, se pone en la parte hinchada y se amarra, esto se hace todas las noches hasta que desaparezca la hinchazón y el dolor.</p>	
<p><i>Manfreda brachystachys</i> (Cav.) Rose Familia: Agavaceae Nombres indígenas: Lakum</p> <p>Es utilizada para cortar hemorragias vaginales, cuando son muy fuertes. Se corta “el camote” en tres pedazos y se hierve en un litro de agua con una rama de manzanilla (<i>Helenium quadridentatum</i>) y una pizca de comino (especia que se obtiene comprada), se toma una taza caliente tres veces al día, hasta mejorar.</p>	
<p><i>Mansoa hymenaea</i> (DC.) A.H. Gentry Familia: Bignoniaceae Nombres comunes: Ajo de monte</p> <p>Se utiliza cuando una persona tiene “maldad”. Se hierven ramas del ajo de monte en tres litros de agua, junto con <i>mohuite</i> (<i>Justicia spicigera</i>), hierba del zorrillo (<i>Petiveria alliacea</i>), azafrán o <i>cachitee</i> (raíz anaranjada de olor fuerte) y cedro. El agua resultante se vacía a una cubeta con más agua para bañarse durante catorce días. Una recomendación es que de no haber ajo de monte, se utilice el ajo de comer.</p>	
<p><i>Mikania scandens</i> (L.) Willd. Familia: Asteraceae Nombres comunes: Bigote del señor</p> <p>Se usa para sobar un dolor. Se pica la raíz junto con una cebolla (<i>Allium cepa</i>), se pone en un litro de aguardiente, se deja reposar de cinco a seis días y se aplica sobando donde hay dolor.</p>	
<p><i>Senna atomaria</i> (L.) H.S. Irwin & Barneby Familia: Caesalpiniaceae Nombres comunes: Frijolillo, frijol de zopilte Nombres indígenas: <i>Chipal idtot</i></p> <p>Se utiliza para el tratamiento de paperas. Se machacan con aguardiente las hojas de dos ramas y se ponen sobre el área afectada tres veces al día, durante tres días.</p>	

Triumfetta aff. semitriloba Jack.

Familia: Tiliaceae

Nombres comunes: Malva

Se utiliza para el mal de orín.

Se restriegan cinco hojas tiernas “en fresco” y se ponen en una taza de agua.

Después de unos minutos se cuele y se toma tres veces al día hasta mejorar.



DISCUSIÓN

Aproximadamente el 75% de las especies medicinales documentadas por los tres MT de la comunidad Tének de San Francisco, son plantas nativas de México o América tropical, de igual forma, el 50% de ellas tienen nombre indígena, lo cual nos da un indicio de que el conocimiento herbolario de esta etnia ha sido adquirido desde tiempos muy antiguos. Como es de esperarse es la partera, quien proporciona una atención más especializada a mujeres en proceso de parto (siete afecciones) y el uso de plantas medicinales (24 especies) más restringida, de las cuales mencionó siete para relajación nerviosa y cinco, para inflamación del vientre, utilizadas en baños pre y posparto, tomadas como té y en emplastos, maceradas en alcohol. Las otras afecciones atendidas por ella fueron, hemorragia vaginal, mal de orín e infecciones vaginales, así como para acelerar el parto. Sin embargo, en la convivencia diaria del trabajo, la observamos, hacer uso de otras especies, como el lirio blanco en torceduras. El sobador, a pesar de su especialidad, aportó información para 31 afecciones y 21 especies, ya que una misma especie era utilizada para varias afecciones. Cinco especies de las 21, las indicó para dolor e inflamación muscular y para la sarna, diarrea y vómito tres especies fueron recomendadas. El hierbero, fue el MT que indicó el mayor número de especies medicinales (52) con las que trataba 42 afecciones. Tanto el número de especies reportadas como las afecciones tratadas, da cuenta de la riqueza de la biodiversidad y conocimiento cultural en esta comunidad Tének.

De acuerdo con información proporcionada por la doctora responsable de la clínica y pobladores de la comunidad, actualmente se observa un incremento de enfermedades de la “modernidad” como la diabetes, lipidemias (niveles altos de grasas y colesterol), alta presión, VPH (el virus del papiloma humano) y problemas de próstata (en los últimos 3 años). Sin embargo, los pobladores indican la persistencia de casos de golpes, torceduras y fracturas y también el aumento de casos de “susto”, estrés y depresión, en su mayoría tratados por los médicos tradicionales de la comunidad, como lo demostró el registro y la atención de estos padecimientos, por los tres MT participantes en este estudio.

Con relación a los padecimientos o síndromes de filiación cultural, los MT de San Francisco atienden el susto o espanto, la maldad, mal aire y *tlazol*. De acuerdo con ellos, el espanto ocurre cuando una persona tiene un sobresalto fuerte e inesperado y se lleva una gran impresión. Por ejemplo, trabajando en el campo y encontrarse con algún animal, como una víbora, o cuando los niños están presentes en una pelea de sus padres o cuando una pareja pelea. Las personas con espanto pierden el apetito, se les ve desganados y cuando duermen brincan inconscientemente. Para el espanto se indica *Rivina humilis* L., chilacuaco o *taa ixicam*, preparada en té y tomada, así como baños con plantas relajantes, entre estas, el mohuite, *muu* (*Justicia spicigera* Schltld.) y la hierba del zorrillo, pasán (*Petiveria alliacea* L.), entre otras.

De acuerdo con los médicos tradicionales, alguien padece de maldad cuando, está intranquilo y no se puede dormir, se dice que “las personas se secan”. Para este padecimiento, generalmente se utilizan baños con hierbas relajantes como el mohuite, la hierba del zorrillo, ajo de monte (*Mansoa hymenaea* (DC.) A. H. Gentry) y corteza del palo de brujo (*Bursera graveolens* (Kunth) Triana & Planch.), las que se hierven y dejan reposar media hora antes del baño.

El mal aire surge, de acuerdo con la idiosincrasia Tének, cuando un sujeto atrapa ciertas emanaciones de características perniciosas, presentes en lugares como cementerios, cuevas, cerros, etc. Es una enfermedad de intrusión, es decir, que se produce porque esa entidad aérea ha entrado al cuerpo del sujeto, el tratamiento tiene por objeto sacarla de allí, para lo cual se emplean diversos tipos de limpiezas, que consisten en ramear a las personas con la hierba del tlazol, *dhuzup* (*Ocimum micranthum* Willd.), de acuerdo al hierbero, o hierba del negro, *tidxan quet*, (*Hyptis* sp.), según el sobador. En el primer caso, recomienda ramear en la “panza” hasta que la planta se ponga negra y entonces, tirarla en las esquinas de caminos, recomienda tomar un té preparado con ella.

El *tlazol*, de acuerdo con los médicos tradicionales y habitantes de la comunidad, es un padecimiento donde los niños lloran mucho, tiene diarrea verde, mala digestión y la leche se coagula dentro de su estómago; esto causado por captar discusiones, sufrimiento y muerte. Ramear con albahaca, *tsutxu* (*Ocimum basilicum* L.), hierva del tlazol, *dhutsup* (*Ocimum micrathum* Willd.), es la terapia que utilizan en un ritual con aguardiente e incienso prendido, donde después de ramear al paciente, el MT con el aguardiente en la boca, chupa la palma de las manos, los pies, tirando fuera de la casa lo que se aspira después de cada procedimiento de chupado. Posteriormente el pecho, espalda y boca. Uno de ellos, indica también el té de estafiate, *kinim wich* (*Artemisia ludoviciana* Nutt.), tres veces al día hasta que desaparezca (haciendo la recomendación de no tomar muchos días porque es tóxica).

En relación a la actividad biológica de *J. spicigera* (mohuite) se han confirmado acciones farmacológicas tan importantes como la antidepresiva (Cassani, Dorantes-Barrón, Mayagoitia Novales, Alva Real, & Estrada-Reyes, 2014), inmunoestimulante (Juárez-Vázquez, Alonso-Castro, & García-Carrancá, 2013), inmunomoduladora (Alonso-Castro, y otros, 2012), antiinflamatoria y analgésica (Zapata-Morales, y otros, 2016), anticancerígena (células humanas de cáncer de seno y cervical) (Vega-Avila, Espejo-Serna, Alarcón-Aguilar, & Velasco-Lezama, 2009) y anticonvulsionante (González-Trujano, y otros, 2017), que pueden explicar la efectividad. De la camferitrina, un glicósido del flavonoide camferol, componente mayoritario aislado de esta planta, se han confirmado las actividades antimicrobiana, antioxidante y antiinflamatoria además de la antidepresiva y anticonvulsionante (Cassani, Dorantes-Barrón, Mayagoitia Novales, Alva Real, & Estrada-Reyes, 2014; González-Trujano, y otros, 2017). El efecto antidepresivo y analgésico provocan en las personas cuando hay fuertes alteraciones emocionales, un estado de bienestar al eliminar dolor y depresión que le permiten al organismo una mejor estabilidad emocional. Todas estas acciones en su conjunto permiten entender la posible efectividad de las aplicaciones en la medicina tradicional de los tének en los baños relajantes y en los síndromes de filiación cultural más atendidos por los médicos tradicionales, como son el espanto o susto y la maldad. *P. alliaceae* es la otra especie utilizada con frecuencia en estos, esta planta es una fuente potencial para el tratamiento de diferentes desórdenes del sistema nervioso central, como ansiedad, depresión, dolor, epilepsia y alteraciones de la memoria (Araújo Luz, et al., 2016). También se ha podido confirmar, mediante estudios farmacológicos una fuerte actividad antioxidante y antiinflamatoria en parte por la presencia de disulfuro de dibencilo, trisulfuro de dibencil pinitol, cumarina, mircetina glutamil-S-bencil cisteína y petiverinas A y B (Perez Gutierrez & Hoyo-Vadillo, 2017).

Por otro lado, la albahaca, *O. basilicum*, más utilizada para el mal aire y tlazol, también se ha demostrado su efecto ansiolítico y sedante en el aceite esencial y el extracto hidroalcohólico, debido a los componentes fenólicos presentes (Rabbani, Sajjadi, & Vaezi, 2015). Esto da una indicación que los cuatro síndromes de filiación cultural tratados por los Tének, están asociados a alteraciones de las emociones, relacionadas con el sistema nervioso central.

En cuanto a información florística, es la familia Asteraceae la que incluye el mayor número de especies en esta investigación y coincide con lo reportado en otras investigaciones de etnobotánica realizadas de manera particular en el Totonacapan, incluyendo Papantla, Zoocolco de Hidalgo (Lorméndez López & del Amo Rodríguez, 2009) y Talpila (Hernández Suárez, 2019). Otros trabajos etnobotánicos realizados en distintas zonas geográficas del estado de Veracruz también reportan a la familia Asteraceae como la preponderante, en este sentido sobresalen las investigaciones ejecutadas por Gheno-Heredia (Gheno-Heredia, Nava-Bernal, Martínez-Campos, & Sánchez-Vera, 2011) y Martínez (Martínez, 2016) en Ixhuatlancillo y Teocelo, respectivamente. Este resultado es de esperarse, ya que Villaseñor (Villaseñor, Checklist of the native vascular plants of Mexico, 2016;

Villaseñor, Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México, 2018) reporta a la familia Asteraceae como una de las más grandes para México con 417 géneros y 3113 especies, siendo en su gran mayoría arvenses y ruderales, las cuales son comunes y abundantes tanto en vegetación secundaria como acahuals, dos tipos de vegetación dominante en el Estado como consecuencia de actividades atropogénicas (López-Acosta, Zamora-Pedraza, Mendoza-Ramírez, & MacSwiney, Recuperación de la diversidad florística en plantaciones de cítricos abandonadas en el sur de Veracruz, México: implicaciones para la conservación, 2018). En el área de estudio este tipo de actividades incluyen la agricultura, la ganadería y la apertura de caminos vecinales, todas ellas fomentan la presencia de arvenses como *Bidens pilosa* L., *Mikania scandens* (L.) Willd. y *Parthenium hysterophorus* L. La efectividad de estas especies para atender padecimientos es bien conocida por los habitantes de San Francisco y recurren a ellas siempre que es necesario. Dicha efectividad no es fortuita si consideramos que un alto número de especies pertenecientes a este grupo de plantas tienen metabolitos secundarios bioactivos, tales como alcaloides, terpenos, esteroides y fenoles, entre otros (Harborne, 1989) (Del Vitto & Petenatti, 2009), los cuales funcionan como una defensa para herbivoría (Stepp & Moerman, 2001) y actividad biológica en tratamientos de agentes patógenos para los seres humanos.

La hoja es la estructura morfológica más utilizada de la planta para uso medicinal, esto se puede apreciar al ser una constante en muchos estudios etnobotánicos, como lo señalan los reportes de Lormendez-López y Del Amo (2009), Gheno-Heredia (Gheno-Heredia, Nava-Bernal, Martínez-Campos, & Sánchez-Vera, 2011), Martínez (Martínez, 2016) y Hernández (Hernández Suárez, 2019) en diferentes regiones del estado de Veracruz. Trabajos etnobotánicos realizados en otros países como los de Ribeiro *et al.* (Ribeiro, Costa Biesk, Olaitan Balogun, & Tabajara de Oliveira Martins, 2017) en Brasil y Al-Fatimi (Al-Fatimi, 2019) en Yemen, también reportan esta estructura morfológica como la más empleada. Las hojas son reportadas como los órganos vegetales que almacenan más compuestos químicos con actividad biológica y en mayor cantidad (Angulo C, Rosero R, & González Insuasti, 2012), lo que explica su efectividad al momento de tratar padecimientos. Este hecho es intuitivo por la mayoría de las personas entrevistadas en San Francisco, de ahí que la hoja sea también la estructura morfológica preferida por ellos. Algunos de los informantes refieren que practican el secado de las hojas porque creen que haciéndolo se incrementa su efectividad curativa, además de que de esta forma pueden almacenarlas y disponer de ellas a lo largo del año en caso de necesidad.

Con relación a la forma en que se preparan las plantas medicinales en la Comunidad Tének se observa que la preparación más reportada es la infusión; este hecho sucede también tanto en la zona norte (Hernández Suárez, 2019), como centro (Martínez, 2016) y sur (Zavala-Ocampo, Vargas-Solís, Chimal-Hernández, Ramírez Moreno, & Gómez Hernández, 2013) del estado de Veracruz. Esta reiterada práctica en la herbolaria medicinal tiene sustento en que en la fitoterapia reconoce a la infusión como el procedimiento más adecuado para usar a las estructuras morfológicas de las plantas como: hojas, flores, pedúnculos foliares y tallos tiernos; este procedimiento permite extraer sustancias activas en suficiente cantidad y escasa alteración de su estructura química sin efecto destructivo del calor (Pamplona Roger, 2006). Si bien la cultura Tének no es ajena a esta práctica, la particularidad se encuentra en todo caso a las especies de plantas que emplea para llevar a cabo las infusiones y su posología (Anexo 3).

Al considerar la investigación de Argueta *et al.*, (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994) que reporta 1000 especies de plantas medicinales distribuidas en México, se puede observar que cerca del 70% son hierbas. En este estudio, se obtuvo que el 50% de especies usadas también eran hierbas, así como en las indagaciones de Lormendez-López y Del Amo (Lorméndez López & del Amo Rodríguez, 2009), Gheno-Heredia (Gheno-Heredia, Nava-Bernal, Martínez-Campos, & Sánchez-Vera, 2011) y Hernández (Hernández Suárez, 2019). Al igual sucede con los estudios etnobotánicos y etnomédicos de Albuquerque y Andrade (Andrade & Albuquerque, 1998) en Brasil, Balamurugan *et al.* (Balamurugan, Vijayakumar, Prabhu, & Morvin Yabesh, 2017) en India y Alalwan *et al.* (Alalwan, Alkhuzai, Jameel, & Mandeel, 2019) en el Golfo Pérsico. En el caso de los Tének de San Francisco, tanto las personas entrevistadas como los MT coinciden en mencionar que las hierbas son de mayor uso por su disponibilidad a lo largo del año ya que pueden obtener fácilmente a la orilla de los caminos, sus huertos o patios, potreros y terrenos donde se hace la milpa. Aunado a lo anterior, su uso continuado desde épocas prehispánicas les ha permitido constatar

su efectividad para atender distintos padecimientos sin tener que recurrir a especies de otro porte, que si bien pueden servir para curar un mismo padecimiento, es más difícil de obtener cuando se trata por ejemplo de hojas de un árbol que mide más de diez metros de altura.

Respecto al manejo cultural de las especies medicinales utilizadas por la Comunidad Tének estudiada, se observó que como en otras áreas rurales de México, como ejidos y comunidades indígenas, existe una fuerte dependencia del entorno natural para satisfacer sus necesidades básicas. En este panorama, se debe mencionar la importancia que en la localidad de San Francisco tienen los remanentes de vegetación bien conservada, vegetación secundaria (acahuales y plantas ruderales) y sus sistemas de producción tradicional como la milpa, ya que es en estos espacios donde ellos fomentan el establecimiento y crecimiento de las plantas medicinales que consumen. Este hecho es compartido por otras culturas autóctonas que aún conservan fuertes lazos con la naturaleza respecto a salud, alimentación y medicina, siendo algunos ejemplos los: Mixteca, Maya, Totonaca y Popoluca (Anderson, y otros, 2003; Bermúdez, Velázquez, & Oliveira-Miranda, 2005; Boada & Toledo, 2003; Lozoya, 1998).

Con relación al número de especies para atender padecimientos, en San Francisco el mayor número de ellas se emplea para afecciones propias de la mujer, si bien se utilizan para atender circunstancias del parto y posparto, también son empleadas para tratar eventos infecciosos (Anexo 2). En otros trabajos se reporta que las especies de plantas medicinales más utilizadas son para atender problemas del sistema digestivo, algunos de ellos también infecciosos (Gheno-Heredia, Nava-Bernal, Martínez-Campos, & Sánchez-Vera, 2011; Hurtado Rico, Rodríguez Jimenez, & Aguilar Contreras, 2006). En este sentido, es oportuno considerar que estos padecimientos infecciosos pueden estar relacionados con el alto grado de marginación, pobreza y rezago social, que caracteriza a la mayoría de las comunidades indígenas de nuestro país, que de alguna manera trae como consecuencia que exista una baja práctica de medidas higiénicas por parte de la población, por ejemplo muchas de las viviendas no cuentan con servicios de agua potable o aún poseen pisos de tierra, como se observó en la localidad de San Francisco.

En relación a los resultados de la encuesta dirigida a los pobladores sobre su conocimiento de las siete especies seleccionadas con base en la información proporcionada por los MT, se encontró que en el caso de *B. americana*, los padecimientos indicados por los MT (inflamación, dolor y calentura), coinciden con los mencionados por la población encuestada. En los tres padecimientos son las hojas la parte utilizada y en los casos de dolor y calentura, se observa una variación en la forma de preparación de la hoja y la vía de administración. Tomando como referencia la Flora Medicinal de Veracruz (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997) se encontró que *B. americana* también es utilizada para la inflamación en los municipios de Alto Lucero, Cazones y Coatepec, mismo padecimiento que se reporta para Chiapas en el Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994) y el cual tiene como forma de uso, fomentos de hojas hervidas, de igual manera como las indicadas en este estudio por los médicos tradicionales y la población encuestada. Otro padecimiento que también fue reportado en el Atlas y en esta investigación, es la calentura. *B. simaruba* es la especie con más registros de uso medicinal reportados para Veracruz (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997), donde se indica también su aplicación terapéutica para la calentura y el dolor de cabeza en otras regiones de Veracruz (Sierra de los Tuxtlas, Sierra de Santa Martha, municipios de Coxquihui, Hidalgotitlán, Orizaba y Paso de Ovejas). De *G. ulmifolia* (especie que atiende más padecimientos), de cuatro padecimientos que refirieron los MT, tres fueron mencionados por la población encuestada, quienes para curar las heridas utilizan la resina del árbol y para la diabetes emplean la fruta y hojas hervidas, usando la infusión como agua de tiempo. Para *C. spicatus* un alto porcentaje de la población mencionó esta especie para el tratamiento del mal de orín, indicando la misma parte de la planta (tallos) y forma de preparación que los médicos tradicionales. La población añadió el uso de las hojas en infusión y otra forma de uso de tallos y hojas, que consistió en masticarlos crudos o cocidos. El padecimiento de mal de orín es mencionado en otra región de Veracruz, el municipio de Coxquihui (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994). En el Atlas mencionado se indica el mismo uso principalmente en el estado de Puebla, donde se describen diversas formas de preparación utilizando el tallo, como remojar trozos de la capa delgada que se le desprende y beber en ayunas el agua en donde se han remojado, hacer una infusión, o masticarlo. Las dos últimas formas también se indicaron en la comunidad de San

Francisco. Es importante resaltar que esta especie sólo tiene un registro de uso en el estado de Veracruz y en la localidad de San Francisco es ampliamente conocida y utilizada entre la población. Con relación a *J. spicigera* fueron las hojas, la parte de la planta utilizada en todos los padecimientos. De éstos, para los dos mencionados por los médicos tradicionales y población encuestada (baños post parto y de relajación y anemia), fueron indicadas la misma parte de la planta (hoja) y la misma forma de preparación para atenderlos. Una adición de uso medicinal por la población fue el empleo de las hojas en infusión para el dolor de cabeza. En el municipio de Coxquihui, Veracruz, se indica que al igual que en la presente investigación, *J. spicigera* es utilizada para baños después del parto (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997), este uso también está registrado en el Atlas (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994), donde se indica que en los estados de México, Hidalgo, Michoacán, Morelos y Quintana Roo es descrita para problemas de la sangre, como intoxicación y anemia. Para tratar este último padecimiento se hace una infusión de ramas u hojas, al igual que lo documentado en esta investigación. Para los dos padecimientos que fueron mencionados por los médicos tradicionales y la población encuestada atendidos por *K. pinnata*, se utilizan las hojas y se preparan de igual manera. En la Flora Medicinal de Veracruz (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997), se registra el uso medicinal de *K. pinnata* en los municipios de Adalberto Tejeda, Benito Juárez, Cosamaloapan, Minatitlán, Nopaltepec, Tempoal, Tlaliscoyan, Tlapacotalpan y Veracruz, para atender la inflamación, uno de los padecimientos que también se indica en el registro en el Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994) y el cual se mencionó en la comunidad de San Francisco. En el caso de *L. dulcis* para los dos padecimientos de falseaduras y tos que coincidieron médicos tradicionales y población encuestada, se utiliza la planta completa y preparada de igual forma. Además, la población indica el uso para granos mediante lavados con el agua resultante al hervir la planta. *L. dulcis* aparece registrada en la Flora Medicinal de Veracruz (Cano Asseleih & Gómez.Pompa, 1997) y en el Atlas de la Medicina Tradicional Mexicana (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994), en ambos trabajos se indica para tratar el padecimiento de tos. En Veracruz se reporta en la Sierra de Santa Martha y en la Sierra de los Tuxtlas y en los estados de Morelos, Oaxaca y Puebla (Argueta Villamar, Cano Asseleih, Rodarte, & Gallardo Vázquez, 1994). En México, también se indica en problemas de aborto, padecimiento relacionado con la referencia que mencionó una sola mujer de 34 años en la comunidad de San Francisco. Ella aseguró que probó un remedio herbolario a base de esta especie (infusión de toda la planta, tomada sólo en los días de menstruación) para poder concebir y obtuvo un efecto benéfico.

Considerando los resultados obtenidos en un estudio sobre plantas medicinales de la comunidad Tének de Tanleab, San Luis Potosí, realizado por González (González Hernández, 2004) se observa que este autor reportó un total de 32 especies, de las cuales tan solo 14 coinciden con las documentadas en esta investigación y de ellas, únicamente 11 coinciden por atender el mismo tipo de padecimientos en ambas comunidades Tének (Anexo 3). Estos resultados resultan interesantes ya que, al tratarse de dos comunidades del mismo grupo étnico, que comparten rasgos culturales similares y que se desarrollan en ambientes naturales muy parecidos, se esperaba que los reportes sobre especies de uso medicinal fueran más o menos parecidos, pero no es así. Profundizar en este tipo de temas es tarea pendiente, ya que las causas de este hecho pueden tener distintos orígenes y hasta el momento son desconocidos. Es posible por ejemplo que la comunidad Tének de Tanleab esté atravesando por un proceso de erosión cultural, dónde solo una pequeña parte de la población se preocupa por conservar y transmitir el conocimiento herbolario y que el resto ya no lo crea necesario.

En relación con la transmisión del conocimiento que se da en la comunidad de San Francisco, es interesante notar que de los grupos de rangos de edad de 25-59 y 60+ años, se obtuvieron el 50 y 57% respectivamente de respuestas, mientras que, de los grupos de menor rango de edad, 8-14 el 18.7% y de 15-24 sólo el 16.5%. Este resultado está relacionado con el conocimiento que los individuos encuestados tienen sobre las siete plantas medicinales en que se basó la encuesta y son los grupos de mayor edad los que dieron más información al respecto. Las personas encuestadas contestaron en su mayoría que aprendieron de los abuelos (51.4%), seguido por los padres (20.4%) y en menor grado por los médicos tradicionales (3.3%). El hecho de que el mayor conocimiento lo posean los adultos mayores y por lo tanto sea de ellos de quienes más aprenden las personas más jóvenes de la comunidad, es debido a la experiencia que han tenido a lo largo de sus vidas ya que anteriormente los servicios de salud no eran accesibles y con lo único con que contaban entre otras cosas, era su

conocimiento herbolario y los recursos para aplicarlo. Así también, la mayoría de los niños y jóvenes, refirieron que han aprendido de sus padres y abuelos. Esto posiblemente se debe al proceso natural en el que los hijos son atendidos por ellos de las enfermedades que se pueden tratar en casa (gripa, dolor, calentura, diarrea, etc.), o ven cómo son tratados sus hermanos u otros familiares enfermos y probablemente, así se puede explicar el 48% de las respuestas contestadas en el grupo de edad entre 8 y 14 años que refiere, que para su aprendizaje “ha visto”.

CONCLUSIONES

Si bien la mayoría de los habitantes Tének de la localidad de San Francisco, Chontla en el Estado de Veracruz comparten el conocimiento y uso de las plantas medicinales, son los curanderos experimentados y parteras de la localidad quienes las recomiendan y administran para atender los problemas de salud de la población en general. En San Francisco el grado de marginación social es alto, de ahí que las plantas medicinales representan una alternativa inmediata y efectiva cuando los servicios médicos o los medicamentos alópatas no son accesibles desde el punto de vista económico. Esta circunstancia pone en evidencia la importancia que tiene para esta localidad y su cultura la transmisión del conocimiento tradicional que poseen en materia herbolaria para su uso y conservación, no obstante, se observa que dicho conocimiento tiende a disminuir en las generaciones más jóvenes. En este sentido son los médicos tradicionales quienes adquieren gran relevancia ya que son ellos quienes poseen el mayor conocimiento sobre este recurso biológico y cultural. Al socializar su conocimiento compartiéndolo con la generación joven, como niños y adolescentes, estarían contribuyendo para afianzar que los fuertes vínculos que durante siglos han mantenido con el mundo herbolario no desaparezcan. La situación particular sobre el conocimiento que poseen los médicos tradicionales es única, una muestra de ello se encuentra en esta localidad de San Francisco, donde habitan como herederos de una antigua cultura como la Tének, la cual ha podido subsistir aún a pesar de la modernidad y es justamente desde esta modernidad que requieren ser apoyados por los sistemas oficiales de salud, para incrementar la receptividad y transferencia de sus conocimientos tradicionales entre generaciones para que puedan seguir perdurando.

AGRADECIMIENTOS

A todos los integrantes de la comunidad de San Francisco, Chontla, Veracruz; especialmente a la *Abuela Nina*, Sra. Antolina Esteban Del Ángel, *Don Goyo*, Gregorio García Del Ángel y *Don Berna*, Bernabé Del Ángel Santiago, los médicos tradicionales que compartieron su conocimiento de las plantas medicinales aquí presentadas. Muchas gracias también a Irene Guevara Rivero, por su fundamental ayuda con el gestor bibliográfico. Los datos de esta investigación se obtuvieron mediante el consentimiento informado.

LITERATURA CITADA

- Alonso-Castro, A. J., Ortiz-Sánchez, E., Domínguez, F., Arana-Argáez, V., Juárez-Vázquez, M. d., Chávez, M., . . . García-Carrancá, A. (2012). Antitumor and immunomodulatory effects of *Justicia spicigera* Schltdl (Acanthaceae). *Journal of ethnopharmacology*, 141(3), 888-894. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.03.036>
- Alalwan, T. A., Alkhuzai, J. A., Jameel, Z., & Mandeel, Q. A. (2019). Quantitative Ethnobotanical Study of some Medicinal Plants used by Herbalists in Bahrain. *Journal of Herbal Medicine*, 17-18. doi:<https://doi.org/10.1016/j.hermed.2019.100278>
- Alexiades, M. N. (Octubre de 1995). *ResearchGate*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/319554546_Apuntos_hacia_una_metodologia_para_la_investigacion_etnobotanica_conferencia_magistral
- Al-Fatimi, M. (2019). “Ethnobotanical survey of medicinal plants in central Abyan governorate, Yemen.”. *Journal of ethnopharmacology*, 241(111973). doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.111973>

- Almaguer González, J. A., Vargas Vite, V., & García Ramírez, H. J. (2003). *Relacion intercultural con la medicina tradicional: manual para el personal de salud*. (S. d. Saludo, Ed.) México.
- Anderson, E. N., Cauich Canul, J., Dzib, A., Flores, S., Islebe, G., Medina, F., . . . Valdez, P. (2003). *Those who bring the flowers: Maya Ethnobotany in Quintana Roo*. México: ECOSUR.
- Andrade, L., & Albuquerque, U. (1998). Etnobotánica del género *Ocimum* L. (Lamiaceae) en las comunidades afrobrasileñas. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 56, 107-118. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/26523434_Etnobotanica_del_genero_Ocimum_L_Lamiaceae_en_las_comunidades_afrobrasilenas
- Angulo C, A. F., Rosero R, R. A., & González Insuasti, M. S. (2012). Estudio etnobotánico de las plantas medicinales utilizadas por los habitantes del corregimiento de Genoy, Municipio de Pasto, Colombia. *Revista Universidad y Salud*, 14(2), 168–185. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072012000200007&lng=en&tlng=es
- Araújo Luz, D., Pinheiro, A. M., opes Silva, M., Chagas Monteiro, M., Prediger, R. D., Ferraz Maia, C. S., & Fontes-Júnior, E. A. (2016). Ethnobotany, phytochemistry and neuropharmacological effects of *Petiveria alliacea* L. (Phytolaccaceae): A review. *Journal of ethnopharmacology*, 185, 182–201. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.02.053>
- Argueta Villamar, A., Cano Asseleih, L. M., Rodarte, M. E., & Gallardo Vázquez, M. C. (1994). *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana* (Vols. 1-3). D.F: Instituto Nacional Indigenista. Biblioteca de la medicina tradicional mexicana.
- Ariel de Vidas, A. (2009). *Huastecos a pesar de todo: Breve historia del origen de las comunidades teenek (huastecas) de Tantoyuca, norte de Veracruz*. México: CEMCA, Programa de Desarrollo Cultural de la Huasteca.
- Arroyo Mosqueda, A., Ramírez Castilla, G. A., Pérez Zevallos, J. M., & Güemes Jiménez, R. (2008). *De aquí somos: la Huasteca* (Primera edición ed.). Conaculta-Dirección General de Culturas Populares.
- Balamurugan, S., Vijayakumar, S., Prabhu, S., & Morvin Yabesh, J. E. (2017). Traditional plants used for the treatment of gynaecological disorders in Vedaranyam taluk, South India – An ethnomedicinal survey. *Journal of traditional and complementary medicine*, 8(2), 308-323. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.06.009>
- Barragán-Solis, A. (2006). La práctica de la autoatención por fitoterapia en un grupo de familias mexicanas. *Archivos en Medicina Familiar*, 8(3), 155-162. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/medfam/amf-2006/amf063c.pdf>
- Bermúdez, A., Velázquez, D., & Oliveira-Miranda, M. A. (2005). La investigación etnobotánica sobre plantas medicinales: una revisión de sus objetivos y enfoques actuales. *Interciencia*, 8(30), 453-459. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33910703>
- Boada, M., & Toledo, V. M. (2003). *El planeta, nuestro cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Cahuich Campos, D., Cano Asseleih, L. M., Hernández de la Cruz, A., Hirose López, J., Huicochea Gómez, L., Mondragón Ríos, R., . . . Vera Cortés, G. (2015). *Herbolaria curativa y sanadora: la experiencia terapéutica de hombres y mujeres del sur-sureste mexicano* (Primera edición ed.). San Francisco de Campeche, Campeche, México: Secretaría de Cultura del Gobierno del Estado de Campeche: Pámpano servicios editoriales.
- Cano Asseleih, L. M., & Gómez-Pompa, A. (1997). *Flora medicinal de Veracruz: I. Inventario etnobotánico*. Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana.
- Cassani, J., Dorantes-Barrón, A. M., Mayagoitia Novales, L., Alva Real, G., & Estrada-Reyes, R. (2014). Anti-depressant-like effect of kaempferitrin isolated from *Justicia spicigera* Schltdl. (Acanthaceae) in two behavior models in mice: evidence for involvement of the serotonergic system. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 19(12), 21442–21461. doi:<https://doi.org/10.3390/molecules191221442>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2011). Medio Físico. *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado, 1*. Obtenido de <http://siaversedema.org.mx/wp-content/uploads/2018/04/publicacion/Biodiversidad%20Estudio%20Estado%20Vol%20I.pdf>

- Challenger, A., & Caballero, J. (1998). *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México : pasado, presente y futuro*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Del Vitto, L. A., & Petenatti, E. (2009). Asteráceas de importancia económica y ambiental: Primera parte. Sinopsis morfológica y taxonómica, importancia ecológica y plantas de interés industrial. *Multequina*, 18, 87-115.
- Friedman, J., Yaniv, Z., Dafni, A., & Palewitch, D. (1986). A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the Negev desert, Israel. *Journal of ethnopharmacology*, 16(2-3), 275-287. doi:[https://doi.org/10.1016/0378-8741\(86\)90094-2](https://doi.org/10.1016/0378-8741(86)90094-2)
- Gallardo Arias, P. (2004). *Huastecos de San Luis Potosí* (Primera edición ed.). D.F, México: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Obtenido de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/11217/huastecos.pdf>
- Gallardo-Pérez, J. C., Esparza Aguilar, M. d., & Gómez Campo, A. (2006). Importancia etnobotánica de una planta vascular sin semilla en México: Equisetum. *Polibotánica*(21), 61-74. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682006000100061
- Gheno-Heredia, Y. A., Nava-Bernal, G., Martínez-Campos, Ä. R., & Sánchez-Vera, E. (2011). Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. *Polibotánica*(31), 199-251. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682011000100012&lng=es&tlng=es
- Gómez Beloz, A. (2002). Plant use knowledge of the Winikina Warao: The case for questionnaires in ethnobotany. *Economic Botany*, 56, 231-241. doi:[http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001\(2002\)056\[0231:PUKOTW\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1663/0013-0001(2002)056[0231:PUKOTW]2.0.CO;2)
- González Hernández, A. (2004). *Flora medicinal de la comunidad Tenek del municipio de Huehuetlán, San Luis Potosí*. Obtenido de <http://132.248.9.195/ppt2004/0331916/0331916.pdf>
- González-Trujano, M. E., Domínguez, F., Pérez-Ortega, G., Aguillón , M., Martínez-Vargas, D., Almazán-Alvarado, S., & Martínez, A. (2017). Justicia spicigera Schlttdl. and kaempferitri as potential anticonvulsant natural products. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 92, 240-248. doi:<https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.05.075>
- Harborne, J. B. (1989). Recent advances in chemical ecology. *Natural product reports*, 6(1), 85-109. doi:<https://doi.org/10.1039/np9890600085>
- Hernández Suárez. (Junio de 2019). Flora medicinal totonaca de Tlalpila, municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz. Xalapa, Veracruz, México. Obtenido de https://www.uv.mx/met/files/2019/10/Maricarmen_Hernandez_Suarez.pdf
- Hurtado Rico, N. E., Rodríguez Jimenez, C., & Aguilar Contreras, A. (2006). Estudio cualitativo y cuantitativo de la flora medicinal del municipio de Copándaro de Galeana, Michoacán, México. *Polibotánica*(22), 21-50. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1405-27682006000200021&lng=es&nrm=iso
- Juárez-Vázquez, M., Alonso-Castro, A. J., & García-Carrancá, A. (2013). Kaempferitri induces immunostimulatory effects in vitro. *Journal of ethnopharmacology*, 148(1), 337-340. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2013.03.072>
- López-Acosta, J. C., Zamora-Pedraza, G., Mendoza-Ramírez, E., & MacSwiney, M. C. (2018). Recuperación de la diversidad florística en plantaciones de cítricos abandonadas en el sur del estado de Veracruz, México: implicaciones para la conservación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(4), 1212-1233. doi:<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.4.2565>
- López-Herranz, G. P. (2006). Interacción entre hierbas medicinales y agentes anestésicos. *Revista médica del Hospital General de México S. S*, 69(2), 108-112. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/h-gral/hg-2006/hg062i.pdf>
- Lorméndez López, C., & del Amo Rodríguez, S. (2009). Grupo de medicina tradicional totonaca Tuwan. Su aporte a la atención de la salud en el municipio de Zozocolco de Hidalgo, Veracruz (México). *Fitoterapia*, 9, 154-164.
- Lozoya, X. (1998). *La herbolaria en México*. D.F, México: Consejo Nacional para la Cultura y las Artes.

Recibido:
31/marzo/2021

Aceptado:
4/agosto/2021

- Martínez, N. (2016). *Plantas medicinales utilizadas por curanderos de la zona urbana del Municipio de Teocelo, Veracruz*. Xalapa, Veracruz, México.
- Pamplona Roger, J. (2006). *Enciclopedia de las plantas medicinales*. Buenos Aires: SAFELIZ.
- Peña, A., & Paco, O. (2007). Medicina alternativa: intento de análisis. *Anales de la Facultad de Medicina Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 87-96. doi:<https://doi.org/10.15381/anales.v68i1.1244>
- Perez Gutierrez, R. M., & Hoyo-Vadillo, C. (2017). Anti-inflammatory Potential of *Petiveria alliacea* on Activated RAW264.7 Murine Macrophages. *acrophages. Pharmacognosy magazine*, 13(Suppl 2), S174–S178. doi:https://doi.org/10.4103/pm.pm_479_16
- Rabbani, M., Sajjadi, S. E., & Vaezi, A. (2015). Evaluation of anxiolytic and sedative effect of essential oil and hydroalcoholic extract of *Ocimum basilicum* L. and chemical composition of its essential oil. *Research in pharmaceutical sciences*, 10(6), 535–543.
- Ramírez Castillo, G. A., Román Güemes, J., Arroyo Mosqueda, A., & Pérez Zevallos, J. M. (2010). *De aquí somos, la huasteca*. CONACULTA.
- Ramírez Hernández, B. C., Robles Arellano, G., García de Alba García, J. E., Zañudo Hernández, J., Salcedo Rocha, A. L., & García de Alba Verduzco, J. (2012). Conocimiento y uso de las plantas medicinales en la zona metropolitana de Guadalajara. *Desacatos. Revista De Ciencias Sociales*(39), 29-44. doi:<https://doi.org/10.29340/39.238>
- Ribeiro, R. V., Costa Biesk, I. G., Olaitan Balogun, S., & Tabajara de Oliveira Martins, D. (2017). Ethnobotanical study of medicinal plants used by Ribeirinhos in the North Araguaia microregion, Mato Grosso, Brazil. *Journal of Ethnopharmacology*, 205, 69-102. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.04.023>
- Schlaepfer, L., & Mendoza, J. A. (2010). Las plantas medicinales en la lucha contra el cáncer, relevancia para México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 41, 1-10. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/237036865_Las_plantas_medicinales_en_la_lucha_contra_el_cancer_relevancia_para_Mexico
- Stepp, R. J., & Moerman, D. E. (2001). The importance of weeds in ethnopharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 75(Issue 1), 19-23. doi:[https://doi.org/10.1016/S0378-8741\(00\)00385-8](https://doi.org/10.1016/S0378-8741(00)00385-8)
- Valle Esquivel, J., & Hernández Alvarado, J. B. (2006). *Huastecos de Veracruz. Los pueblos indígenas del México contemporáneo* (Primera edición ed.). D.F, México: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/11218/huastecos_veracruz.pdf
- Vega-Avila, E., Espejo-Serna, A., Alarcón-Aguilar, F., & Velasco-Lezama, R. (2009). Cytotoxic activity of four Mexican medicinal plants. *Proceedings of the Western Pharmacology Society*, 52, 78-82.
- Villaseñor, J. L. (2003). Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia*, 28(3), 160-167. Obtenido de https://pdfs.semanticscholar.org/1f17/a2cc30c7c7d0673405bf247c0592f5cdd721.pdf?_ga=2.234283613.276068325.1572385286-956710563.1572385286
- Villaseñor, J. L. (2016). Checklist of the native vascular plants of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87, 559-902. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Villaseñor, J. L. (2018). Diversidad y distribución de la familia Asteraceae en México. *Botanical Sciences*, 96(2), 332-358. doi:<https://doi.org/10.17129/botsci.1872>
- Zapata-Morales, J. R., Alonso-Castro, A. J., Domínguez, F., Carranza-Álvarez, C., Orozco Castellanos, L. M., Martínez-Medina, R. M., & Pérez-Urizar, J. (2016). Antinociceptive activity of an ethanol extract of *Justicia spicigera*. *Drug development research*, 77(4), 180-186. doi:<https://doi.org/10.1002/ddr.21307>
- Zavala-Ocampo, L. M., Vargas-Solís, R. C., Chimal-Hernández, A., Ramírez Moreno, M. E., & Gómez Hernández, J. A. (2013). Estudio etnobotánico de plantas medicinales utilizadas en la región de Catemaco, Veracruz, México. *Revista Digital del Departamento el Hombre y su Ambiente*, 2(4), 17-31. Obtenido de <https://docplayer.es/31673084-Estudio-etnobotanico-de-plantas-medicinales-utilizadas-en-la-region-de-catemaco-veracruz-mexico.html>

Anexo 1. Clasificación de especies por familia

ACANTHACEAE*Justicia spicigera* Schltld.**AGAVACEAE***Manfreda brachystachys* (Cav.) Rose**ALOACEAE***Aloe vera* (L.) Burm. f.**AMARYLLIDACEAE***Hymenocallis littoralis* (Jacq.) Salisb.**ANACARDIACEAE***Spondias purpurea* L.**ANNONACEAE***Annona globiflora* Schltld.**APOCYNACEAE***Lochnera rosea* (L.) Rchb. Ex Endl.*Rauvolfia tetraphylla* L.*Tabernaemontana alba* Mill.**ASCLEPIADACEAE***Asclepias curassavica* L.**ASTERACEAE***Ambrosia cumanensis* Kunth*Artemisia ludoviciana* Nutt.*Bidens pilosa* L.*Calea* sp.*Calea urticifolia* (Mill.) DC.*Cirsium mexicanum* DC.*Helenium quadridentatum* Labill.*Mikania scandens* (L.) Willd.*Parthenium hysterophorus* L.*Tagetes erecta* L.*Verbesina lindenii* (Sch. Bip.) S.F. Blake*Wedelia trilobata* (L.) Hitchc.**BASELLACEAE***Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis**BIGNONEACEAE***Mansoa hymenaea* (DC.) A.H. Gentry*Crescentia cujete* L.**BORAGINACEAE***Heliotropium indicum* L.**BROMELIACEAE***Bromelia pinguin* L.**BUDDLEJACEAE***Buddleja americana* L.*Buddleja* sp.**FABACEAE***Diphysa robinoides* Benth.*Crotalaria incana* L.*Phaseolus coccineus* L.**FLACOURTIACEAE***Muntingia calabura* L.**LAMIACEAE***Hyptis* sp.*Ocimum basilicum* L.*Ocimum micranthum* Willd.*Plectranthus amboinicus* (Lour.) Spreng.*Teucrium cubense* Jacq.**LAURACEAE***Persea americana* var. *Drymifolia* (Schltld. y Cham.)

S.F. Blake

LILIACEAE*Allium cepa* L.**LORANTHACEAE***Struthanthus densiflorus* (Benth.) Standl.**MALVACEAE***Malvaviscus arboreus* Cav.**MORACEAE***Chlorophora tinctoria* (L.) Gaudich. ex Benth.**MYRTACEAE***Eugenia capuli* (Schltld. y Cham.) Hook. y Arn.*Psidium guajava* L.*Psidium guineense* Sw**NYCTAGINACEAE***Bougainvillea glabra* Choisy**PASSIFLORACEAE***Passiflora edulis* Sims**PHYTOLACCACEAE***Petiveria alliacea* L.*Rivina humilis* L.**PIPERACEAE***Piper amalago* L.*Piper umbellatum* L.**PLANTAGINACEAE***Plantago major* L.

BURSERACEAE

Bursera graveolens (Kunth) Triana y Planch.
Bursera simaruba (L.) Sarg.

CACTACEAE

Hylocereus undatus (Haw.) Britton y Rose
Nopalea sp.
Rhipsalis baccifera (J.S. Muell.) Stearn

CAESALPINIACEAE

Senna atomaria (L.) H.S. Irwin y Barneby

CAPPARACEAE

Capparis baduca L.
Crateva tapia L.

CAPRIFOLIACEAE

Sambucus canadensis var. *mexicana* C. Presl

CARICACEAE

Carica papaya L.

CHENOPODIACEAE

Teloxis ambrosioides (L.) Weber

COMMELINACEAE

Tradescantia pendula (Schnizl.) D.R. Hunt
Tradescantia spathacea Sw.

COSTACEAE

Costus spicatus (Jacq.) Sw.

CRASSULACEAE

Kalanchoe pinnata (Lam.) Pers.

CUCURBITACEAE

Momordica charantia L.

EUPHORBIACEAE

Acalypha alopecuroidea Jacq.
Acalypha sp.
Cnidoscolus chayamansa McVaugh
Cnidoscolus multilobus subsp. *multilobus* (Pax) I.M. Johnston.
Croton draco Schltld. y Cham.
Croton sp.
Croton sp.
Euphorbia prostrata Aiton
Euphorbia pulcherrima Willd. ex Klotzsch
Pedilanthus tithymaloides (L.) Poit
Ricinus communis L.

POACEAE

Zea mays L.

ROSACEAE

Prunus persica (L.) Batsch

RUBIACEAE

Hamelia patens Jacq.

RUTACEAE

Citrus X limon (L.) Osbeck
Ruta graveolens L.

SALICACEAE

Salix humboldtiana Willd.

SCHIZAEACEAE

Lygodium venustum Sw.

SCROPHULARIACEAE

Russelia equisetiformis Schltld. y Cham.

SOLANACEAE

Cestrum nocturnum L.
Solanum nigrum L.
Solanum sp.

STERCULIACEAE

Guazuma ulmifolia Lam.

THEOPHRASTACEAE

Jacquinia aurantiaca W. T. Aiton

TILIACEAE

Triumfetta aff. *semitriloba* Jack.

VERBENACEAE

Lantana camara L.
Lippia dulcis Trevir.

VITACEAE

Vitis tiliifolia Humb. y Bonpl. ex Schult.

Anexo 2. Clasificación de especies por categoría de enfermedad de acuerdo a la Organización Panamericana de la Salud.

Categoría de enfermedad	Especies
De la mujer	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima), <i>Russelia equisetiformis</i> Schltld. y Cham. (cola de caballo), <i>Tradescantia spathacea</i> Sw. (barquilla , maguey morado), <i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Poit (zapatito , saca niños), <i>Phaseolus coccineus</i> L. (soyo), <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla), <i>Verbesina lindenii</i> (Sch. Bip.) S.F. Blake (Santa María), <i>Buddleja</i> sp. (acuyo rojo), <i>Passiflora edulis</i> Sims (maracuyá), <i>Justicia spicigera</i> Schltld. (mohuite), <i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i> (Schltld. y Cham.) S.F.Blake (aguacate oloroso), <i>Lantana cámara</i> L. (orosus), <i>Tradescantia pendula</i> (Schnizl.) D.R. Hunt (hierba del pollo , siempre viva , matlalina), <i>Piper amalago</i> L. (cordoncillo), <i>Euphorbia pulcherrima</i> Willd. ex Klotzsch (noche buena), <i>Manfreda brachystachys</i> (Cav.) Rose (lakum), <i>Plectranthus amboinicus</i> (Lour.) Spreng. (orégano), <i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc. (árnica), <i>Plantago major</i> (yanten), <i>Aloe vera</i> (L.) Burm. F. (sábila), <i>Ruta graveolens</i> L. (ruda), <i>Lygodium venustum</i> Sw. (nido de papan), <i>Allium cepa</i> (cebolla), <i>Citrus x limón</i> (L.) Osbeck (limón), <i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton y Rose (pitaya), <i>Nopalea</i> sp. (nopal).
Dolores e inflamaciones varios (musculares, dentales, hueso, cabeza)	<i>Tradescantia spathacea</i> Sw. (barquilla), <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. (flor del meco , flor de carnaval), <i>Anredera cordifolia</i> (Ten.) Steenis (tullum), <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (chaca , palo mulato), <i>Lippia dulcis</i> Trevir. (hierba dulce), <i>Ambrosia cumanensis</i> Kunth (Artemis), <i>Verbesina lindenii</i> (Sch. Bip.) S.F. Blake (Santa María), <i>Cnidioscolus multilobus</i> subsp. <i>multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst. (ortiga), <i>Asclepias curassavica</i> L. (punstiswich), <i>Buddleja americana</i> L. (tepozán , pata de zopilote), <i>Mikania scandens</i> (L.) Willd. (bigote del señor), <i>Muntingia calabura</i> L. (eban), <i>Wedelia trilobata</i> (L.) Hitchc. (árnica), <i>Crescentia cujete</i> L. (jícara grande), <i>Piper umbellatum</i> L. (acuyo), <i>Lygodium venustum</i> Sw. (nido de papan), <i>Jacquinia aurantiaca</i> W. T. Aiton (corpus), <i>Solanum nigrum</i> L. (mora), <i>Allium cepa</i> (cebolla), <i>Bromelia pinguin</i> L. (cardón), <i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.) Salisb. (lirio blanco).
Piel, boca y ojos	<i>Tagetes erecta</i> L. (flor de muerto), <i>Acalypha alopeuroidea</i> Jacq. (hierba del cáncer), <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima), <i>Spondias purpurea</i> L. (ciruelo), <i>Rivina humilis</i> L. (chilacuaco), <i>Pedilanthus tithymaloides</i> (L.) Poit (zapatito , saca niños), <i>Parthenium hysterophorus</i> L. (chuchuyate), <i>Eugenia capuli</i> (Schltld. y Cham.) Hook. y Arn. (capulín grande), <i>Croton draco</i> Schtdl. y Cham. (sangregado), <i>Kalanchoe pinnata</i> (Lam.) Pers. (flor del meco , flor de carnaval), <i>Lochnera rosea</i> (L.) Rcb. ex Endl. (teresita , ninfa), <i>Teucrium cúbense</i> Jacq. (gallina ciega), <i>Calea</i> sp. (retama), <i>Solanum</i> sp. (berenjena silvestre), <i>Helenium quadridentatum</i> Labill. (manzanilla), <i>Croton</i> sp. (pusual), <i>Tabernaemontana alba</i> Mill. (cojón de gato), <i>Croton</i> sp. (olivo), <i>Bromelia pinguin</i> L. (cardón), <i>Calea urticifolia</i> (Mill.) DC. (retama).
Filiación cultural	<i>Ocimum micranthum</i> Willd. (hierba del tlazol), <i>Rivina humilis</i> L. (chilacuaco), <i>Petiveria alliacea</i> L. (hierba del zorrillo), <i>Ocimum basilicum</i> L. (albahaca), <i>Justicia spicigera</i> schltld. (mohuite), <i>Tradescantia pendula</i> (Schnizl.) D.R. Hunt (hierba del pollo , siempre viva , matlalina), <i>Mansoa hymenaea</i> (DC.) A.h. Gentry (ajo de monte), <i>Rhipsalis baccifera</i> (J.S. Muell.) Stearn (cuarto de ardilla), <i>Diphysa robinoides</i> Benth. (quebrache), <i>Cratogeomys tapia</i> L. (palo de aire), <i>Capparis baduca</i> L. (palo de lumbre), <i>Artemisia ludoviciana</i> Nutt. (estafiate), <i>Hyptis</i> sp. (hierba del negro), <i>Bursera graveolens</i> (Kunth) triana y Planch. (palo de brujo), <i>Citrus limón</i> L. Osbeck (limón), <i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton y Rose (pitaya), <i>Nopalea</i> sp. (nopal).
Sistema digestivo e hígado	<i>Hamelia patens</i> Jacq. (chacloco , pata de paloma), <i>Acalypha alopeuroidea</i> Jacq. (hierba del cáncer), <i>Spondias purpurea</i> L. (ciruelo), <i>Psidium guajava</i> L. (guayaba), <i>Malvaviscus arboreus</i> Cav. (manzanita , tulipán), <i>Lippia dulcis</i> Trevir. (hierba dulce , acuyo rojo), <i>Lochnera rosea</i> (L.) ex Endl. (teresita , ninfa), <i>Persea americana</i> var. <i>drymifolia</i> (Schltld. y Cham.) S.F.Blake (aguacate oloroso), <i>Lantana cámara</i> L. (orosus), <i>Senna atomaria</i> (L.) H. S. Irwin y Barneby (frijolillo),

	frijol de zopilote), <i>Tradescantia pendula</i> (Schnizl.) D.R. Hunt (hierba del pollo, siempre viva, matlalina), <i>Rhipsalis baccifera</i> (J.S. Muell.) Stear (cuarto de ardilla), <i>Heliotropium indicum</i> L. (cola de alacrán), <i>Vitis tillifolia</i> Humb. y Bonpl. ex Schult. (parra), <i>Psidium guineense</i> Sw. (guayaba cimarrona), <i>Cnidocolus chayamansa</i> McVaugh (chaya).
Riñón y sistema urinario	<i>Russelia equisetiformis</i> Schlttdl. y Cham. (cola de caballo), <i>Cnidocolus multilobus</i> subsp. <i>multilobus</i> (Pax) I.M. Johnst. (ortiga), <i>Triumfetta</i> aff. <i>semitriloba</i> Jack. (malva), <i>Crotalaria incana</i> L. (sonaja), <i>Zea mayz</i> L. (elote) <i>Euphorbia prostrata</i> Aiton (hierba de la golondrina), <i>Bidens pilosa</i> L. (aceitilla, mozote blanco, mozote de burro), <i>Costus spicatus</i> (Jacq.) Sw. (caña de jabalí), <i>Malvaviscus arboreus</i> Cav. (manzanita, tulipán), <i>Cnidocolus chayamansa</i> McVaugh (chaya).
Sistema nervioso	<i>Bidens pilosa</i> L. (aceitilla, mozote blanco, mozote de burro), <i>Passiflora edulis</i> Sims (maracuyá), <i>Lantana camara</i> L. (orosus), <i>Piper amalago</i> L. (cordoncillo), <i>Prunus persica</i> (L.) Batsch (durazno), <i>Lygodium venustum</i> Sw. (nido de papan), <i>Acalypha</i> sp., <i>Citrus X limon</i> (L.) Osbeck (limón), <i>Hylocereus undatus</i> (Haw.) Britton y Rose (pitaya), <i>Nopalea</i> sp. (nopal).
Sistema respiratorio	<i>Cestrum nocturnum</i> L. (orcajuda, huele de noche), <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima), <i>Sambucus canadensis</i> var. <i>mexicana</i> C. Presl (ramo de novia, sauco), <i>Croton draco</i> Schlttdl. y Cham. (sangregado), <i>Lippia dulcis</i> Trevir. (hierba dulce), <i>Buddleja</i> sp. (acuyo rojo), <i>Cirsium mexicanum</i> DC. (choliltk'), <i>Bougainvillea glabra</i> Choisy (buganvilia)
Presión/ circulación	<i>Bidens pilosa</i> L. (aceitilla, mozote blanco, mozote de burro), <i>Carica papaya</i> L. (papaya), <i>Eugenia capuli</i> (Schlttdl. y Cham.) Hook. y Arn. (capulín grande), <i>Struthanthus densiflorus</i> (Benth.) Standl. (seca palo), <i>Ocimum basilicum</i> L. (albahaca), <i>Asclepias curassavica</i> L. (punstiswich), <i>Annona globiflora</i> Schlttdl. (anonilla).
Calenturas y fiebres	<i>Cestrum nocturnum</i> L. (orcajuda), <i>Sambucus canadensis</i> var. <i>mexicana</i> C. Presl (ramo de novia, sauco), <i>Ricinus communis</i> L. (higuerilla), <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (chaca, palo mulato), <i>Salix humboldtiana</i> Willd. (sauce), <i>Buddleja americana</i> L. (tepozán, pata de zopilote).
Diabetes	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (guásima), <i>Momordica charantia</i> L. (cunde amor), <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (chaca, palo mulato).
Anemia	<i>Phaseolus coccineus</i> L. (soyo), <i>Justicia spicigera</i> Schlttdl. (mohuite), <i>Solanum nigrum</i> L. (hierba mora).
Parásitos	<i>Carica papaya</i> L. (papaya), <i>Teloxis ambrosioides</i> (L.) Weber (epazote).
Mordedura de víbora y otros animales	<i>Rauvolfia tetraphylla</i> L. (contrayerba), <i>Petiveria alliacea</i> L. (hierba del zorrillo).
Cáncer	<i>Acalypha alopecuroidea</i> Jacq. (hierba del cáncer, Iwich de bolitas).
Reumas	<i>Ambrosia cumanensis</i> Kunth (Artemis).
Sistema inmunológico	<i>Petiveria alliacea</i> L. (hierba del zorrillo).

Anexo 3. Usos medicinales, nombres indígenas y comunes de las especies registradas en la comunidad Tének de Tanleab, San Luis Potosí (González, 2004) y en San Francisco, Veracruz.

ESPECIE MEDICINAL	NOMBRES INDÍGENAS Y VERNÁCULOS		USO MEDICINAL Y FORMA DE USO	
	Tanleab, Mpio. de Huehuetlán, San Luis Potosí	San Francisco, mpio. de Chontla, Veracruz	Tanleab, mpio. de Huehuetlán, San Luis Potosí	San Francisco, mpio. de Chontla, Veracruz
<i>Bursera simaruba</i>	Tsaká –Chaká	Cha'ka- Chaca, palo mulato	Estreñimiento- Corteza en infusión	Fiebre, diabetes y dolor muscular- Hojas asadas con aguardiente, corteza en infusión y resina aplicada
<i>Cnidocolus multilobus</i>	A'k- Mala mujer	Mayak- Ortiga	Quemaduras- Látex aplicado en lesión	Cálculos renales, dolor de muelas y sacarlas- Raíz en infusión, resina aplicada
<i>Costus spicatus</i>	Pakab olom- Caña de jabalí	Pakap olom- Caña de jabalí	Mal de orín- Tallo en infusión o masticado	Mal de orín, cálculos renales y biliares- Tallo en infusión
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Akich- Aquiche	Akist- Guásima	Fracturas- Corteza o fruto maduro aplicado	Diabetes, heridas, tos y dolor de parto- Corteza en infusión, látex aplicado, fruto en infusión y hojas y frutos verdes en infusión
<i>Hamelia patens</i>	K'entsel té- Palo de lumbre	Chak look- Chacloco, pata de paloma	Heridas- Jugo de hojas aplicado	Gastritis, dolor de estómago y diarreas- Ramas en infusión
<i>Helenium mexicanum</i>	Ts'aik ts'ojol- Manzanilla de monte	H. quadridentatum Manzanilla	Infección genitourinaria- Ramas hervidas en lavados	Sarna- Rama estrujada en agua, lavados
<i>Hyptis verticillata</i>	Tijtsón k'wet- Epazotillo	Hyptis sp. Tidxan quiet- Hierba del negro	Espanto y asombro- Barrida con ramas	Mal aire y energías negativas- Ramear
<i>Justicia spicigera</i>	Muu- Mohuite	Muu- Mohuite	Anemia- Hojas tiernas estrujadas en agua como infusión	Anemia, hemorragias vaginales, flujo, desequilibrio en menstruación, baños post parto y de relajación- Hojas en infusión, hojas estrujadas en agua para baños
<i>Kalanche pinnata</i>	Xutsun maca- tronador	Paunal uich, Inwich einalanoc- Flor del meco, flor de carnaval	Fuegos, mal de boca y granos- Lavados con hojas estrujadas en agua	Hinchazón de pies, dolor muscular y erisipela- Hojas restregadas con aguardiente
<i>Lantana camara</i>	Cihuaxochitl- Cihuaxóchitl	Orosus	Sabañones- Hojas tiernas estrujadas y aplicadas	Inflamación de vientre y estómago y dejar de fumar- Raíz en infusión y hojas en infusión
<i>Persea americana</i>	Uj- Aguacate	Ojj- Aguacate oloroso	Dolor de estómago- Hojas en infusión	Dolor de estómago y menstruales- Hojas en infusión
<i>Psidium guajava</i>	Bek- Guayaba	Bekk- Guayaba	Diarrea- Hojas en infusión	Dolor de estómago, vómito, diarrea y gases- Hojas en infusión
<i>Ruta chalepensis</i>	Wits'ii te'ts'ojol- Ruda	Ruta graveolens Ruda	Dolor de estómago, apurar parto y regla- Hojas en infusión	Hinchazón de vientre y bajada de matriz- Rama hervida para lavados
<i>Solanum torvum</i>	Mud huts- Hoja lavatrastes	Solanum sp. Berenjena silvestre	Hongo entre los dedos de la mano- Hoja asada con sebo de res	Infecciones fuertes en la piel- Hojas hervidas para lavado
<i>Tegetes erecta</i>	K'uchidh wits- Flor de muerto	Kashiyllhuich- Flor de muerto	Sabañones- Jugo de hojas asadas aplicado	Granos y heridas- Rama hervida para lavados

Anexo 4. Valores ROP de las siete especies seleccionadas

Espece	Rango de edad	Uso primario	Informantes que reportan el uso primario	FL	RPL	ROP
<i>Buddleja americana</i>	8-14	Dolores musculares	0	0.00	0.00	0.00
		Inflamación de piernas y pies	0	0.00	0.00	0.00
		Calentura	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Dolores musculares	1	25.00	0.03	0.76
		Inflamación de piernas y pies	2	50.00	0.06	3.03
		Calentura	0	0.00	0.00	0.00
	25-59	Dolores musculares	5	15.15	0.08	1.20
		Inflamación de piernas y pies	17	51.52	0.27	13.90
		Calentura	2	6.06	0.03	0.19
	60+	Dolores musculares	0	0.00	0.00	0.00
		Inflamación de piernas y pies	11	55.00	0.46	25.21
		Calentura	0	0.00	0.00	0.00
<i>Bursera simaruba</i>	8-14	Fiebre	4	50.00	0.14	6.90
		Controlar la diabetes	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor muscular	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Fiebre	3	42.86	0.09	3.90
		Controlar la diabetes	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor muscular	1	14.29	0.03	0.43
	25-59	Fiebre	31	58.49	0.49	28.78
		Controlar la diabetes	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor muscular	1	1.89	0.02	0.03
	60+	Fiebre	12	60.00	0.50	30.00
		Controlar la diabetes	1	5.00	0.04	0.21
		Dolor muscular	0	0.00	0.00	0.00
<i>Costus spicatus</i>	8-14	Mal de orín	0	0.00	0.00	0.00
		Cálculos renales	0	0.00	0.00	0.00
		Cálculos biliares	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Mal de orín	4	80.00	0.12	9.70
		Cálculos renales	0	0.00	0.00	0.00
		Cálculos biliares	0	0.00	0.00	0.00
	25-59	Mal de orín	12	32.43	0.19	6.18
		Cálculos renales	9	24.32	0.14	3.47
		Cálculos biliares	0	0.00	0.00	0.00
	60+	Mal de orín	4	33.33	0.17	5.56
		Cálculos renales	4	33.33	0.17	5.56
		Cálculos biliares	0	0.00	0.00	0.00
<i>Guazuma ulmifolia</i>	8-14	Diabetes	0	0.00	0.00	0.00
		Heridas	1	100.00	0.03	3.45
		Tos	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor de parto	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Diabetes	0	0.00	0.00	0.00
		Heridas	2	100.00	0.06	6.06
		Tos	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor de parto	0	0.00	0.00	0.00
	25-59	Diabetes	6	33.33	0.10	3.17
		Heridas	7	38.89	0.11	4.32
		Tos	2	11.11	0.03	0.35
		Dolor de parto	0	0.00	0.00	0.00

	60+	Diabetes Heridas Tos Dolor de parto	2 5 0 0	20.00 50.00 0.00 0.00	0.08 0.21 0.00 0.00	1.67 10.42 0.00 0.00
<i>Justicia spicigera</i>	8-14	Anemia	0	0.00	0.00	0.00
		Baños post parto y de relajación	1	33.33	0.03	1.15
		Maldad	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Anemia	0	0.00	0.00	0.00
Baños post parto y de relajación		2	33.33	0.06	2.02	
Maldad		0	0.00	0.00	0.00	
25-59	Anemia	2	5.13	0.03	0.16	
	Baños post parto y de relajación	25	64.10	0.40	25.44	
	Maldad	0	0.00	0.00	0.00	
60+	Anemia	1	7.14	0.04	0.30	
	Baños post parto y de relajación	7	50.00	0.29	14.58	
	Maldad	0	0.00	0.00	0.00	
<i>Kalanchoe pinnata</i>	8-14	Hinchazón de pies	0	0.00	0.00	0.00
		Erisipela	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor muscular	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Hinchazón de pies	0	0.00	0.00	0.00
		Erisipela	0	0.00	0.00	0.00
		Dolor muscular	0	0.00	0.00	0.00
	25-59	Hinchazón de pies	3	12.50	0.05	0.60
		Erisipela	6	25.00	0.10	2.38
		Dolor muscular	1	4.17	0.02	0.07
	60+	Hinchazón de pies	3	21.43	0.13	2.68
		Erisipela	4	28.57	0.17	4.76
		Dolor muscular	2	14.29	0.08	1.19
<i>Lippia dulcis</i>	8-14	Hepatitis	0	0.00	0.00	0.00
		Falseaduras	0	0.00	0.00	0.00
		Tos y bronquitis	0	0.00	0.00	0.00
	15-24	Hepatitis	0	0.00	0.00	0.00
		Falseaduras	0	0.00	0.00	0.00
		Tos y bronquitis	0	0.00	0.00	0.00
	25-59	Hepatitis	0	0.00	0.00	0.00
		Falseaduras	2	14.29	0.03	0.45
		Tos y bronquitis	2	14.29	0.03	0.45
	60+	Hepatitis	0	0.00	0.00	0.00
		Falseaduras	1	12.50	0.04	0.52
		Tos y bronquitis	2	25.00	0.08	2.08

Anexo 5. Índice de valor de uso por parte usada (Gómez-Beloz, 2002) de las siete especies seleccionadas.

Parte usada	<i>Guazuma ulmifolia</i> ΣRU=22		<i>Bursera simaruba</i> ΣRU=71		<i>Costus spicatus</i> ΣRU=35		<i>Lippia dulcis</i> ΣRU=10		<i>Justicia spicigera</i> ΣRU=14		<i>Kalanchoe pinnata</i> ΣRU=19		<i>Buddleja americana</i> ΣRU=16	
	RU	PPV	RU	PPV	RU	PPV	RU	PPV	RU	PPV	RU	PPV	RU	PPV
Hoja	2	0.090	59	0.830	3	0.085	4	0.400	10	0.714	18	0.947	16	1
Rama	1	0.045	2	0.028	3	0.085								
Toda							6	0.600	4	0.285	1	0.052		
Tallo	1	0.045			29	0.828								
Corteza	16	0.727	11	0.154										
Látex/ Resina	4	0.181	1	0.014										
Fruto	5	0.227												



Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ETNOBOTÁNICA DE LOS RITUALES VINCULADOS AL CICLO AGRÍCOLA Y SU FUNCIÓN EN LA CONSERVACIÓN BIOCULTURAL EN COATETELCO, MORELOS, MÉXICO

ETHNOBOTANY OF THE AGRICULTURAL CYCLE-RELATED RITUALS AND ITS FUNCTION IN THE BIO-CULTURAL PRESERVATION IN COATETELCO, MORELOS, MEXICO

Villanueva-Figueroa, M. L.; H. Colín-Bahena, R. Monroy-Martínez, R. Monroy-Ortiz, A. García-Flores y C. Monroy-Ortiz.

ETNOBOTÁNICA DE LOS RITUALES VINCULADOS AL CICLO AGRÍCOLA Y SU FUNCIÓN EN LA CONSERVACIÓN BIOCULTURAL EN COATETELCO, MORELOS, MÉXICO.

ETHNOBOTANY OF THE AGRICULTURAL CYCLE-RELATED RITUALS AND ITS FUNCTION IN THE BIO-CULTURAL PRESERVATION IN COATETELCO, MORELOS, MEXICO.

**ETNOBOTANICA DE LOS RITUALES VINCULADOS AL CICLO AGRÍCOLA
Y SU FUNCIÓN EN LA CONSERVACIÓN BIOCULTURAL
EN COATETELCO, MORELOS, MÉXICO**

**ETHNOBOTANY OF THE AGRICULTURAL CYCLE-RELATED RITUALS
AND ITS FUNCTION IN THE BIO-CULTURAL PRESERVATION
IN COATETELCO, MORELOS, MEXICO**

Villanueva-Figueroa, M. L.;
H. Colín-Bahena,
R. Monroy-Martínez,
R. Monroy-Ortiz,
A. García-Flores
y C. Monroy-Ortiz

ETNOBOTÁNICA DE LOS
RITUALES VINCULADOS AL
CICLO AGRÍCOLA Y SU
FUNCIÓN EN LA
CONSERVACIÓN
BIOCULTURAL EN
COATETELCO, MORELOS,
MÉXICO.

ETHNOBOTANY OF THE
AGRICULTURAL CYCLE-
RELATED RITUALS AND ITS
FUNCTION IN THE BIO-
CULTURAL PRESERVATION
IN COATETELCO, MORELOS,
MEXICO.

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 52: 241-264. Julio 2021

DOI:
10.18387/polibotanica.52.15

M. L. Villanueva-Figueroa

*Centro de Investigaciones Biológicas. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.*

H. Colín-Bahena/ ortencia.colin@uaem.mx

R. Monroy-Martínez

*Laboratorio de Ecología del Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad
Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca,
Morelos, México, CP 62209.*

R. Monroy-Ortiz

*Facultad de Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Av.
Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca, Morelos, México, CP 62209.*

A. García-Flores

C. Monroy-Ortiz

*Laboratorio de Ecología del Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad
Autónoma del Estado de Morelos. Av. Universidad 1001, Chamilpa, Cuernavaca,
Morelos, México, CP 62209.*

RESUMEN: La relación histórica de los grupos sociales con la naturaleza ha generado el dinámico conocimiento tradicional. Saberes que incluyen a las plantas ofrendadas en rituales, cuya funcionalidad se mantiene, porque son básicos para la reproducción social de las comunidades originarias al estar vinculados al ciclo agrícola. Por tanto, se pregunta ¿Las ofrendas vinculadas al ciclo agrícola permiten la conservación de la diversidad vegetal y del conocimiento asociado a esta, en la comunidad náhuatl de Coatetelco, Morelos? Para contestarla se identificaron, los componentes, las especies y las variedades de las plantas ofrendadas en los rituales relacionados con el ciclo agrícola, así como la unidad productiva de donde se obtienen. Se aplicaron 34 entrevistas semiestructuradas a informantes clave y 50 abiertas a los asistentes a los diferentes rituales. Resultaron ocho rituales, seis componentes: comida, bebida, estructura referida a enramadas y *huatapextle* o mesa colgante que alberga la ofrenda, ornamentación, accesorios de los danzantes y semillas; integrados por 59 especies y 10 variedades; el 74.57 % domesticadas, 20.33% silvestres y 5% silvestres/domesticadas; las unidades productivas de procedencia de estas son: la parcela, el cerro, la laguna, el patio, y el matorral, otra fuente de obtención de las plantas es el mercado, sobresale por su presencia en todos los rituales y diferentes componentes el maíz, y en el 87.5 % la calabaza y chiles que para este trabajo se consideran especies identitarias. Se concluye que las ofrendas en los rituales asociados al ciclo agrícola permiten la conservación de especies y variedades vegetales básicas en la alimentación del pueblo nahua, a las que se suman las identitarias como el pericón y el cempaxúchitl, así como las nativas que en este trabajo se han denominado como “principales”. La diversidad vegetal provenientes de las unidades productivas que manejan y del mercado regional se

transforma con base en el trabajo social en los componentes que cumplen la función de ofrenda, como el *huatapextle* y el *huentle*, ambos de origen prehispánico, que le otorgan a Coatetelco sentido de pertenencia y un vínculo estrecho con el ciclo agrícola, que en suma permite la conservación de la diversidad biocultural.

Palabras clave: ofrendas, rituales agrícolas, plantas identitarias, conservación biocultural.

ABSTRACT: The dynamic traditional knowledge has been originated as a result of the historic relationship between social groups and nature. This knowledge is compound of the fact that are plants offered in rituals, which functionality is still present since they play an essential role in the social reproduction of communities as they are related to the agricultural cycle.

Therefore, it is asked: Do the offerings concerning agricultural cycle allow the vegetal diversity conservation and the knowledge attached to it in the Nahuatl community of Coatetelco, Morelos?

In order to answer this question, the components, species and the variety of the plants that are offered in the agricultural cycle rituals, were identified, as well as their production units. To gather information, key informants carried out 34 semi-structured interviews, while 50 open-ended questions interviews were conducted with the people who attend the different ritual ceremonies.

Eight rituals and six components such as food, drinks, arbor structure and "*huatapextle*" which is a hanging table where the offering is set, ornaments, dancers' accessories and seeds, were found. They were compound of 59 species and 10 varieties, of which 74.57% are domesticated, 20.33% wild and 5% wild/domesticated that come from plots, hills, lagoons, yards and scrubland, another along with the market which is another source. Corn is an outstanding element in all of the rituals and in 87.5 % zucchini and chili which are considered identity species.

In conclusion, rituals concerning agricultural cycle allow the conservation of many species and some vegetables which are basic in the Nahua population diet, incorporating Mexican tarragon and marigold flowers which are considered identity species as well as the native ones that have been classified as "main" for this research.

Based on social work, vegetal diversity originated in their production units and the one obtained from local markets become essential components of an offering, for instance, "*huatapextle*" or "*huentle*", both pre-hispanic. They provide Coatetelco with a sense of belonging and a strong bond with the agricultural cycle that in sum; enable the bio-cultural diversity conservation.

Key words: offerings, agricultural rituals, identity plants, bio-cultural conservation.

INTRODUCCIÓN

La relación histórica de la sociedad con la naturaleza incluye las tradiciones, creencias y ritos que se conservan en las raíces y cosmovisión mesoamericana (Juárez, 2007), como ocurre con diferentes grupos sociales de México; donde los rituales prehispánicos y las ceremonias religiosas de manera comunitaria tejen redes sociales a nivel local y regional, lo que permite su permanencia (Broda & Montúfar, 2013; Fierro, 2007).

Las ceremonias vinculadas a los ciclos estacionales agrícolas son reconocidas como las más importantes del área cultural referida, porque marcan el término de la sequía y el inicio de la temporada de lluvias desde la época prehispánica (Maya, 2016), estas han mantenido su funcionalidad aun después de la conquista, porque las comunidades indígenas y campesinas las han conservado, ajustándolas con la incorporación nuevos elementos (Instituto Nacional de Antropología e Historia, 2016; Gómez- Arzapalo, 2011); de tal forma, que son rituales

sincretizados que sirven como vehículo de preservación de la memoria de los pueblos originarios, fundamentales en la reproducción de la cultura, porque los cohesionan, fortalece redes de solidaridad, configura la identidad y se reconstruye su cosmovisión.

Las festividades asociadas a los ciclos agrícolas las han documentado diversos autores, ellos reportan prácticas rituales con diferentes propósitos, como: 1) el permiso, por ejemplo para sembrar o cualquier otra labor agrícola, 2) la bendición de las semillas (Fierro, 2007), 3) la petición de lluvia (Román, 2017), 4) la petición y agradecimiento de la fertilidad vegetal y 5) el agradecimiento por las cosechas (Broda & Montúfar, 2013; Centurión, 2017; Cervantes & Gómez, 2018; Delgado, 2007; Gámez, 2003; Gómez- Arzapalo, 2012; Maldonado, 2004; Maldonado, 2005; Maya, 2016; Reynoso & Castro, 2002; Saldaña, 2010; Serafino, 2015).

Los rituales sincretizados, incluyen el manejo y el aprovechamiento de diversos elementos del entorno a través del trabajo social, entre ellos las plantas. Su estudio con enfoque etnobotánico se centra en los grupos humanos cuya relación con la naturaleza es más directa (Boff, 2008). Lo anterior, ha permitido la acumulación de conocimiento de las especies y variedades usadas en los rituales asociados al ciclo agrícola. Sin embargo, la globalización que induce la homogenización cultural y la modernidad basada en el capitalismo consumista, la tecnología y la industrialización ha impactado la diversidad biocultural (Farfán-Morales, 2010; Gómez-Arzapalo, 2011; Toledo & Barrera-Bassols, 2008).

La vigencia de los rituales domésticos y comunitarios asociados al ciclo anual de la producción agrícola, permiten que los grupos sociales originarios procuren la conservación de las especies que ofrendan, porque algunas se usan durante todo el año en las diferentes celebraciones, incluso incorporan nuevos recursos, salvaguardando su identidad (Broda & Montúfar, 2013; Escobar-Fuentes, 2016). La flora utilizada en las festividades místico-religiosas es de importancia en la vida cotidiana de las comunidades e implica su manejo y conservación, esto aproxima a conocer la manera en que registran la naturaleza, transforman los vegetales y los convierten en los componentes de las ofrendas, los cuales son inherentes a la búsqueda de elementos para el establecimiento de ámbitos sociales, de desarrollo, dominio y extensión territorial (Mata- Labrada, 2011; Mata-Labrada, 2013).

Los pueblos originarios son los actores y aliados para la conservación de la biodiversidad. El conocimiento, la cosmovisión y la organización social se entrelazan y expresan en prácticas concretas de apropiación de la naturaleza con perspectiva y solidaridad generacional. La relación entre la diversidad de plantas y la cultura ha evolucionado a través del tiempo y espacio, de tal forma que puede ser abordada conceptualmente a través de la riqueza botánica y riqueza cultural como una interacción de carácter complejo (Alarcón-Cháires, 2018).

Se trabajó en Coatetelco comunidad indígena nahua de Morelos, bajo la premisa que la revaloración de los rituales sincretizados inciden en la conservación biocultural, para este caso, con énfasis en las plantas usadas en las ofrendas relacionadas con el ciclo agrícola, porque se conservan en las unidades productivas tradicionales (Cano-Ramírez *et al.*, 2012) que albergan la diversidad biológica y cultural local, como los traspatios (Monroy-Martínez *et al.*, 2017; Sotelo-Barrera *et al.*, 2017), las parcelas, las huertas, las cercas vivas, y el cerro o selva baja caducifolia (Colín-Bahena *et al.*, 2018), porque los ecosistemas al igual que los agroecosistemas son manejados por los grupos sociales locales en diversas formas y grados de intensidad (Casas *et al.*, 2014; Colín-Bahena *et al.*, 2016). En este contexto, el objetivo del estudio fue identificar los componentes, las especies y las variedades ofrendadas en los rituales sincretizados vinculados al ciclo agrícola, la unidad productiva de procedencia de las plantas como evidencia de la influencia de estas celebraciones comunitarias en la conservación de la diversidad biocultural en Coatetelco, Morelos.

Área de estudio

Coatetelco se localiza en el municipio de Miacatlán; al sureste de Morelos, México (Fig. 1), a 980 metros de altitud (Martínez *et al.*, 2002). La palabra Coatetelco es de origen náhuatl y significa "en el templo o montículo de madera o del águila" (Reynoso & Castro, 2002). El clima es Aw₀'' (w) (e) g, cálido con lluvias en verano, el mes más seco de los subhúmedos; la temperatura media anual es de 23.2°C y la precipitación anual es de 821.8 mm, el periodo de lluvias es de junio a septiembre (García, 1964). Su población es de 9, 094 habitantes, de los cuales 4, 358 son hombres y 4, 736 son mujeres (SEDESOL, 2013). Es una comunidad con índice de marginación alto de -0.326, el 17.51% de analfabetismo y el 38.14% sin primaria completa en habitantes de 15 años y más (CONAPO, 2015). Su vegetación es selva baja caducifolia (Miranda & Hernández-X, 1963).

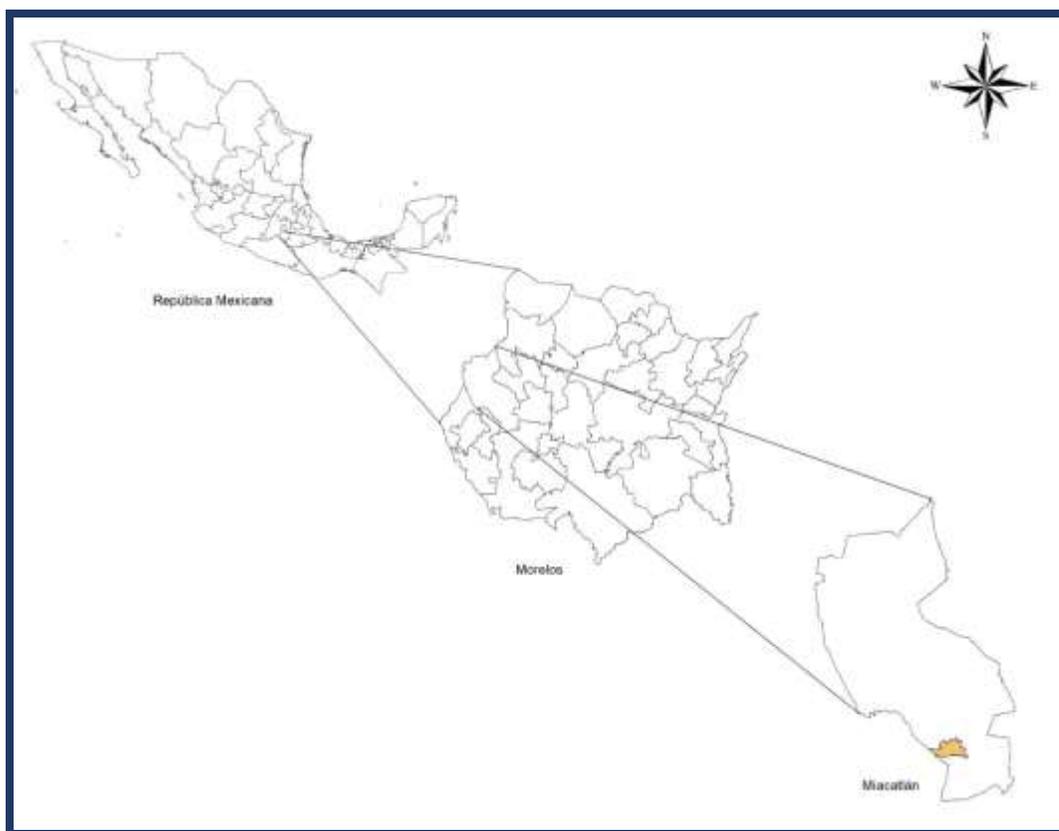


Fig. 1. Localización del área de estudio.

Los cultivos en la comunidad son de maíz, frijol, calabaza y cacahuete, producidos en parcelas de la periferia de la población, destinadas a la agricultura de temporal y riego (Sotelo-Barrera *et al.*, 2017). Tiene un mercado donde converge la producción y colecta a baja escala, proveniente de cinco unidades productivas tradicionales, tanto local como de otras cinco comunidades nahuas aledañas (Colín-Bahena *et al.*, 2018).

MATERIALES Y MÉTODO

Técnicas

Entrevistas y recorridos guiados

Las técnicas de investigación utilizadas fueron cualitativas, el ingreso a la comunidad se realizó a través del señor Roberto Solís un informante clave que se caracteriza por su conocimiento en el tema que se aborda, así como su capacidad de liderazgo en la comunidad, con el cual se ha establecido el rapport (Taylor & Bogdan, 1992), porque ha colaborado con otros trabajos realizados por los coautores del presente estudio en Coatehelco. Con base en la técnica bola de nieve (Martín-Crespo & Salamanca-Castro, 2007) se eligieron a los entrevistados y se realizaron 50 entrevistas abiertas y 34 semiestructuradas (Díaz-Bravo *et al.*, 2013; Hernández-Sampieri *et al.*, 2010). Con la información de las entrevistas se elaboró un listado libre de las plantas que se ofrendan en los componentes de cada ritual vinculado al ciclo agrícola, la unidad productiva de procedencia, y su grado de manejo. La ventaja de los listados libres es que los informantes tienden a hacerlas en orden de familiaridad decreciente y los que saben mucho sobre el tema aportan más elementos de interés local a la lista.

Los recorridos guiados (Delgado, 2007) se realizaron con los informantes clave por los parajes considerados en los rituales agrícolas de la presente investigación, éstos son sitios en los que se desarrolla alguna actividad u ofrenda de cada ceremonia, lo que permitió ver y hablar sobre los problemas del área, durante la observación participante se construyó una colección fotográfica (Brisset, 1999); esta ayudó a documentar la diversidad vegetal.

Identificación de especies y variedades

La identificación de las especies se realizó con base en los listados taxonómicos publicados de la comunidad de estudio (Monroy-Martínez *et al.*, 2017; Sotelo-Barrera *et al.*, 2017) y cuando fue necesario se colectó el espécimen, para su determinación por comparación en el Herbario "MORE" del Laboratorio de Ecología del CIB-UAEM. Los nombres científicos se revisaron en la base de datos electrónicos del VAScular Tropicos del Missouri Botanical Garden consultada en <http://www.tropicos.org/>. Las variedades de las plantas se clasificaron de acuerdo con el listado libre y la colección fotográfica, a su vez se comparó con los listados de variedades publicados para el área de estudio (Colín-Bahena *et al.*, 2018). Complementariamente, se indagó la forma de vida de cada especie y su origen fitogeográfico.

Especies principales e identitarias

Las plantas principales, se proponen como tales bajo los siguientes criterios: son las de mayor frecuencia de presencia en los componentes de las diferentes ofrendas, las que son nativas para América tropical o incluso para México y las básicas en la alimentación Mesoamericana (Linares & Bye, 2014). Las identitarias, son aquellas que de acuerdo con la bibliografía y las entrevistas le dan al pueblo nahua sentido de pertenencia e identidad (Maldonado, 2004; Saldaña, 2010).

Análisis de similitud general

La afinidad de especies presentes en las ofrendas se indago a través de un análisis de conglomerados (UPGMA) (Acosta, 2004; Albor-Pinto *et al.*, 2017), mediante el coeficiente de similitud de Jaccard (Villarreal *et al.*, 2004). Para ello se construyó una matriz en Excel de presencia-ausencia (Lincoln *et al.*, 2009; Moreno, 2001) de las plantas reportadas en el presente estudio. La matriz se procesó con el programa PAST versión 3.0 (Ancona *et al.*, 2019; Hammer *et al.*, 2001), para elaborar el dendograma general que integra los diversos componentes de las ofrendas de todos los rituales. Además, se realizaron tablas de presencia-ausencia (Lincoln *et al.*, 2009; Moreno, 2001) de las plantas en los componentes comida y bebida para calcular su frecuencia.

RESULTADOS

Rituales sincretizados vinculados al ciclo agrícola

Los rituales vinculados con el ciclo agrícola que se documentaron en Coatetelco son ocho (Fig. 2).



Fig. 2. Calendario anual de los rituales vinculados al ciclo agrícola en Coatetelco.

Las plantas que se usan en cada uno, corresponden a los siguientes porcentajes: 1. Inicio del año mexica-Virgen de la Candelaria la cual registro el 40.67% de las especies reportadas, 2. Peticion de lluvia- Centro ceremonial el 15.25%, 3. Bendicion de las semillas- San Isidro Labrador 35.59%, 4. Huente a los aires- San Juan Bautista 13.55%, 5. Fertilidad vegetal-Virgen de la Asuncion 38.98%, 6. Primeras cosechas- San Miguel Arcangel 38.98%, 7. Ofrenda de la calabaza- San Simon 20.33% y 8. Fin de las cosechas- Día de muertos 30.50%.

El total de los informantes clave son originarios del área de estudio y adultos mayores de 40 años, por tanto, tienen influencia en la comunidad. El género femenino ocupó el 35.29% de los entrevistados, su actividad productiva principal es de ama de casa o productora en un 50%, otras comparten actividad mencionada con comerciantes (25%). Del género masculino fueron el 64.71%; su ocupación principal es campesinos con el 72.72%, aunque algunos, también se desarrollan en actividades terciarias.

Componentes generales de las ofrendas

Los componentes de las ofrendas de los ocho rituales registrados durante un año fueron seis: 1) las comidas que incluyen el mole de pipián y tamales que en conjunto forman el *huente* característico de los pueblos nahuas, el caldo de mojarra, el pan “marquesote”, diferentes frutas, calabaza de dulce y tortillas; 2) las bebidas integradas por chocolate caliente, tepache originalmente denominado *xopelli* y agua de frutas; 3) las estructuras entre ellas, la enramada, el *huatapextle* o mesa colgante y diversos arcos; 4) la ornamentación compuesta por flores, hojas de diferentes plantas, banderitas con ocote y listones de colores, sahumerio con copal y mantel; 5) los accesorios de los danzantes como adornos de vestimenta y bastón elaborados con carrizo y otate respectivamente; y 6) las semillas de plantas cultivadas.

Plantas usadas en los rituales sincretizados

Las especies reportadas fueron 59, de las cuales se identificaron 58 agrupadas en 53 géneros y 29 familias (Tabla 1), de estas 64.40% son hierbas, 25.42% son árboles, 8.47% arbustos (Tabla 2), los ocho rituales presentan plantas en común las de mayor frecuencia son el maíz, la caña, la calabaza y el chile.

Unidad productiva de procedencia

Las unidades productivas de procedencia (UPP) de las plantas usadas en los ocho rituales fueron cinco: las parcelas o terrenos de cultivo, el cerro o selva baja caducifolia, patios o huertos frutícolas tradicionales (HFT), la laguna de Coatetelco y el monte de Puebla o Matorral xerófito. Estas tres primeras también fueron reportadas por Colín-Bahena *et al.* (2018). Otra fuente de obtención de las especies o variedades es el mercado.

Las plantas que se reportan no proceden de una solo unidad productiva, sino que se comparten entre dos o más, así como con el mercado. Por tanto, de la parcela y el mercado se obtiene el 16.94%; del cerro exclusivamente el 10.16%; del patio y de la laguna el 1.69% respectivamente; del matorral xerófito de la comunidad de San Simón Yehualtepec, Puebla el 1.69% que corresponde a la cucharilla (*Dasyliion lucidum* Rose.); el cerro, el patio y el mercado comparten el 11.84% por ejemplo la ciruela (*Spondias purpurea* L.) y únicamente del mercado local el 55.93% (Tabla 2).

De la parcela se obtienen el maíz (*Zea mays* L.), la calabaza de pipián (*Cucurbita pepo* L.) y el chile (*Capsicum annumm* L.) todas originarias de América tropical; de esta unidad productiva también provienen plantas exóticas como el terciopelo (*Celosia argétea* L.) y ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), del cerro el carrizo (*Arundo donax* L.), de los patios, el plátano (*Musa paradisiaca* L.), el limón (*Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle) y el tamarindo (*Tamarindus indica* L.). Las obtenidas del mercado en su mayoría son introducidas al continente americano a excepción del cacao (*Theobroma cacao* L.), el girasol (*Helianthus annuus* L.) y los nardos (*Polianthes tuberosa* L.) (Tabla 1 y Tabla 2).

Las especies identificadas se agrupan en domesticadas con el 74.57%, silvestres 20.33% y 5% pueden ser silvestres o domesticadas (Tabla 2).

Tabla 1. Lista etnobotánica de las ofrendas.

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Acahual	<i>Simsia amplexicaulis</i> (Cav) Pers.	Asteraceae
2	Ajonjoli	<i>Sesamum indicum</i> L.	Pedaliaceae
3	Alhelis	<i>Matthiola incana</i> L.	Brassicaceae
4	Anís	<i>Tagetes multifida</i> DC.	Asteraceae
5	Anturios	<i>Anthurium andreanum</i> Linden ex André	Araceae
6	Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	Poaceae
7	Ave de paraíso	<i>Strelitzia reginae</i> Aiton	Strelitziaceae
8	Bambú	<i>Bambusa vulgaris</i> Schrad.	Poaceae
9	Cacahuete	<i>Arachis hypogaea</i> L.	Fabaceae
10	Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae
11	Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Rubiaceae
12	Calabaza	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae
13	Calabaza dulce	<i>Cucurbita moschata</i> L.	Cucurbitaceae
14	Canela	<i>Cinnamomum verum</i> J. Presl	Lauraceae
15	Caña	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae
16	Carrizo	<i>Arundo donax</i> (L.)	Poaceae
17	Caulote	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam	Malvaceae
18	Cempaxúchitl	<i>Tagetes erecta</i> L.	Asteraceae
19	Chile	<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae
20	Ciruela	<i>Spondias purpurea</i> L.	Anacardiaceae
21	Clemolito	<i>Tagetes patula</i> L.	Asteraceae
22	Copal	<i>Bursera copallifera</i> (Sessé & Moç. ex DC.) Bullock	Burseraceae
23	Crisantemo	<i>Chrysanthemum</i> sp.	Asteraceae
24	Cucharilla	<i>Dasyilirion serratifolium</i> Zucc.	Asparagaceae
25	Durazno	<i>Prunus persica</i> (L.) Batsch	Rosaceae
26	Frijol	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae
27	Gerberas	<i>Gerbera jamesonii</i> Adlam	Asteraceae
28	Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	Asteraceae
29	Gladiolas	<i>Gladiolus gandavensis</i> Van Houtte	Iridáceas
30	Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae
31	Lenteja	<i>Lens culinaris</i> Medik.	Fabaceae
32	Lilis	<i>Lilium</i> sp.	Liliaceae
33	Limón	<i>Citrus aurantiifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae
34	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae
35	Mandarina	<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Rutaceae
36	Manzana	<i>Malus domestica</i> Borkh	Rosaceae
37	Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae
38	Naranja	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae

Núm.	Nombre común	Nombre científico	Familia
39	Nardos	<i>Polianthes tuberosa</i> L.	Asparagaceae
40	No determinado*	**	**
41	Nube	<i>Gypsophila paniculata</i> L.	Caryophyllaceae
42	Ocote	<i>Pinus</i> sp.	Pinaceae
43	Otate	<i>Otatea acuminata</i>	Poaceae
44	Palma camedora	<i>Chamaedorea elegans</i> Mart.	Arecaceae
45	Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae
46	Pera	<i>Pyrus communis</i> L.	Rosaceae
47	Pericón	<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Asteraceae
48	Piñas	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr	Bromeliaceae
49	Plátano	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Musaceae
50	Rosas	<i>Rosa x hybrida</i> L.	Rosaceae
51	San Miguel	<i>Zinnia elegans</i> Jacq	Asteraceae
52	Sandía	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. & Nakai	Cucurbitaceae
53	Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae
54	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i> L.	Fabaceae
55	Terciopelo	<i>Celosia argétea</i> L.	Amaranthaceae
56	Tlapaneca	<i>Montanoa grandiflora</i> Alaman ex DC	Asteraceae
57	Trigo	<i>Triticum aestivum</i> L.	Poaceae
58	Tule	<i>Thypa domingensis</i> Pers.	Typhaceae
59	Uvas	<i>Vitis vinifera</i> L.	Vitaceae

*Especies que no presentan nombre común, **Especies que no se pudieron identificar por falta de estructuras botánicas

Tabla 2. Unidades Productivas de Procedencia.

Núm.	Nombre común	Unidad Productiva de Procedencia	Mercado	Manejo	Forma de vida	Origen fitogeográfico
1	Acahual	Cerro		S	hierba	México-Guatemala
2	Ajonjolí	Parcela	✓	Dm	hierba	Etiopia/India
3	Alhelís		✓	Dm	hierba	Asia central, Sudáfrica, Mediterráneo
4	Anís	Cerro		S	hierba	Nativa de México
5	Anturios		✓	Dm	hierba	Colombia/ Ecuador
6	Arroz		✓	Dm	hierba	Asia
7	Ave de paraíso		✓	Dm	hierba	Sudáfrica
8	Bambú	Cerro		S	hierba	Asia, China, Madagascar
9	Cacahuate	Parcela	✓	Dm	hierba	Argentina/Bolivia
10	Cacao		✓	Dm	árbol	México/Sudamérica
11	Café		✓	Dm	arbusto	Etiopia
12	Calabaza	Parcela	✓	Dm	hierba	México
13	Calabaza dulce	Parcela	✓	Dm	hierba	América tropical
14	Canela		✓	Dm	árbol	Sur de Asia
15	Caña		✓	Dm	hierba	India/China/ Nueva Guinea
16	Carrizo	Cerro		S	hierba	Mediterráneo/Asia
17	Caulote	Cerro		S	árbol	América tropical
18	Cempaxúchitl	Parcela	✓	Dm	hierba	México
19	Chile	Parcela	✓	Dm	hierba	Sur de México a Centroamérica
20	Ciruela	Cerro y Huerto	✓	S y Dm	árbol	América tropical- Sur de México
21	Clemolito	Parcela	✓	Dm	hierba	América tropical
22	Copal	Cerro	✓	S	árbol	América
23	Crisantemo		✓	Dm	hierba	Asia y Europa
24	Cucharilla	Matorral		S	árbol	Nativa de México
25	Durazno		✓	Dm	árbol	China
26	Frijol	Parcela	✓	Dm	hierba	América-sur de Méx-Antillas
27	Gerberas		✓	Dm	hierba	Sudáfrica
28	Girasol		✓	Dm	hierba	América tropical
29	Gladiolas		✓	Dm	hierba	Europa
30	Guayaba		✓	Dm	árbol	Mesoamérica/españoles
31	Lenteja		✓	Dm	hierba	Europa/ Turquía
32	Lilis		✓	Dm	hierba	Asia y América del Norte
33	Limón	Huerto	✓	Dm	árbol	Asia
34	Maíz	Parcela	✓	Dm	hierba	de México a Guatemala
35	Mandarina		✓	Dm	árbol	Asia
36	Manzana		✓	Dm	árbol	China
37	Melón		✓	Dm	hierba	África/ Asia
38	Naranja		✓	Dm	árbol	India/ Vietnam/ China

Núm.	Nombre común	Unidad Productiva de Procedencia	Mercado	Manejo	Forma de vida	Origen fitogeográfico
39	Nardos		✓	Dm	hierba	América del Sur
40	No determinado		✓	Dm	*	*
41	Nube		✓	Dm	hierba	Asia/ Europa
42	Ocote		✓	S	árbol	México
43	Otate	Cerro		S	hierba	México, América central
44	Palma camedora		✓	Dm	arbusto	México-Guatemala
45	Papaya	Huerto	✓	Dm	hierba	Mesoamérica
46	Pera		✓	Dm	árbol	Europa/ Asia
47	Pericón		✓	S	hierba	Mesoamérica
48	Piñas		✓	Dm	hierba	Brasil/ Bolivia
49	Plátano	Huerto		Dm	hierba	India o Indomalasia
50	Rosas		✓	Dm	arbusto	Europa
51	San Miguel	Cerro y Huerto		S y Dm	hierba	Nativa Centro de México
52	Sandía		✓	Dm	hierba	África
53	Sorgo		✓	Dm	hierba	África
54	Tamarindo	Huerto	✓	Dm	árbol	África
55	Terciopelo	Parcela	✓	Dm	hierba	India
56	Tlapaneca	Huerto	✓	S y Dm	arbusto	América tropical
57	Trigo		✓	Dm	hierba	Asia y Europa
58	Tule	Laguna		S	hierba	América
59	Uvas		✓	S	arbusto	Europa/ India

*especie sin identificar por falta de estructuras botánicas. dónde: s= silvestre y dm= domesticada

Plantas principales

El maíz es la planta identitaria presente en los ocho rituales sincretizados, formando parte en los componentes comida, estructura y semillas; la calabaza y el chile en los mismos componentes en siete rituales. El carrizo se usa en el ritual del Inicio del año mexicana- Virgen de la candelaria, Petición de lluvia- Centro ceremonial, Huentele a los aires- San Juan Bautista y Fertilidad Vegetal- Virgen de la Asunción en los componentes comida, estructura y accesorios de los danzantes. Asimismo, el cacahuete es usado en la festividad de bendición de las semillas- San Isidro Labrador y primeras cosechas- San Miguel Arcángel, en los componentes comida, estructura y semillas. Además, el ajonjolí y frijol se encuentran en la ceremonia de bendición de las semillas- San Isidro Labrador en los componentes estructura y semillas (Tabla 3).

Tabla 3. Plantas principales en los rituales sincretizados y sus componentes.

Plantas	Rituales sincretizados	Componentes
Maíz	1,2,3,4,5,6,7,8	Cm, Estr, Sm
Calabaza	1,2,3,4,5,7,8	Cm, Estr, Sm
Chile	1,2,3,4,5,7,8	Cm, Estr, Sm
Carrizo	1,2, 4,5	Cm, Estr, Acc
Cacahuatate	3,6	Estr, Sm
Ajonjolí	3	Estr, Sm
Frijol	3	Estr, Sm

Componentes: Cm= comida, Estr= estructura, Sm= Semillas, Acc=Accesorios en los danzantes; Ceremonias: 1= Inicio del año mexica- Virgen de la Candelaria, 2= Petición de lluvia- Centro ceremonial, 3= Bendición de las semillas- San Isidro Labrador, 4= Huentele a los aires- San Juan Bautista, 5= Fertilidad vegetal- Virgen de la Asunción, 6= Primeras cosechas- San Miguel Arcángel 7= Fin de las cosechas- Ofrenda día de muertos.

Análisis de similitud de las especies frecuentes en las ofrendas de todos los rituales

La afinidad de especies usadas en los diferentes rituales sincretizados relacionados al ciclo agrícola en Coatetelco, permitió reconocer dos conjuntos de plantas con 37% de similitud, el primero integrado por el cempaxúchitl, el plátano, el copal, la calabaza, el chile, el maíz y la caña con el 52% de similitud y el segundo conformado por la canela, las gerberas y la nube con el 60% de similitud. Dentro del primer grupo se nota la diferenciación de subgrupos donde se observan las mayores asociaciones entre la calabaza, el chile, el maíz y la caña con el 87% de similitud, de estas surgen dos asociaciones perfectas la primera calabaza-chile y la segunda maíz-caña (Fig. 3).

Es importante mencionar que la caña solo está presente en el producto azúcar y por tanto es solo un ingrediente secundario, mientras el maíz, la calabaza y el chile son las especies básicas, que además, corresponden a la triada del sistema mesoamericano *milpa*. De las diez especies con mayor frecuencia de mención el 71% son nativas para México.

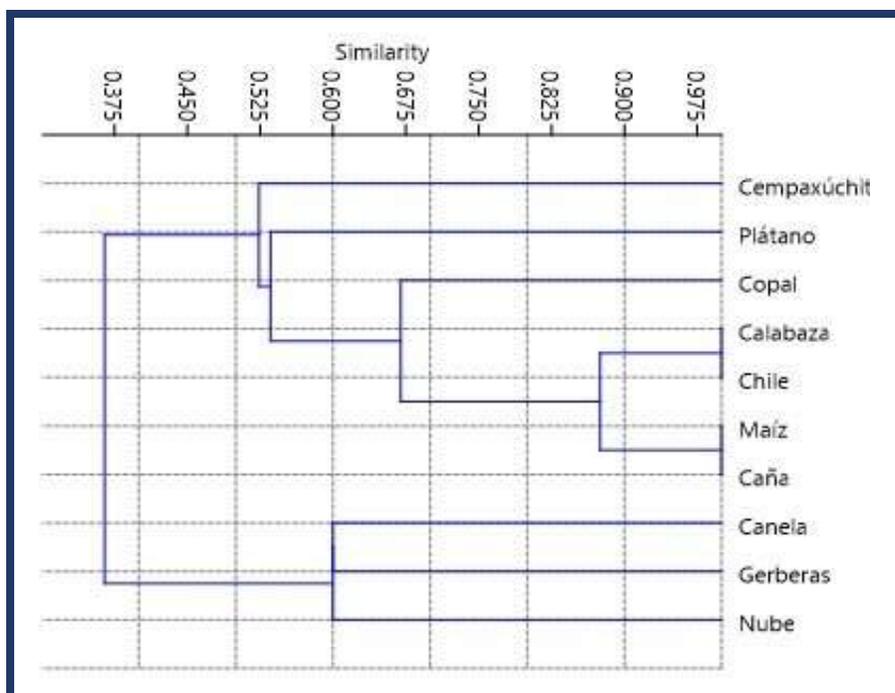


Fig. 3. Análisis de similitud de las especies frecuentes en las ofrendas de todos los rituales sincretizados.

Análisis del componente comida

Las especies presentes en el componente comida se muestran en el cuadro de presencia-ausencia (Tabla 4), en el elemento tamales nejos se observa la presencia de maíz y carrizo, para el mole verde la calabaza y chile todos forman el tradicional *huentle*. De estas cuatro el 75% son nativas.

En general en el componente destaca el maíz con el 42.85%, el chile y la caña con el 28.57% cada una, quedando la calabaza con un bajo porcentaje, sin embargo, los informantes la consideran fundamental, lo cual se evidencia en la asociación calabaza, chile, maíz y caña (Fig. 3).

Tabla 4. Plantas del componente comida y frecuencia de presencia- ausencia.

	Elementos							Frecuencia
	Tamales nejos	Mole verde	Tortillas	Caldo de pescado	Calabaza dulce	Tamales dulces	Pan (marquesote)	
Trigo	0	0	0	0	0	0	1	14.28%
Maíz	1	0	1	0	0	1	0	42.85%
Carrizo	1	0	0	0	0	0	0	14.28%
Calabaza	0	1	0	0	0	0	0	14.28%
Chile	0	1	0	1	0	0	0	28.57%
Calabaza dulce	0	0	0	0	1	0	0	14.28%
Caña	0	0	0	0	1	1	0	28.57%
Anís	0	0	0	0	0	1	0	14.28%
Canela	0	0	0	0	0	1	0	14.28%

Análisis de la componente bebida

En la bebida están presentes el cacao nativo para México, la canela y la caña para la elaboración del chocolate, la última especie tiene el 100% de frecuencia de presencia, porque se usa como un ingrediente secundario para la preparación del tepache o *Xopelli* y del agua de sabor (Tabla 5). Las dos primeras bebidas son complementarias con la comida para la integración del *Huentle*.

Tabla 5. Plantas del componente bebida y frecuencia de presencia- ausencia.

	Elementos			Frecuencia
	Chocolate	Tepache o <i>Xopelli</i>	Agua de sabor	
Cacao	1	0	0	33.3%
Canela	1	0	0	33.3%
Caña	1	1	1	100%
Limón	0	1	0	33.3%
Tamarindo	0	0	1	33.3%
Sandía	0	0	1	33.3%

Variedades reconocidas en la comunidad

De las 59 plantas reportadas, los informantes clave reconocen 10 variedades (Tabla 6):

Tabla 6. Cultivos y variedades reconocidas por la comunidad.

Nombre común	Variedades reconocidas por la comunidad
Maíz	Costeño, híbrido 535 y prieto
Frijol	Peruano, mayo, chino y negro
Chile	Criollo, serrano y guajillo

Componentes, especies y variedades de cada ritual

Inicio del año mexica- Virgen de la candelaria. El primer ritual sincretizado vinculado con el ciclo agrícola en Coatetelco inicia el 21 enero y culmina el 1 febrero. Se reportan seis componentes de la ofrenda con un total de 24 especies vegetales, el pollo y el tequesquite que es una sal compuesta por diferentes minerales que se utiliza desde la época prehispánica para elaborar alimentos.

La comida: la integran los tamales y el mole verde, las plantas usadas para los primeros son la semilla y la hoja de maíz (*Zea mays* L.) y como condimento el tequesquite y la ceniza de la combustión de la leña que usan para cocinar. El mole lo elaboran con semilla de la calabaza de pipián (*Cucurbita pepo* L.), le agregan pollo (*Gallus gallus domesticus*) y algunas veces lo complementan con chile (*Capsicum annumm* L.). La bebida: está integrada por el chocolate caliente, las especies usadas son el cacao (*Theobroma cacao* L.); la canela (*Cinnamomum verum* J. Presl) y caña en forma de piloncillo (*Saccharum officinarum* L.). La estructura: en este componente se encuentra la enramada que se realiza con el carrizo (*Arundo donax* L.) y tule (*Thypha domingensis* Pers.) en el cual se alberga la ofrenda y la virgen de la candelaria. La ornamentación: la componen las siguientes plantas haciendo énfasis en sus flores, estas son: las

gladiolas (*Gladiolus gandavensis* Van Houtte), nardos (*Polianthes tuberosa* L.), ave de paraíso (*Strelitzia reginae* Aiton), rosas (*Rosa x hybrida* L.), girasol (*Helianthus annuus* L.), anturios (*Anthurium andraeanum* Linden ex André), gerberas (*Gerbera jamesonii* Adlam), alhelís (*Matthiola incana* L.), nube (*Gypsophila paniculata* L.), copal (*Bursera copallifera* (Sessé & Moç. ex DC.) Bullock) del cual se utiliza la resina, palma camedora (*Chamaedorea elegans* Mart.) y plátano (*Musa paradisiaca* L.) de estas dos últimas se hace referencia a sus hojas. Los accesorios de los danzantes: lo integran el carrizo y el otate (*Otatea acuminata*), las cuales se pueden observar en la vestimenta, específicamente en los tecuanes.

Petición de lluvia- Centro ceremonial. El ritual se realizó el día 17 de marzo de 2019 en el centro ceremonial de Coatetelco, localizado en el cerro del *momostle*, en el punto más alto donde se puede apreciar la laguna de la comunidad. La ofrenda tiene tres componentes con nueve especies vegetales, un animal y un mineral. Esta fecha presenta ajustes alrededor del 21 de marzo que inicia la primavera, debido al propósito principal de rescatar usos y costumbres del poblado e involucrar a escuelas y turistas, este ritual se realiza desde el 2017, es decir, que esta es la primera vez que se documenta.

La comida: la integran los tamales y el mole verde, las plantas usadas para los primeros son la hoja de carrizo y la semilla de maíz con la cual se elaboran pequeños tamalitos los cuales forman un tamal de mayor tamaño envuelto en la hoja de maíz y como condimento el tequesquite y la ceniza de la combustión de la leña que usan para cocinar, en este ritual se observó cómo se incluye el carrizo y una variante de tamales característicos en la petición de lluvia. La bebida: es el tepache o *Xopelli* preparado con jugo de limón (*Citrus aurantiifolia* (Christm.) Swingle), piloncillo el cual es obtenido de la caña y alcohol. La ornamentación: la integran el compaxúchitl (*Tagetes erecta* L.), el copal del cual se utiliza la resina, la hoja de plátano sobre esta se coloca la ofrenda y las banderitas de ocote (*Pinus sp.*) adornadas con listones de colores.

Bendición de las semillas- San Isidro Labrador. El tercer ritual vinculado con el ciclo agrícola en Coatetelco se realiza el 15 de mayo, está sincretizado con San Isidro Labrador. En los cinco componentes de la ofrenda se reportan 21 especies vegetales, pollo y pescado. Maldonado (2005) documenta este ritual en la fecha del inicio del año mexicana aproximadamente en 1950; sin embargo, no describe el desplazamiento en los diferentes parajes rituales, porque tiene aproximadamente 12 años de realización por tanto es la primera vez que se documenta.

La comida: la integra el caldo rojo con pescado, en este se utiliza el chile y la mojarra tilapia (*Oreochromis sp.*) la cual es extraída de la laguna de la comunidad. La bebida: como el chocolate caliente y el agua de sabor tamarindo (*Tamarindus indica* L.) endulzado con azúcar de caña. La estructura: consiste en un arco de madera decorado con las semillas de maíz, frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chile, calabaza, cacahuate (*Arachis hypogaea* L.), lenteja (*Lens culinaris* Medik.), café (*Coffea arabica* L.), ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), papaya (*Carica papaya* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y arroz (*Oryza sativa* L.) de las primeras cuatro especies se pueden ubicar en el arco las semillas de las variedades reconocidas por la comunidad (Tabla 6). La ornamentación: compuesta por flores como gerberas, nube, crisantemo (*Chrysanthemum sp.*) y una hierba sin identificar.

Huentle a los aires- San Juan Bautista. El ritual se realiza el 23 de junio presenta tres componentes en los que se registran ocho especies vegetales, un animal y un mineral. La comida: la integran los pequeños tamalitos que conforman un tamal de mayor tamaño y el mole verde. La bebida: es el tepache o *Xopelli*. La ornamentación: la conforman banderitas de ocote adornadas con listones de colores y la resina de copal como aromatizante.

Fertilidad vegetal- La Virgen de la Asunción. Ritual que tiene dos periodos en su realización, el primero es del 13 al 15 de agosto y el segundo el día 28 del mismo mes, se desarrolla en el

cerro del Teponasillo. En los cuatro componentes de la ofrenda se reportan 23 especies vegetales, un animal y un mineral.

La comida: la integran frutos como manzana (*Malus domestica* Borkh), sandía (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai), plátano, uvas (*Vitis vinifera* L.), melón (*Cucumis melo* L.), durazno (*Prunus persica* (L.) Batsch), papaya y piña (*Ananas comosus* (L.) Merr). El segundo periodo integrado por los tamales conformados de los de menor tamaño y el mole verde. La bebida: es el tepache o *Xopelli*. La estructura: referida a un arco de flores elaboradas de la planta cucharilla (*Dasylyrion lucidum* Rose.) las cuales son colocadas en una estructura de metal. La ornamentación: se registran las flores de nardos, gladiolas, girasol, gerberas, cempaxúchitl, rosas y lilis. El plátano haciendo referencia a sus hojas y las banderitas de ocote decoradas con listones de colores.

Ofrenda de las primeras cosechas- San Miguel Arcángel. El sexto ritual vinculado con el ciclo agrícola en Coatetelco se realiza el 27 y 28 de septiembre en el panteón del poblado. En los tres componentes de la ofrenda se reportan 23 especies vegetales y un mineral.

La comida: compuesta por maíz tierno o elotes hervidos con el mineral y tamales complementados con canela y anís (*Tagetes multifida* DC.). Los frutos: plátano, uvas, manzana, ciruela (*Spondias purpurea* L.), guayaba (*Psidium guajava* L.), pera (*Pyrus communis* L.) y cacahuete. La calabaza en dulce (*Cucurbita moschata* Dush) a la cual le agregan piloncillo. La estructura: incluye dos arcos el primero colocado en la calle que dirige al panteón del pueblo este es compuesto por tule, bambú (*Bambusa vulgaris* Schrad.) y cañas de maíz. El segundo es instalado en algunas tumbas el cual es elaborado con caulote (*Guazuma ulmifolia* Lam) decorado con flores de pericón (*Tagetes lucida* Cav.) y San Miguel (*Zinnia elegans* Jacq). La ornamentación: en este componente se registran las flores de pericón, tlapaneca (*Montanoa grandiflora* Alaman ex DC), rosas, ave de paraíso, nube, gladiolas, gerberas y San Miguel.

Ofrenda de la calabaza- San Simón. Se realiza el 27 y 28 de octubre. En los dos componentes de la ofrenda se reportan 12 especies vegetales, el pollo y el tequesquite.

La comida: la integran los tamales, el mole verde y la calabaza en dulce. La ornamentación: la hacen con las flores de terciopelo (*Celosia argentea* L.), lilis, gerberas, cempaxúchitl y para aromatizar copal.

Fin de las cosechas- Día de muertos. El ultimo ritual vinculado con el ciclo agrícola en Coatetelco es el 31 de octubre y 1 de noviembre. En los cuatro componentes de la ofrenda se reportan 18 especies vegetales, un animal y un mineral.

La comida: son los tamales, el mole verde y frutas como manzana, plátano, naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), sandía y guayaba. La bebida: está integrada por el chocolate caliente. Además, se observan otras bebidas como los refrescos y cervezas envasadas. La estructura: integrada por el *Huatapextle* que es de origen prehispánico y está hecho de acahual (*Simsia amplexicaulis* (Cav) Pers.), es la base de la ofrenda colgante, varía de tamaño de acuerdo a la familia y a sus posibilidades económicas. La ornamentación: compuesta por las flores típicas para dicha festividad que son terciopelo, cempaxúchitl y clemolito (*Tagetes patula* L.). Algunas familias colocan la hoja de plátano como mantel sobre el *huatapextle*.

DISCUSIÓN

El presente trabajo etnobotánico reporta ocho rituales sincretizados vinculados al ciclo agrícola, dos de ellos documentados por primera vez. En total se ofrendan 59 especies de plantas. Cinco de ellos fueron descritos con enfoque antropológico por Maldonado (2005); Reynoso & Castro

(2002). Para México solo se encontraron listados libres de plantas, en su mayoría sin identificación taxonómica, otros autores también han descrito la organización de los rituales (Arredondo-Marín, 2010; Broda & Montúfar, 2013; Good, 2013; Mendoza-Trejo, 2013; Román, 2017; Saldaña, 2010; Serafino, 2015).

En las ofrendas de Coatetelco se registraron seis componentes, que se consideran como un aporte de la presente investigación, toda vez que los estudios antropológicos solo engloban lo ofrendado y no clasifican como se sugiere en este documento; y algunos trabajos etnobotánicos como el de Basurto *et al.*, (2018) hacen una clasificación de acuerdo a su uso, enfatizando solo en la comida y arco.

Las especies “principales” de los ocho rituales sincretizados de Coatetelco (Fig. 3) son el maíz, la caña, la calabaza y el chile, su frecuencia de presencia les otorgan una similitud alta, cabe resaltar que de este grupo la caña y el chile no son ingredientes básicos en la elaboración de los componentes. El maíz está presente en todos los rituales; la calabaza en siete, ambas en los componentes comida, estructura y semillas (Tabla 3). Se resalta que las dos especies son consideradas plantas identitarias, porque son nativas para México y tal como lo refieren Broda & Montúfar, 2013; Maldonado, 2004; Saldaña, 2010 desde la cosmovisión mesoamericana una ofrenda no se imagina sin estas; además, son base en la alimentación tradicional (Linares & Bye, 2014).

El chile, no es principal en la elaboración del componente comida, es un ingrediente secundario, aunque si forma parte de la triada mesoamericana; además, para este estudio se encuentra en siete rituales (Fig. 3) y en los mismos componentes que el maíz y la calabaza (Tabla 3).

El frijol, solo está presente en los componentes estructura y semillas (Tabla 3); sin embargo, es importante mencionarlo, porque junto con el maíz y chile la comunidad les reconoce diez variedades (Tabla 6). El cempaxúchitl se ofrenda como ornamentación en cuatro rituales y es nativa de México (Fig. 3), además como lo refieren Linares & Bye (2014) es una flor característica del día de muertos.

El cacao es una especie principal para la elaboración del componente bebida, es nativa de América tropical y en la época prehispánica fue considerada moneda de cambio e indispensable para la elaboración del chocolate la cual era una bebida ofrendada a los dioses (Cervantes & Gómez, 2018), de igual forma en las comunidades nahuas del sur de Morelos es parte primordial del *huentle*. Además, en este trabajo se reporta que algunas veces se sustituye por el tepache o *Xopelli*, porque también la consideran bebida ritual, por tanto, el cacao y el limón están presentes en la tabla de frecuencia del componente bebida (Tabla 5), la sustitución referida se observó en tres rituales. Sin embargo, es evidente el ingreso de bebidas embotelladas e industrializadas en las ofrendas.

El carrizo no es considerada especie identitaria, pero está presente en cuatro rituales en igual número de componentes, en estos últimos se retoman los accesorios de los danzantes, porque está siendo desplazado el tallo de la planta por un material industrializado.

Los estudios etnobotánicos de las ofrendas como ya se mencionó, solo describen uno o dos rituales, enfatizando en el día de muertos, para este último en Coatetelco se reportan 18 especies en los componentes comida, bebida, estructura y ornamentación; de estas ocho son nativas para México. Para esta festividad en Chicontepec, Veracruz; Basurto *et al.*, 2018 refieren 27, de ellas 20 son nativas; todas clasificadas únicamente en comida y arco, la discrepancia en el número plantas y de componentes es probable que se deba a la diferencia de los tipos vegetación entre ambas áreas.

En Coatetelco, las especies nativas que se encontraron en uso en los ocho rituales son 21, de estas nueve son silvestres, como el tule, el acahual, el caulote y la cucharilla. Esta última,

también la reportan Mata-Labrada (2011) y Escobar-Fuentes (2016) como parte de los adornos o de los altares en las celebraciones del día de muertos. Además, el segundo autor incluyó la festividad del Santo Patrono Santiago Apóstol, que también se relaciona con el ciclo agrícola, reportando 18 especies de estas cinco son silvestres.

El uso y manejo de las especies vegetales que se reportan en los rituales sincretizados se ve amenazado por diversos factores, entre ellos la pérdida del conocimiento tradicional que se refleja en la mayoría de las ofrendas en la sustitución de especies nativas por exóticas, de bebidas tradicionales por embotelladas, de partes de plantas que se usan como adornos en las vestimentas de los danzantes por materiales industrializados (Fig. 4), y de estructuras prehispánicas como el *huatapextle* (Fig. 5) que solo se localizó en una casa, porque se requiere de trabajo especializado para su elaboración; el desconocimiento de los territorios particularmente de los sitios donde se ofrenda por falta de interés de las nuevas generaciones; así como el emplazamiento de megaproyectos.



Fig. 4. Vestimenta de los danzantes.



Fig. 5. Huatapextle.

Respecto a la unidad productiva de procedencia de las especies usadas en los rituales, del patio se obtienen 17 especies de las 99 que reporta Monroy-Martínez *et al.* (2017) para esta unidad de Coatetelco, es decir, el 17.17% se ofrendan en los diferentes componentes, sin embargo, estos autores solo refieren el 2% con valor de uso místico-religioso asociadas únicamente al día de muertos. Por otra parte, Sotelo-Barrera *et al.*, (2017) de las 65 especies que registro en los patios solo el 9% están presentes en las ofrendas.

De las 59 especies reportadas en el presente estudio el 55.93% se obtienen únicamente del mercado nacional y local. De acuerdo, con Colín-Bahena *et al.* (2018) en el tianguis regional de Coatetelco se comercializan 33 especies de plantas de estas 11 se usan para las ofrendas. El 63.63% se obtienen de las parcelas de la comunidad y posteriormente se mercadean.

La parcela y el patio proveen 10 plantas que también llegan a comercializarse en el mercado de la comunidad, sobresale el maíz, calabaza y chile. Cabe resaltar, que de la parcela se obtienen elementos básicos para la alimentación, sin embargo, presenta riesgo de ser transformada hacia la agricultura industrial o monocultivos como también lo refieren Colín-Bahena *et al.* (2018), por lo que la permanencia de los rituales agrícolas sincretizados demanda la conservación de las especies identitarias que se cultivan localmente y por tanto de ésta unidad productiva.

Del cerro se colectan el acahual, el caulote, el carrizo, el bambú, el otate y el anís todas silvestres y por tanto nativas. El manejo del acahual para las festividades estudiadas aporta no solo a la conservación de la especie, sino también de la cultura, porque se usa para elaborar el *huatapextle* estructura colgante que le da identidad a la comunidad; sin embargo, se está perdiendo por falta de interés de las nuevas generaciones, además, en el sismo del año 2017 colapsaron las casas de adobe que estaban adaptadas para colgar las ofrendas.

El uso del caulote puede estar en riesgo, porque solo una familia realiza los arcos con esta especie. El caso del acahual y otate, especies nativas de México, son escasamente usadas debido

a la fuerza de trabajo que se requiere para la colecta y la elaboración de las estructuras que forman parte de la ofrenda, por lo que se está perdiendo este conocimiento tradicional. El tule es la única especie que se obtiene de la laguna.

Del matorral de la comunidad náhuatl de San Simón Yehualtepec, Puebla se recolecta la cucharilla para la elaboración de arcos en el ritual fertilidad vegetal- primeras cosechas, lo que evidencia las interacciones con otras comunidades indígenas del país, es decir, que el uso de las plantas por los pueblos originarios se amplía a otros territorios con los que interactúan culturalmente; en este caso, la forma de pago es a través del trueque, los participantes llevan a la ayudantía de los donantes diferentes plantas solicitadas con anterioridad; otra forma de retribución de las plantas obtenidas fuera del territorio es monetaria como lo menciona Mata-Labrada (2011).

Los elementos que se registraron como identitarios dentro de los componentes comida y estructura son el *huentle* y el *huatapextle*. En el primero se ubican especies básicas e identitarias en la alimentación tradicional como el maíz, la calabaza y el chile, este elemento se acompaña con el chocolate y tepache o *Xopelli* que de acuerdo a Cervantes & Gómez (2018) son bebidas ofrendadas a los dioses, por tanto, preservan la cosmovisión de las comunidades nahuas.

El *huatapextle* se considera elemento identitario de Coatetelco, debido a que es la única comunidad de Morelos que realizan sus ofrendas colgantes. Sin embargo, el manejo del acahual planta con la que se elabora se está perdiendo, ante lo cual, los pobladores realizan eventos culturales como un mecanismo para difundir sus tradiciones y así conservar su cosmovisión y especies, elementos y componentes identitarios.

Entre las plantas identitarias que se comparten con la comunidad nahua de estado de Morelos resalta el pericón que tiene un estrecho vínculo con el ciclo agrícola, la tradición de colocarla es una creencia que establece fuertes lazos ceremoniales entre los pueblos y constituye un factor de identidad, lo que Sierra (2007) considera que les otorga un sentido de pertenencia. La *periconeada* en el sur de la entidad no solo se observa en Coatetelco, también Saldaña (2010) la reporta en Alpuyecá y Atlacholaya, tradición que refuerza la identidad nahua del territorio.

CONCLUSIONES

Las ofrendas en los rituales sincretizados y asociados al ciclo agrícola permiten la conservación de especies vegetales entre las reportadas se ubican como “principales e identitarias” el maíz *Zea mays* L., la calabaza *Cucurbita pepo* L. y el chile *Capsicum annuum* L con sus respectivas variedades locales, básicas en la alimentación del pueblo nahua, a las que se suman el pericón *Tagetes lucida* Cav y el cempaxúchitl *Tagetes erecta* L.

La diversidad vegetal proveniente de las unidades productivas que manejan localmente y de otras comunidades nahuas de México, así como del mercado regional, se transforma con base en el trabajo social en estructuras y comidas de origen prehispánico que cumplen la función de ofrenda., referido el primer caso a el *huatapextle* y el segundo al *huentle*, que le otorgan a Coatetelco sentido de pertenencia y un vínculo estrecho con el ciclo agrícola, que en suma ha permitido la conservación parcial de la diversidad biocultural.

La diversidad biocultural en riesgo debe protegerse revalorando las ofrendas con énfasis en las especies “principales” y los elementos “identitarios” a través de la integración de las nuevas generaciones, al respecto los informantes participantes en el presente trabajo han solicitado un libro de divulgación en el que se incluyan los ocho rituales documentados.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada durante la elaboración del presente trabajo. A los habitantes de la comunidad de Coatetelco, particularmente al señor Roberto Solís, a la señora Anselma Ponciano, a la maestra Teódula Alemán, al señor Vicente Macedonio y al señor Amado Lozada por permitirnos participar en sus rituales y sobre todo gracias por su disponibilidad y aportes a la investigación.

LITERATURA CITADA

- Acosta, S. (2004). Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales Del Instituto de Biología Serie Botánica*, 75(1), 61–72.
- Alarcón-Cháires, P. (2018). Bioculturalidad y conservación de la naturaleza. In V. M. Toledo & P. Alarcon-Cháires (Eds.), *Tópicos bioculturales. Reflexiones sobre el concepto de bioculturalidad y la defensa del patrimonio biocultural de México* (pp. 89–98). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Albor-Pinto, C., Tun-Garrido, J., & Ortiz-Díaz, J. J. (2017). Diversidad, estructura y afinidades florísticas de un bosque temporalmente inundable de la Península de Yucatán. *Revista de Biología Tropical*, 65(3), 868–880. <https://doi.org/10.15517/rbt.v65i3.26341>
- Ancona, J. J., Ruenes-Morales, R., Huchim-Herrera, J., Montañez-Escalante, P. I., & González-Iturbe, J. A. (2019). Woody species structure, diversity and floristic affinities in seasonally dry forest in the Uxmal archaeological zone. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22, 755–767. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Arredondo-Marín, C. H. (2010). Las ofrendas en San Andrés de la Cal: ritual agrario prehispánico en el siglo XXI. In N. G. Gutiérrez-Serrano (Ed.), *Relatos, conocimientos y aprendizaje en torno al cultivo del maíz en Tepoztlán, Morelos* (pp. 155–179). CRIM-UNAM. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Basurto, F., Mendoza, M., Hernández, V., & Martínez, E. (2018). Los elementos vegetales del Arco de Xantolo en la Huasteca, Chicontepec, Veracruz, México. *Revista Etnobiología*, 16(3), 5–17.
- Boff, L. (2008). *La opción-Tierra: la solución para la Tierra no cae del cielo*. Sal Terrae.
- Brisset, D. E. (1999). Acerca de la fotografía etnográfica. *Gazeta de Antropología*, 15, 1–13.
- Broda, J., & Montúfar, A. (2013). Figuritas de amaranto en ofrendas mesoamericanas de petición de lluvias en Temalacatzingo, Guerrero. In Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Ed.), *Identidad a través de la cultura alimentaria. Memoria simposio* (pp. 131–153).
- Cano-Ramírez, M., De La Tejera, B., Casas, A., Salazar, L., & García-Barríos, R. (2012). Migración rural y huertos familiares en una comunidad indígena del Centro de México. *Botanical Sciences*, 90(3), 287–304. <https://doi.org/10.17129/botsci.391>
- Casas, A., Camou, A., Otero-Arnaiz, A., Rangel-Landa, S., Cruse-Sanders, J., Solís, L., Torres, I., Delgado, A., Moreno-Calles, A. I., Vallejo, M., Guillén, S., Blancas, J., Parra, F., Farfán-Heredia, B., Aguirre-Dugua, X., Arellanes, Y., & Pérez-Negrón, E. (2014). Manejo tradicional de biodiversidad y ecosistemas en Mesoamérica: el Valle de Tehuacán. *Investigación Ambiental*, 6(2), 23–44. https://www.researchgate.net/publication/314090302_Manejo_tradicional_de_biodiversidad_y_ecosistemas_en_Mesoamerica_el_Valle_de_Tehuacan
- Centurión, D. (2017). Los alimentos presentes en los altares de muertos como patrimonio biocultural del estado de Tabasco. In D. Oseguera Parra & H. Salas Quintanal (Eds.), *México rural ante los retos del siglo XXI. El patrimonio biocultural y los saberes tradicionales en el campo mexicano*. (Tomo V. AM, pp. 11–23).
- Cervantes, M., & Gómez, D. (2018). El huentle en tres pueblos de Morelos. Análisis biocultural. In E. Y. Peña Sánchez & L. Hernández Albarrán (Eds.), *Biodiversidad, patrimonio y cocina. Procesos bioculturales sobre alimentación-nutrición*.

- Colín-Bahena, H., Monroy-Martínez, R., & Rodríguez-Chávez, J. M. (2016). Traditional management units, the base of community conservation in Morelos, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 22(1), 7–27. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.10.045>
- Colín-Bahena, H., Monroy, R., Velázquez-Carreño, H., García-Flores, A., & Monroy-Ortíz, C. (2018). El tianguis de Coatetelco, Morelos: articulador de la conservación biocultural en el territorio. *Etnobiología*, 16(2), 87–97.
- CONAPO. (2015). *Índice de marginación por entidad federativa y municipio*. <https://www.gob.mx/conapo/documentos/indice-de-marginacion-por-entidad-federativa-y-municipio-2015>
- Delgado, D. (2007). La petición de lluvia en la región centro-montaña de Guerrero y su importancia en la conservación de Recursos Naturales. *Revista Brasileira de Agroecología*, 2(1), 131–135.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruíz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación En Educación Médica*, 2(7), 162–167. <https://doi.org/10.1109/IAEAC.2017.8054186>
- Escobar-Fuentes, T. (2016). *Importancia cultural y prácticas de manejo de las plantas asociadas a dos rituales totonacosen la Sierra norte de Puebla*. Universidad Veracruzana.
- Farfán-Morales, M. O. (2010). Plantas de uso ceremonial. In M. A. Alvarado Vázquez, A. Rocha Estrada, & S. Moreno Limón (Eds.), *De la lechuguilla a las biopelículas vegetales. Las plantas útiles de Nuevo León* (pp. 161–177). Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Fierro, U. (2007). Tradición oral y vida ritual en San Bartolomé Atlacholoaya, Morelos. Y les amaneció... *Regiones Suplemento de Antropología*, 28, 5–6.
- Gámez, A. (2003). El ciclo agrícola ritual en una comunidad popoloca del sur de Puebla. *Graffylia: Revista de La Facultad de Filosofía y Letras*, 1(2), 39–53. <https://biblat.unam.mx/es/revista/graffylia/articulo/el-ciclo-agricola-ritual-en-una-comunidad-popoloca-del-sur-de-puebla>
- García, E. (1964). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köeppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)*. (Instituto de Geografía UNAM México (ed.)).
- Gómez- Arzapalo, R. A. (2011). Las fiestas de los santos en contextos campesinos de origen indígena. *Elementos*, 83, 9–14.
- Gómez- Arzapalo, R. A. (2012). El ritual y la fiesta de la cruz en Acatlán, Guerrero. *Elementos*, 86, 33–40.
- Good, C. (2013). Usos de la comida ritual entre nahuas de Guerrero. *Amérique Latine Histoire et Mémoire. Les Cahiers ALHIM*. <http://journals.openedition.org/alhim/4505>
- Hammer, O., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica*, 4(1), 9.
- Hernández- Sampieri, R., Fernández- Collado, C., & Baptista- Lucio, M. del P. (2010). *Metodología de la investigación* (Mc Graw Hill (ed.); Quinta).
- Instituto Nacional de Antropología e Historia. (2016). *Festividades indígenas, una reelaboración sincrética de símbolos y creencias*. 62. <https://www.inah.gob.mx/boletines/5063-festividades-indigenas-una-reelaboracion-sincretica-de-simbolos-y-creencias>
- Juárez, A. M. (2007). Aspectos etnográficos del ritual petición de lluvias, el culto a los aires en San Andrés de la cal, Morelos. 9–10. <http://regiones.ursaminor.mx/pdf/Regiones28.pdf>
- Linares, E., & Bye, R. (2014). Flora que ha aportado México al mundo. *Arqueología Mexicana*, 22(130), 52–59. <https://arqueologiamexicana.mx/mexico-antiguo/flora-que-ha-aportado-mexico-al-mundo>
- Lincoln, R. J., Boxshall, G. A., & Clark, P. F. (2009). *Diccionario de ecología, evolución y taxonomía* (Fondo de Cultura Económica (ed.)).
- Maldonado, D. (2004). El culto a los muertos en Coatetelco (una perspectiva histórica y etnográfica). In J. Broda & C. Good (Eds.), *Historia y vida ceremonial en las comunidades mesoamericanas: ritos agrícolas* (pp. 177–197). Instituto Nacional de Antropología e Historia.

Recibido:
20/noviembre/2020

Aceptado:
5/julio/2021

- Maldonado, D. (2005). *Religiosidad indígena. Historia y etnografía: Coatetelco, Morelos*. (Instituto Nacional de Antropología e Historia (ed.)).
- Martín-Crespo, M. C., & Salamanca-Castro, A. B. (2007). El muestreo en la investigación cualitativa. *Nure Investigación*, 27. <http://www.sc.edu.es/plwlmuj/ebalECTS/praktikak/muestreo.pdf>
- Martínez, P., Mejía, J. de los Á., Meshoulan, D., & Gallegos, R. (2002). *Pueblos indígenas de Morelos: Resistencia y cambio*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Mata-Labrada, F. (2011). Ecología y festividad relacionadas con la utilización de la flora en Tequila, Veracruz. Un poblado entre el bosque de niebla. *ULÚA. Revista de Historia, Sociedad y Cultura*, 18, 143–175.
- Mata-Labrada, F. (2013). Etnografía y ecología en relación al uso ritual y ceremonial de tres especies botánicas: *Gaultheria acuminata*, *Dasyllirion acrotriche* y *Tillandsia usneoides*. In A. Conde, P. A. Ortiz, A. Delgado, & F. Gómez (Eds.), *Naturaleza-Sociedad. Reflexiones desde la complejidad* (pp. 151–168). Universidad Autónoma de Tlaxcala. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2208.9123>
- Maya, V. (2016). La actualidad de los rituales agrícolas mesoamericanos. La fiesta de la Santa Cruz y de San Isidro Labrador en dos municipios mazahuas de México. *Diálogo Andino*, 49, 131–136.
- Mendoza-Trejo, M. (2013). La celebración del día de muertos en la huasteca. *Claustronomía. Revista Gastronómica Digital*. <https://www.elclaustronoma.mx/claustronomia/index.php/investigacion/item/168-la-celebracion-del-dia-de-muertos-en-la-huasteca>
- Miranda, F., & Hernández-X, E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Botanical Sciences*, 28, 29–179. <https://doi.org/https://doi.org/10.17129/botsci.1084>
- Monroy-Martínez, R., García-Flores, A., & Monroy-Ortiz, C. (2017). Plantas útiles de los huertos frutícolas tradicionales de Coatetelco, Morelos, México frente al potencial emplazamiento minero. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 3(3), 87–97. <https://doi.org/10.30973/aap/2017.3.3/3>
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. In *M&T-Manuales y Tesis SEA* (CYTED-ORCY, p. 84).
- Reynoso, I., & Castro, J. (2002). *Notas Etnográficas: Coatetelco* (PACMYC (ed.)).
- Román, E. (2017). Ritos y milpas en Amatlán de Quetzalcoatl, Tepoztlán, Morelos, México. *Relaciones Estudios de Historia y Sociedad*, 151, 193–229. <https://doi.org/10.24901/rehs.v38i151.332>
- Saldaña, M. C. (2010). *Ritual agrícola en el suroeste de Morelos: la fiesta de la Ascensión* (Plaza y Valdés (ed.)).
- SEDESOL. (2013). *Catálogo de localidades*. <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/contenido.aspx?refnac=170150004>
- Serafino, G. (2015). La fiesta de San Miguel en la montaña nahua de Guerrero. *Cuicuilco*, 22(63), 207–227.
- Sierra, D. (2007). *El demonio anda suelto, el poder de la cruz de pericón*. Instituto Nacional de Antropología e Historia.
- Sotelo-Barrera, M., García-Moya, E., Romero-Manzanares, A., Monroy, R., & Luna-Cavazos, M. (2017). Arboreal structure and cultural importance of traditional fruit homegardens of Coatetelco, Morelos, Mexico. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 23(1), 137–153. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2016.01.002>
- Taylor, S. J., & Bogdan, R. (1992). Introducción a los métodos cualitativos en investigación. La búsqueda de los significados. In *Ed.Paidós, España* (pp. 100–132).
- Toledo, V. M., & Barrera-Bassols, N. (2008). *La memoria biocultural. La importancia ecológica de las sabidurías tradicionales* (Icaria (ed.)). <https://doi.org/10.14198/cdbio.2009.30.04>
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M., & Umaña, A. M. (2004). Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad. In *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad* (pp. 185–227). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.