

SEP

POLIBOTÁNICA

ISSN 1405-2768

ISSN 2395-9525

Julio 2026

Núm. 62

POLIBOTÁNICA



Núm. 62

Ciencia y
Tecnología

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación

Julio 2026



PÁG.

CONTENIDO

- 1 Diversidad florística asociada a *Clinopodium macrosternum* y *Litsea glaucescens* en un bosque de encino-pino en Oaxaca, México
Floristic diversity associated to *Clinopodium macrosternum* and *Litsea glaucescens* in an oak-pine forest in Oaxaca, México
Jarquin-Rosales Domitila | Campos Angeles Gisela Virginia | Reyes-Hernández Valentín José | Lozano-Trejo Salvador | Alpuche-Osorno Juan José | Rodríguez-Ortiz Gerardo
- 15 Diversidad morfológica de *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) en poblaciones silvestres de cuatro localidades del estado de Veracruz, México
Morphological diversity of *Vitis tiliifolia* Humb. & Bonpl. ex Roem. & Schult. (Vitaceae) in wild populations from four locations in the state of Veracruz, Mexico
Mata Alejandro Humberto | Castañeda-Chávez María Del Refugio | Aguilar Pérez Luis Alfonso | Mójica-Zárate Héctor Tecumshé | Cruz-Castillo Juan Guillermo
- 27 Regeneración natural arbórea e influencia de factores edáficos de un bosque templado en Guadalupe y Calvo, Chihuahua, México
Natural tree regeneration and influence of edaphic factors in a temperate forest in Guadalupe y Calvo, Chihuahua, Mexico
Mateo-García Mario Francisco | Alanís-Rodríguez Eduardo | García-García Samuel Alberto | Cuellar-Rodríguez Luis Gerardo | Yerena-Yamallel José Israel | Aguirre-Calderón Oscar Alberto
- 47 Estructura, diversidad y captura de carbono del arbolado urbano de un complejo industrial en el noreste de México
Structure, diversity, and carbon sequestration of urban trees in an industrial complex in northeastern Mexico
Alcalá Rojas Alejandro | Alanís Rodríguez Eduardo | Aguirre Calderón Oscar Alberto | Cuellar Rodríguez Gerardo | Yerena Yamallel José Israel | Sandoval García Rufino
- 59 Evaluación de la infestación de *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler en *Quercus convallata* Trel. y *Quercus edwardii* Trel. en Durango, México
Evaluation of *Phoradendron bolleanum* (Seem.) Eichler infestation in *Quercus convallata* Trel. and *Quercus edwardii* Trel. in Durango, Mexico
Dominguez-Amaya Mesias Edwin | Briseño Reyes Jaime | Vega-Nieva Daniel José | Corral-Rivas José Javier | Tinoco-Orozco Diana Aime
- 77 Efecto de prácticas agroecológicas basadas en fertilizantes orgánicos en agroecosistemas monocultivo y milpa en la Sierra de Zongolica, Veracruz, México
Effect of agroecological practices based on organic fertilization in monoculture and milpa agroecosystems in the Sierra de Zongolica, Veracruz, Mexico
De La Cruz-De Jesus Mayra Yaneth | Hernández-Vásquez Luis Alfredo | Tecpile Cortes Jaime | Reyes-Rosas Sergio | Armida-Lozano Jorge | Ramírez-Rivera Emmanuel de Jesús | Sánchez-Zavalegui Romeo Alejandro | Del Rosario-Arellano José Luis | Purroy-Vásquez Rubén | Hernández-Salinas Gregorio
- 95 Evaluación de la eficiencia de dos esquemas de fertilización y bioherbicidas en maíz (*Zea mays* L.) en el Valle del Yaqui bajo condiciones de casa sombra y riego localizado
Evaluation of the efficiency of two fertilization schemes and bioherbicides in corn (*Zea mays* L.) in the Yaqui Valley under greenhouse conditions and localized irrigation
Arellano Gil Maritza | Estrella Osuna Luis Enrique | Verdugo Fuentes Abel Alberto | Rodríguez Ramírez Roberto | Villa Lerma Alma Guadalupe | Valdez Mendoza Brissa Jeaneth | Mungarro Ibarra Catalina | Portillo García Luis Enrique
- 107 Viabilidad y germinación del polen de *Agave durangensis*
Viability and germination of *Agave durangensis* Gentry pollen
Salazar Palacios Diana Laura | Delgado Alvarado Eli Amanda | Torres Ricario Rene | Uribe Soto José Natividad | Avila Reyes Jose Antonio | Hernández Vargas Vicente | Pérez Salinas Shaila Nayeli | Chavez Aguilar Fernanda Yoana | Gutiérrez Velázquez Marcela Verónica
- 121 Florivoría por *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) y su efecto en la eficiencia reproductiva de *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) en el volcán Teuhtli, México
Floral herbivory by *Euphoria basalis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Cetoniinae) and its effect on the reproductive success of *Ipomoea stans* (Convolvulaceae) in the Teuhtli Volcano, Mexico
Martínez Cárdenas María de Lourdes | Vargas Miranda Bárbara | Emiliano-Juárez Alejandro A.
- 135 Influencia de la composición del medio de cultivo en la germinación asimbiótica de *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Influence of the culture medium composition on the asymbiotic germination of *Cyrtopodium macrobulbon* (Lex.) G.A. Romero & Carnevali (Orchidaceae)
Olvera-Casanova Diego Alfredo | Sánchez-Contreras Angeles | Qui-Zapata Joaquín Alejandro | Herrera-Cool Gilbert José | Cob-Uicab José Vidal | López-Puc Guadalupe
- 149 Caracterización polínica en mieles de tres subespecies de *Apis mellifera* L. en Alvarado, Veracruz, México
Pollen characterization in honeys of three subspecies of *Apis mellifera* L. in Alvarado, Veracruz, Mexico
Alemán López Viridiana | López Mata Lauro | Medina Pérez Gabriela | Luna Rodríguez Lorena | Vargas Romero Juan Manuel | Galván Escobedo Iris Grisel

PÁG.

CONTENIDO

- 169 Análisis palinológico y fisicoquímico de mieles de *Apis mellifera* L. en la localidad los Cerritos, Hidalgo, México
Palynological and physicochemical analysis of honey of *Apis mellifera* L. from los Cerritos, Hidalgo, Mexico
Navarrete López Sandra Joceline | Quiroz García David Leonor | Fernández Nava Rafael
- 187 Desarrollo de un protocolo de micropropagación para *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. como base para la domesticación y conservación
Development of a micropropagation protocol for *Lupinus campestris* Cham. & Schltl. as a basis for domestication and conservation
Rodríguez Sías Daniela | Pérez Álvarez Sandra | Sánchez-Chávez Esteban | Leyva-Hernández Héctor A. | Uranga-Valencia Luisa Patricia
- 203 Efecto de la meta-topolina sobre la multiplicación y la hiperhidricidad *in vitro* en maguey plateado (*Agave guiengola* Gentry)
Effect of meta-topolin on *in vitro* multiplication and hyperhydricity in silver maguey (*Agave guiengola* Gentry)
Ramírez Mosqueda Marco Antonio | Cadena-Zamudio Jorge David | Cruz-Gutiérrez Esmeralda J. | Sandoval-Cansino Gabriela | Delgado-Aceves
María de Lourdes | Gutiérrez-Mora Antonia
- 215 Evaluación de la toxicidad del aceite esencial de *Monarda fistulosa* L. en ratones C57BL/6
Evaluation of the toxicity of the essential oil of *Monarda fistulosa* L. in C57BL/6 Mice.
Delgadillo Puga Claudia | Cariño-Cervantes Yonatan Y. | Cruz-Martínez Yesica R. | Torre-Villalvazo Iván
- 231 Respostas fotossintéticas de espécie fitorremediadora à elevação de salinidade no meio aquático.
Photosynthetic responses of phytoremediating species to increased salinity in aquatic environments
da Silva Bastos Guimarães Alice | Moll Hüther Cristina | Jimenez de Almeida Rigueira Roberta | Soares de Melo Pedro | Martins Corrêa Gabriela |
Amado Garcia Silva Rodrigo | Oswald Silveiras Kircher Doris
- 251 Actividad antifúngica y tripanocida *in vitro* de extractos de *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
In vitro antifungal and trypanocidal activity of extracts of *Dysphania ambrosioides* (L.) Mosyakin y clemants
Santiago Martínez Angeles | Riley Saldaña Christian Anabí | Moreno Rodríguez Adriana | De Fuentes Vicente José Antonio | de la Cruz Chacón Iván
- 271 Efecto de nanotubos de carbono sobre la germinación y desarrollo de *Agave salmiana* de diversos períodos de colecta
Effect of carbon nanotube on the germination and development of *Agave salmiana* of various collection periods
Gómez-Pelayo Berenice | García-Nuñez Hilda Guadalupe | Arzate-Fernández Amaury Martín | Reyes-Díaz Jesús Ignacio
- 289 Crecimiento micelial *in vitro* de *Auricularia nigricans* en residuos lignocelulósicos disponibles en el estado de Campeche, México
In vitro mycelial growth of *Auricularia nigricans* in available lignocellulosic waste from the state of Campeche, Mexico
De la Cruz Blanco Geydi Mariela | Gaitán Hernández Rigoberto | Flota Bañuelos Carolina | Casanova Pérez Lorena | Sierra Sigfrido | Rosales Martinez
Veronica
- 305 *Sesuvium portulacastrum* en la fitorremediación para suelos salinos como estrategia ambiental sostenible
Sesuvium portulacastrum in phytoremediation of saline soils as a sustainable environmental strategy
Gómez Peraza Rosa Luz | Valenzuela Quiñónez Wenceslao | Espinosa Alonso Laura Gabriela | Galaviz Julian Alberto | Medina Gogoy Sergio |
Hernández Armenta Jesús Uriel
- 317 Patogenicidad de *Corynespora cassiicola* y su control *in vitro* con *Bacillus subtilis* CBCK47 y extracto acuoso de *Croton chichenensis*
Pathogenicity of *Corynespora cassiicola* and its *in vitro* control with *Bacillus subtilis* CBCK47 and aqueous extract of *Croton chichenensis*
Rivero Uribe Adriana Rubi | Moo Koh Felicia Amalia | Cristóbal Alejo Jairo | Reyes Ramírez Arturo | Tun Suárez José María | Gamboa Angulo María
Marcela
- 333 Plantas medicinales utilizadas para enfermedades respiratorias en habitantes de Pisaflores, Hidalgo, México
Medicinal plants used for respiratory diseases among inhabitants of Pisaflores, Hidalgo, Mexico
Lara Reimers Eduardo Alberto | Montesinos Adan Leonel Rosario | Mora Olivo Arturo | García Martínez José Eduardo | Cruz García Francisco |
González Fuentes José Antonio | Encinas Domínguez Juan Antonio | Preciado Rangel Pablo
- 353 Análisis etnobotánico de variedades locales de maguey pulquero en el noreste del Estado de México
Ethnobotanical analysis of local varieties of maguey pulquero in the northeast of the Estado de México
Cruz Vasconcelos Sonia Teresa | Ramírez Herrera Carlos | Cruz Huerta Nicacio | Reyes Hernández Valentín José | Gómez Guerrero Armando
- 369 Bioculturalidad a través de los hongos comestibles silvestres y cultivados en San Pedro Benito Juárez, Atlixco, Puebla
Bioculturality through wild and cultivated edible mushrooms in San Pedro Benito Juarez, Atlixco, Puebla
Segura Ruiz Karla Elaine | Casiano Ventura Miguel Angel | Sobal Cruz Mercedes | Morales Almora Porfirio
- 381 Las plantas medicinales utilizadas en la cabecera municipal de San Antonio Cañada, Puebla, México
Medicinal plants used in the municipal seat of San Antonio Cañada, Puebla, Mexico
De la luz-González Andrea | Martínez-Moreno David | Reyes-Matamoros Jenaro | Andrés-Hernández Agustina Rosa | Reyes-Azcárate Yessica
- 401 Arvenses asociadas al cajete de maguey pulquero, en Lerma, México: énfasis en el uso de especies de Asteraceae
Weed species associated with the pulque agave basin in Lerma, Mexico: emphasis on the use of Asteraceae species
González Estrada Teresa de Jesús | Sánchez-Nava Susana | Franco-Mora Omar | Sánchez-Pale Jesús Ricardo

POLIBOTÁNICA

Núm. 62

ISSN electrónico: 2395-9525

Julio 2026

Portada



El proceso comunitario de aprendizaje y aprovechamiento sustentable de hongos comestibles a partir de residuos agrícolas, como rastrojo de maíz y frijol, representa una alternativa agroecológica que fortalece la soberanía alimentaria, promueve el uso responsable de recursos locales y contribuye a la revitalización del conocimiento etnomicológico tradicional. La participación comunitaria, el intercambio gastronómico y la transmisión intergeneracional de saberes reflejan la estrecha relación entre patrimonio biocultural, innovación tecnológica y resiliencia social en contextos rurales indígenas.

The community-based process of learning and sustainable use of edible mushrooms through agricultural residues, such as maize and bean straw, represents an agroecological alternative that strengthens food sovereignty, promotes the responsible use of local resources, and contributes to the revitalization of traditional ethnomycological knowledge. Community participation, gastronomic exchange, and the intergenerational transmission of knowledge reflect the close relationship between biocultural heritage, technological innovation, and social resilience in indigenous rural contexts.

por/by
Rafael Fernández Nava

REVISTA BOTÁNICA INTERNACIONAL DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

EQUIPO EDITORIAL

Angela Catalina Mendoza González,
Instituto Politécnico Nacional, México

Ricardo Valenzuela Garza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Carlos Fabián Vargas Mendoza,
Instituto Politécnico Nacional, México

Rafael Fernández Nava,
Instituto Politécnico Nacional, México

EDITORES ASOCIADOS

Xitlali Aguirre Dugua,
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, México

Fernando Alzate Guarín,
Universidad de Antioquia, Colombia

María de la Luz Arreguín Sánchez,
IPN, México

Itzel Becerra Absalón,
UNAM, México

Alexander Berrocal-Jiménez,
Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

José Juan Blancas Vázquez,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Mireya Burgos Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Alexandre Toshirrico Cardoso Taketa,
Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México

Gustavo Cruz-Cárdenas,
IPN, México

Luis Enrique Eguarte Fruns,
UNAM, México

Adolfo Espejo Serna,
UAM Iztapalapa, México

Javier Carlos Estrada Sánchez,
Universidad de los Andes, Venezuela

María Teresa Fernández-Marrón,
Universidad Complutense de Madrid, España

Daniel Freitas Freire Martins,
Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Brazil

Roberto Garibay Orijel,
UNAM, México

Gregorio del Carmen Godoy Hernández,
CICY, A.C. México

Diódoro Granados Sánchez,
Universidad Autónoma Chapingo, México

Anahí N. Herrera Cano,
Universidad de Buenos Aires, Argentina

María de los Ángeles Herrera Campos,
UNAM, México

Omaira Hokche,
Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Francisco Martín Huerta Martínez,
Universidad de Guadalajara, México

Blanca León,
University of Texas at Austin, USA

Hilda P. León Tejera,
UNAM, México

Victor M. Loyola Vargas,
CICY, A.C. México

Miguel Ángel Macías Rodríguez,
Universidad de Guadalajara, México

Tomás Martínez Trinidad,
Colegio de Postgraduados, México

Juan Luis Mata,
University of South Alabama, USA

Diana Miriam Mc Caughey Espinoza,
Universidad de Sonora

Natalia Mesa Sierra,
USDA Forest Service, USA

Demetria Martha Mondragón Chaparro,
IPN, México

María Eugenia Morales-Puentes,
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

Eberto Novelo Maldonado,
UNAM, México

Gilberto Alejandro Ocampo Acosta,
Universidad Autónoma de Aguascalientes, México

Neftalí Ochoa Alejo,
CINVESTAV, México

Ileana Ortegón Aznar,
Universidad Autónoma de Yucatán, México

María Lelia Pochettino,
Universidad Nacional de La Plata, Argentina

Francisco Reyes Zepeda,
Universidad Autónoma de Tamaulipas

Paz Alejandra Quintanar Isaías,
UAM-Iztapalapa, México

Beatriz Quiroz-González,
IPN, México

Carlos Ramírez Vargas,
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

Juan Antonio Reyes-Agüero,
Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México

Valentín José Reyes Hernández,
Colegio de Postgraduados, México

Rafael Salgado Garciglia,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México

Primo Sánchez Morales,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, México

Odilón Manuel Sánchez Sánchez,
Universidad Veracruzana, México

Thália do Socorro Serra Gama,
University of Sao Paulo, Brazil

Sigfrido Sierra Galván,
UNAM, México

Heike Vibrans,
Colegio de Postgraduados, México

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

Juan Ramón Zapata Morales,
Universidad de Guanajuato. Guanajuato. México

CONSEJO EDITORIAL

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

María del Socorro González Elizondo,
Instituto Politécnico Nacional, México

Dra. Silvia Evangelista Lozano,
Instituto Politécnico Nacional, México

Luis Gerardo Zepeda Vallejo,
Instituto Politécnico Nacional, México

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 mas 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 imagenes deben estar en línea con el texto. Se consideran imágenes: gráficos, cuadros, fotografías, diagramas y, en algunos casos, tablas y 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 *italicas*. Se recomienda utilizar las Tablas como imágenes, estas deberán de ir centradas (a por lo menos 300 dpi de resolución).
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. En caso de que estos materiales sean extensos deberán ser creados como archivos PDF.

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 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 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 y 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 is: 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, tables and 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 images, they should be centered (at least 300 dpi resolution).
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 extensive they should be created as PDF 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 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
rfernand@ipn.mx

Dirección Web
http://www.polibotanica.mx

POLIBOTÁNICA es una revista indexada en:

CRMICYT - Sistema de Clasificación de Revistas Mexicanas 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.



**Ciencia y
Tecnología**

Secretaría de Ciencia, Humanidades,
Tecnología e Innovación



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

Director General: *Dr. Arturo Reyes Sandoval*

Secretario General: *M en C. Ismael Jaidar Monter*

Secretario Académico: *M en E N A María Isabel Rojas Ruizb*

Secretario de Innovación e Integración Social: *M.C.E. Yessica Gasca Castillo*

Secretario de Investigación y Posgrado: *Dra. Martha Leticia Vázquez González*

Secretario de Servicios Educativos: *Dr. Marco Antonio Sosa Palacios*

Secretario de Administración: *Mtra. Ana María Arrona González*

Director de Educación Superior: *Lic. Tomás Huerta Hernández*

ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Director

Dr. Mario Alberto Rodríguez Casas

Subdirectora Académica:

Biol. Elizabeth Guarneros Banuelos

Jefe de la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación:

Dr. Edgar Gregorio Cárcamo Villalobos

Subdirector de Servicios Educativos e Integración Social:

Biól. Gonzalo Galindo Becerril

POLIBOTÁNICA, Año 30, No. 62, Julio 2026, 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 CP 11340 Delegación Miguel Hidalgo México, D.F.

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

**Polibotánica**

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

CARACTERIZACIÓN POLÍNICA EN MIELES DE TRES SUBESPECIES DE *Apis mellifera* L. EN ALVARADO, VERACRUZ, MÉXICO

POLLEN CHARACTERIZATION IN HONEYES OF THREE SUBSPECIES OF *Apis mellifera* L. IN ALVARADO, VERACRUZ, MEXICO

Alemán López, Viridiana; López Mata, Lauro; Medina Pérez, Gabriela; Luna Rodríguez, Lorena; Vargas Romero, Juan Manuel; Galván Escobedo, Iris Grisel

CARACTERIZACIÓN POLÍNICA EN MIELES DE TRES SUBESPECIES DE *Apis mellifera* L. EN ALVARADO, VERACRUZ, MÉXICO

POLLEN CHARACTERIZATION IN HONEYES OF THREE SUBSPECIES OF *Apis mellifera* L. IN ALVARADO, VERACRUZ, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 149-167 México. Julio 2026

DOI: 10.18387/polibotanica.62.11



Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia Creative Commons 4.0
Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional).

Caracterización polínica en mieles de tres subespecies de *Apis mellifera* L. en Alvarado, Veracruz, MéxicoPollen characterization in honeys of three subspecies of *Apis mellifera* L. in Alvarado, Veracruz, Mexico

Alemán López, Viridiana;
López Mata, Lauro; Medina
Pérez, Gabriela; Luna
Rodríguez, Lorena; Vargas
Romero, Juan Manuel; Galván
Escobedo, Iris Grisel

CARACTERIZACIÓN
POLÍNICA EN MIELES DE
TRES SUBESPECIES DE *Apis*
mellifera L. EN ALVARADO,
VERACRUZ, MÉXICO

POLLEN
CHARACTERIZATION IN
HONEY OF THREE
SUBSPECIES OF *Apis*
mellifera L. IN ALVARADO,
VERACRUZ, MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 62: 149-167. Julio 2026

DOI:
10.18387/polibotanica.62.11

Alemán López, Viridiana / <https://orcid.org/0000-0001-6399-7571>

López Mata, Lauro / <https://orcid.org/0000-0002-1690-1335>

Posgrado en Botánica, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

Medina Pérez, Gabriela / <https://orcid.org/0000-0001-8673-941X>

Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos, Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Luna Rodríguez, Lorena / <https://orcid.org/0000-0001-7180-4573>

Vargas Romero, Juan Manuel / <https://orcid.org/0000-0003-1837-3959>

Área de Sistemas de Producción Agropecuarios, Departamento de Biología de la Reproducción, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.

Galván Escobedo, Iris Grisel / <https://orcid.org/0000-0003-4250-4971>

Autora de correspondencia: igalvan@colpos.mx; igalvan@secihti.mx

Investigadora por México-Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación, comisionada al Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

RESUMEN: El estado de Veracruz es una región de particular interés para la producción apícola en México. Sin embargo, no existen estudios que evalúen si la composición polínica de las mieles varía según la subespecie de *Apis mellifera* L. productora. El objetivo de esta investigación fue evaluar si las mieles producidas por *A. m. caucasica*, *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera* bajo las mismas condiciones ambientales, presentan diferencias en su composición polínica en Alvarado, Veracruz, y contribuir a establecer una palinoteca de referencia regional. Se confirmó la identidad genética de las abejas mediante secuenciación del fragmento COI-COII del ADN mitocondrial, mostrando alta homología con subespecies europeas. Por cada subespecie se tomaron nueve muestras de miel correspondientes a la floración de manglar de mayo a julio de 2024; se prepararon tres laminillas de polen acetolizado por muestra (81 laminillas en total) de las cuales se seleccionaron tres al azar por subespecie para cuantificar y determinar los tipos polínicos siguiendo la NOM-004-SAG/GAN-2018. Los tipos polínicos anemófilos no se excluyeron del cálculo de porcentajes de presencia de polen, dado que se observó visita activa de las abejas a dichas plantas. Se calculó la riqueza, diversidad α (Shannon-Weaver) y disimilitud (coeficiente de Jaccard) entre los conjuntos polínicos. Se registraron 14 tipos polínicos totales, con variación en la riqueza: 14 en *A. m. caucasica*, 10 en *A. m. ligustica* y nueve en *A. m. mellifera*. Las mieles se clasificaron como monoflorales para las tres subespecies, predominando *Laguncularia racemosa*, aunque, otras plantas como *Amaranthaceae-Chenopodiaceae*, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia* y *Coccoloba barbadensis* diferenciaron los conjuntos polínicos entre las subespecies. Estos resultados resaltaron la importancia de conservar el ecosistema de manglar para la producción de miel. También sugirieron patrones de pecoreo diferenciados entre linajes maternos certificados bajo las mismas condiciones ambientales; la presencia de taxones anemófilos en las mieles de las tres subespecies, cuestiona el criterio de exclusión del polen anemófilo para la clasificación de las mieles, valorando su pertinencia con base en la flora disponible y su fenología. En estudios

posteriores se recomienda el uso de marcadores nucleares de las subespecies, mayor replicación de muestras de miel por subespecie e incluir esporas de *Lycopodium clavatum* para establecer relaciones causales más robustas.

Palabras clave: ADN mitocondrial, melisopalinología, monofloral, origen botánico.

ABSTRACT: The state of Veracruz is a region of particular interest for beekeeping production in Mexico. However, there are no studies evaluating whether the pollen composition of honeys varies according to the subspecies of *Apis mellifera* L. producing them. The objective of this research was to assess whether honeys produced by *A. m. caucasica*, *A. m. ligustica*, and *A. m. mellifera* under the same environmental conditions exhibit differences in their pollen composition in Alvarado, Veracruz, and to contribute to establishing a regional reference pollen collection. The genetic identity of the bees was confirmed by sequencing the COI-COII fragment of mitochondrial DNA, showing high homology with European subspecies. Nine honey samples per subspecies were taken from the mangrove flowering season of May to July 2024; three acetolyzed pollen slides were prepared per sample (81 slides in total) and three were randomly selected per subspecies to quantify and determine pollen types following NOM-004-SAG/GAN-2018. Anemophilous pollen types were not excluded from the pollen presence percentage calculations, given that active visitation of the bees to these plants was directly observed. Pollen richness, α diversity (Shannon-Weaver), and dissimilarity (Jaccard coefficient) were calculated among the pollen assemblages. A total of 14 pollen types were recorded, with variation in richness: 14 in *A. m. caucasica*, 10 in *A. m. ligustica*, and nine in *A. m. mellifera*. The honeys were classified as monofloral for all three subspecies, with *Laguncularia racemosa* predominating; however, other plants such as Amaranthaceae-Chenopodiaceae, *Bursera simaruba*, *Cecropia obtusifolia*, and *Coccoloba barbadensis* differentiated the pollen assemblages among subspecies. These results highlighted the importance of conserving the mangrove ecosystem for honey production. They also suggested differentiated foraging patterns among certified maternal lineages under identical environmental conditions; the presence of anemophilous taxa in the honeys of all three subspecies calls into question the criterion for excluding anemophilous pollen in honey classification, emphasizing that its pertinence should be evaluated based on available flora and its phenology. Future studies are recommended to incorporate nuclear markers of the subspecies, greater replication of honey samples per subspecies, and the inclusion of *Lycopodium clavatum* spores to establish more robust causal relationships.

Key words: Mitochondrial DNA, melissopalynology, monofloral, botanical origin.

INTRODUCCIÓN

La apicultura en México ocupa un lugar destacado a nivel mundial, posicionándose como el octavo productor y un exportador clave de miel (Gobierno de México, 2024). En este contexto, el estado de Veracruz, con su elevada diversidad de climas (García, 1970; Tejeda Martínez *et al.*, 1989) y tipos de vegetación, es una región de particular interés para la producción apícola. Comprender la relación entre la abeja *Apis mellifera* Linnaeus, 1758 y la flora local, es fundamental para el desarrollo exitoso de este sistema productivo.

Diferentes subespecies de *A. mellifera* han evolucionado en ambientes geográficos distintos, desarrollando adaptaciones morfológicas, fisiológicas y conductuales específicas que influyen en sus patrones de pecoreo (Guzmán-Novoa *et al.*, 2011; Mortensen *et al.*, 2013). Entre las subespecies europeas más importantes destacan *Apis mellifera caucasica* Gorbachev, 1916, *Apis mellifera ligustica* Spinola, 1806 y *Apis mellifera mellifera* Linnaeus, 1758, que difieren en la longitud de la probóscide, rasgo morfológico asociado a la capacidad para acceder a flores con corolas de diferentes profundidades (Bertsch *et al.*, 2005; Ruttner *et al.*, 1978; Scheiner *et al.*, 2021), así como en su docilidad y en la productividad de mieles.

El comportamiento de pecoreo de las abejas (que incluye la búsqueda, localización, identificación, memorización, recolección y establecimiento de la ruta óptima para el transporte de recursos alimenticios) está genéticamente determinado; algunos loci explican parte de la

variación observada en las preferencias de forrajeo de néctar, polen y exploración de sitios (Hunt *et al.*, 1995; Page *et al.*, 1995; Nates-Parra, 2011). La herencia materna del ADN mitocondrial determina el linaje genético de la colonia (Crozier & Crozier, 1993) y, en combinación con el genoma nuclear, influye en rasgos comportamentales; algunos estudios han documentado que el comportamiento defensivo está asociado a cambios en la actividad mitocondrial cerebral, lo que sugiere que la función mitocondrial modula la señalización neuronal vinculada al comportamiento social de las abejas (Rittschof *et al.*, 2018).

Además de los estudios genéticos en *A. mellifera*, la melisopalinología, a través del estudio de las trazas de polen en la miel para establecer su origen botánico y geográfico (Louveaux *et al.*, (1978; Pintor & Cáceres, 2019), ha permitido reconocer patrones en el comportamiento y preferencias de pecoreo de *A. mellifera* (Palacios-Chávez *et al.*, 1991; Ramos-Díaz *et al.*, 2015; Granados-Argüello *et al.*, 2020; García-Mayoral *et al.*, 2024). La integración de la melisopalinología con el análisis genético de las abejas puede establecer diferencias entre las subespecies de *A. mellifera* y los patrones de recolección de néctar reflejados en la riqueza de la composición polínica de la miel que produce cada una de ellas (Robinson & Page, 1989).

En el estado de Veracruz, se ha documentado desde distintos enfoques de estudio, la riqueza de recursos florales con valor melífero. Mediante análisis melisopalinológico, Granados-Argüello *et al.* (2020) identificaron 64 tipos polínicos en mieles del centro del estado, y García-Mayoral *et al.* (2024) registraron 44 taxa polínicos en mieles de regiones cafetaleras. Por su parte, Rivera-Hernández *et al.* (2024) realizaron un inventario de flora melífera en la región de las Altas Montañas, documentaron 117 especies con potencial apícola. Estos trabajos mencionan que las mieles de estas regiones se clasificaron predominantemente como multiflorales, en las cuales varias especies de las familias Asteraceae, Fabaceae y Rubiaceae fueron los recursos dominantes. Sin embargo, estos estudios se han enfocado principalmente en la caracterización florística regional sin considerar la importancia de la subespecie de abeja en la composición polínica de las mieles.

A pesar de la relevancia y valor de la apicultura en Veracruz y de que sus municipios costeros como Alvarado albergan una significativa actividad apícola (Diario de Xalapa, 2025), no existe un atlas melisopalinológico que cubra la zona costera del estado, ni estudios comparativos entre subespecies de *A. mellifera* genéticamente confirmadas que evalúen si la identidad genética de las abejas influye en la composición polínica de las mieles. Esta laguna en el conocimiento es relevante porque, de existir diferencias consistentes en las preferencias de pecoreo entre subespecies de *A. mellifera*, podría tener implicaciones importantes en: 1. la selección de líneas genéticas apropiadas según los objetivos productivos; 2. la denominación de origen y características organolépticas de las mieles; 3. la resiliencia de las colonias ante la escasez y disponibilidad de recursos florales, y 4. en el diseño de estrategias de conservación de flora melífera nativa.

La región costera de Alvarado, Veracruz, presenta un contexto ecológico particularmente interesante para evaluar estas cuestiones. El ecosistema costero de Alvarado está caracterizado por el manglar, con cuatro especies arbóreas que dominan su fisionomía: *Avicennia germinans* (L.) L. 1764, *Conocarpus erectus* L. 1753, *Laguncularia racemosa* (L.) C. F. Gaertn. 1807, y *Rhizophora mangle* L. 1753. La coexistencia de estas cuatro especies constituye una fuente importante de recursos nectaríferos para las colonias estudiadas. Su relevancia se ve reforzada por el hecho de que *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*, se encuentran listadas bajo la categoría de Amenazadas (A) en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), lo que subraya la importancia de documentar los recursos melíferos que estas especies proveen ante el riesgo de disminución de sus poblaciones. Además del manglar, la planicie costera del litoral de Alvarado, contiene otras especies arbóreas que se le asocian, incluyendo: *Bursera simaruba* (L.) Sarg. 1890, *Cecropia obtusifolia* Bertol. 1840 y *Coccoloba barbadensis* Jacq. 1760, que podrían complementar los recursos florales para las subespecies de *A. mellifera* (Moreno-Casasola & Sánchez Vigil, 2010; Portilla-Ochoa *et al.*, 2005). El objetivo de esta investigación fue evaluar si las mieles producidas por tres subespecies de *Apis mellifera* (*A. m. caucasica*, *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera*) presentan diferencias en su composición polínica cuando sus colonias se localizan en el mismo apiario y utilizan los recursos florales del manglar y vegetación asociada en Alvarado, Veracruz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

La procedencia del material de estudio fue de los apiarios ubicados en la localidad de Buenavista, municipio de Alvarado, en el estado de Veracruz, México, localizado entre las coordenadas 18°46' de latitud norte y 95°46' de longitud oeste, a una altitud de 10 m s. n. m. (Figura 1).

El clima en la región, según la clasificación de Köppen modificada por García (1970), es "Aw", tropical húmedo seco, con una temperatura media anual de alrededor de 26 °C y una precipitación media anual de 2077.9 mm (INEGI, 2010). La vegetación está dominada por cuatro especies de manglares: *Avicennia germinans*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle* (CONABIO, 2021). Asimismo, en la literatura (Cabrera Aguirre *et al.*, 2016; Moreno-Casasola & Sánchez Vigil, 2010; Moreno-Casasola & Infante, 2009; Portilla-Ochoa *et al.*, 2005) se registran taxones como *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. ex Mart. 1845, *Guazuma ulmifolia* Lam. 1789, *Heliconia* L. 1771, *Manilkara zapota* L. P. Royen 1953, *Pachira aquatica* Aubl., 1775, *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham. 1830, *Sabal mexicana* Mart. 1839, *Scheelea liebmannii* Becc. 1916, *Thalia geniculata* L. 1753, *Typha latifolia* L. 1753 y *Typha domingensis* Pers. 1807.

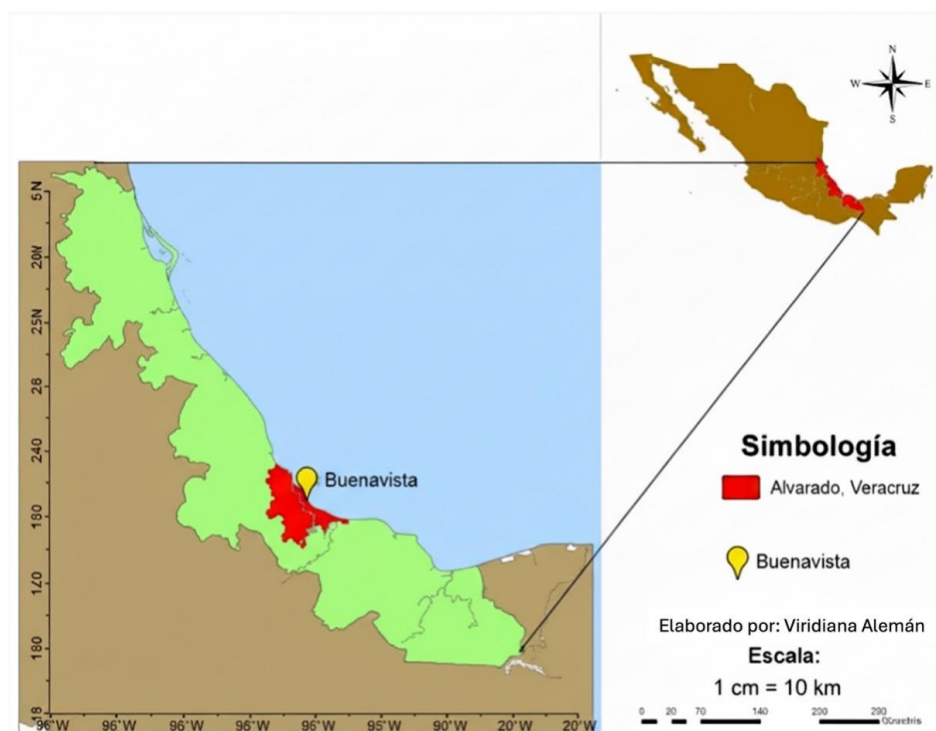


Figura 1. Localización geográfica de la localidad de Buenavista, Alvarado, Veracruz, México (Elaborado en ArcMap 2024).
Figure 1. Geographic location of the town of Buenavista, Alvarado, Veracruz, México (Prepared in ArcMap 2024).

Determinación de subespecies de *Apis mellifera* L.

Extracción de ADN genómico y amplificación de ADN mitocondrial

Se contó con una reina madre certificada por criaderos autorizados por la Asociación Ganadera Nacional de Criadores de Abejas Reina y Núcleos (ASGANAREN), perteneciente al Consejo Nacional de Recursos Genéticos Pecuarios (CONARGEN), para cada subespecie (*A. m. caucasica*, *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera*). De cada reina madre se obtuvieron nueve reinas hijas, cada una de las cuales conformó una colmena independiente, resultando en nueve colmenas por subespecie. Se seleccionaron al azar cinco colmenas y, de cada una se tomó una abeja obrera

para el análisis molecular (n=15 en total). El método de validación molecular del linaje utilizado por ASGANAREN se encuentra registrado y autorizado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el CONARGEN en México.

La identidad genética de las tres subespecies se cotejó mediante la extracción de ADN total del cuerpo completo de las abejas obreras, siguiendo el método CTAB (Doyle & Doyle, 1987) modificado, conforme a Valledor *et al.* (2014). El ADN genómico obtenido se utilizó como molde para amplificar el segmento COI-COII del ADN mitocondrial, localizado entre el gen tARN Leu y la subunidad II del gen citocromo oxidasa (COII), mediante los iniciadores E2 (5'-GGCAAGAATAAGTGCATTG-3') y H2 (5'-CAATATCATTGATGACC-3') (Alabdali *et al.*, 2021; Chahbar *et al.*, 2013; Chapman *et al.*, 2008; Garnery *et al.*, 1993; Magnus *et al.*, 2014). Las reacciones de PCR se realizaron según lo descrito por Valledor *et al.*, (2014).

Purificación y visualización del fragmento intergénico COI-COII

Los productos de PCR se purificaron con ExoSAP-IT (Affymetrix, USA) para eliminar dNTPs residuales y cebadores sin incorporar. Posteriormente, se verificaron mediante electroforesis horizontal a 86 V por 90 min, usando un gel de agarosa al 1.5 % en TAE 1X. Se cargaron 3 µL del producto junto con un marcador de peso molecular de 1 Kb (Promega). Las bandas se tiñeron con Gel Red™ (Biotium, USA) y se visualizaron en un transiluminador KODAK (312 nm).

Secuenciación

La secuenciación del fragmento amplificado se realizó en el laboratorio de Biotecnología de Semillas del Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. La cuantificación se efectuó con un espectrofotómetro Nanodrop 2000c (Thermo Scientific, USA). Cada reacción contuvo 1.8 µL del kit BigDye Terminator v3.1 (Applied Biosystems, USA) y 2 µL del producto purificado, sometiéndose a un ciclo de 96 °C por 1 min, seguido de 25 ciclos de 96 °C por 10 s, 50 °C por 50 s y 60 °C por 4 min. Finalmente, se precipitaron con etanol/EDTA y se procesaron en un secuenciador Genetic Analyzer 3130 (Applied Biosystems, USA).

Análisis bioinformático

Las secuencias obtenidas se ensamblaron y generaron consensos con BioEdit v7.0.5 (Dagona, 1999). Se compararon mediante BLASTN en el NCBI (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>). Posteriormente, las secuencias validadas se alinearon con ClustalW (Thompson *et al.*, 1994) en MEGA v6.0 (Tamura *et al.*, 2013) y el árbol filogenético se construyó con el método de máxima parsimonia, utilizando 5,000 réplicas bootstrap para evaluar la confiabilidad de los nodos. La especie *Apis cerana* Fabricius, 1793, se empleó como grupo externo (outgroup) para enraizar el árbol.

Muestras de miel

En el apiario se seleccionaron nueve colmenas por subespecie (*A. m. caucasica* n=9, *A. m. ligustica* n=9 y *A. m. mellifera* n=9), todas ubicadas dentro de un núcleo único en la localidad de Buenavista, Alvarado, Veracruz, compartiendo el mismo entorno floral y condiciones ambientales. Las colmenas se dispusieron agrupadas por subespecie —las nueve de cada subespecie colocadas de manera contigua— sin separación geográfica significativa entre grupos. Al término de la floración del manglar de mayo a julio del 2024, se recolectó una muestra de miel de 500 g por colmena, correspondiente exclusivamente a la producción de dicho período de floración; en total se obtuvieron 27 muestras de miel. La desoperculación y extracción de la miel se realizó de forma manual por muestra para evitar contaminación entre muestras y únicamente se filtró con un colador de plástico de malla semifina para impedir impurezas grandes como cera, patas o abejas. Las muestras se envasaron en frascos de vidrio de grado alimenticio con tapas herméticas y se conservaron en refrigeración a una temperatura de 4 °C.

Extracción del polen de miel

De cada muestra de miel se tomaron 30 g para hacer la extracción de polen. La miel se diluyó en agua destilada y se centrifugó. Este procedimiento se repitió varias veces hasta eliminar el azúcar de la miel y concentrar el polen (Louveaux *et al.*, 1978).

Colección de referencia de polen

La identificación del polen contenido en las muestras de mieles, se hizo elaborando una colección de referencia de polen, obtenida de las plantas señaladas por los apicultores como preferidas por *A. mellifera* y que se registraron en floración durante los meses de mayo a junio de 2024. Se tomó como referencia el centro del apiario y se recolectaron las plantas en un área aproximada de 1 km a la redonda. Esta distancia se seleccionó con base en estudios que documentan que la mayor concentración de actividad de forrajeo de *Apis mellifera* ocurre dentro del primer kilómetro alrededor de la colmena. En condiciones de abundancia de recursos, la distancia media de forrajeo reportada es de aproximadamente 1 km (Beekman *et al.*, 2000), y estudios de marcaje han registrado que en promedio las abejas se recuperan a menos de 900 m de su apiario de origen (Hagler *et al.*, 2011) siendo la frecuencia de visitas decreciente conforme aumenta la distancia. Dado que el ecosistema de manglar donde se ubicó el apiario constituye una fuente concentrada de recursos nectaríferos, el radio de 1 km resultó apropiado para capturar las principales especies en floración visitadas por las colonias estudiadas. Las plantas recolectadas fueron herborizadas y la determinación taxonómica se llevó a cabo por especialistas del herbario UAMIZ de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAMI). De estos ejemplares se tomaron las anteras para la extracción de polen.

Tratamiento del polen de miel y de plantas para la colección de referencia

El polen extraído de la miel se acetolizó de acuerdo con los protocolos de Erdtman (1960) y de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones (SADER, 2020). De igual manera, el polen extraído de plantas herborizadas se acetolizó de acuerdo con el protocolo de Erdtman (1960). En ambos casos, el polen se montó en portaobjetos con gelatina glicerínada sin teñir; se observó en campo claro a un aumento de 1000× en un microscopio marca Zeiss, modelo Axioscope 2 (Carl Zeiss AG, Jena, Alemania) y se tomaron fotografías de los tipos polínicos con una cámara digital AmScope modelo MU1000 (AmScope, California, E.U.A.). Para la colección de referencia se observaron entre 15 y 25 granos de polen (cuando fue posible, en vista polar y ecuatorial) por especie; se midió su eje polar, eje ecuatorial, grosor de la exina y área polar; se describió su tipo de abertura y ornamentación. Con esta información, se elaboraron las descripciones morfológicas del polen por cada especie.

Determinación y clasificación de tipos polínicos de miel

De las 27 muestras de miel, se prepararon tres laminillas de polen acetolizado por cada colmena, generando un conjunto de 81 laminillas en total. De este conjunto, se seleccionaron al azar tres laminillas por subespecie, contabilizando un total de 500 granos de polen distribuidos entre las tres laminillas. La frecuencia absoluta de cada tipo polínico se obtuvo mediante el conteo directo de granos en las laminillas. La frecuencia relativa se calculó dividiendo el conteo de cada tipo polínico entre el total de 500 granos y multiplicando por 100, obteniendo así el porcentaje de representación de cada taxon.

A diferencia de lo propuesto por Louveaux *et al.* (1978) y la NOM-004-SAG/GAN-2018 (SADER, 2020), los tipos polínicos de carácter anemófilo no se excluyeron del cálculo de porcentajes, dado que los apicultores los señalaron en el campo como recursos visitados activamente por las abejas durante el período de muestreo. Con base en estos porcentajes, los tipos polínicos se clasificaron como: polen predominante (*P*: aquellos tipos presentes en porcentajes >45%), polen secundario (*S*: con presencia entre 16-45%), polen de menor importancia (*MI*: entre 3-15%), polen menor (*m* < 3%) y polen presente (*p* < 1%) (Louveaux *et al.*, 1978; SADER, 2020).

La determinación taxonómica de los tipos polínicos, se realizó por comparación con la de la morfología del polen de la colección de referencia y con la literatura palinológica especializada (Alaniz-Gutiérrez *et al.*, 2017; Erdtman, 1986; Halbritter *et al.*, 2018; Palacios-Chávez *et al.*, 1991; Piedras *et al.*, 2007), así como con estudios melisopalinológicos llevados a cabo en Veracruz y en la Península de Yucatán (por la concordancia en recursos florísticos) (García-Mayoral *et al.*, 2024; Granados-Argüello *et al.*, 2020; Niembro *et al.*, 2010; Ramos-Díaz *et al.*, 2015; Rivera-Hernández *et al.*, 2024; SAGARPA, 2003). La nomenclatura de los tipos polínicos

siguió el criterio de De Klerk & Joosten (2007) y aquellos en los que no fue posible asignar una categoría taxonómica, se registraron como “indeterminados”.

Clasificación botánica de las mieles

Las frecuencias relativas de la presencia de granos de polen definieron su clasificación en monoflorales o multiflorales. Fueron mieles monoflorales aquellas cuyo taxón dominante fue igual o mayor a 45% y multiflorales cuando tres o más taxones de distintas familias concentraron porcentajes mayores o iguales a 10% (SADER, 2020).

Índices de diversidad biológica

Para comparar el número de tipos polínicos y sus frecuencias relativas entre subespecies y entre muestras de miel, se estimó la riqueza taxonómica (S) y la diversidad α de los tipos polínicos contenidos en las mieles. Se seleccionó el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') como estimador de la diversidad de granos de polen en las mieles (Magurran, 1988). Además, se estimó el índice de uniformidad de la diversidad α de Pielou (J') como indicador de la distribución de los granos de polen entre las especies (Krebs, 1999). La uniformidad J' , para muestras empíricas, está dada por la función: $J' = H' / \ln(S)$, donde H' es el índice de Shannon-Weaver, S es el número total de especies y $\ln(S)$, el logaritmo natural de S , es la diversidad máxima posible si todas las especies fueran igualmente abundantes. El valor de la uniformidad fluctúa entre 0 y 1; y es máximo cuando cada tipo de polen en la muestra está representado por el mismo número de granos de polen (Krebs, 1999). Todas las estimaciones se llevaron a cabo con el Software Species Diversity and Richness IV (Seaby & Henderson, 2006). El grado de disimilitud entre los conjuntos polínicos por cada subespecie, se evaluó a través de un análisis de agrupamiento jerárquico, utilizando el método de enlace simple y la distancia del coeficiente de Jaccard (Jaccard, 1901); los análisis se realizaron con el software Community Analysis Package 4.0 (Seaby & Henderson, 2006). La distancia de Jaccard indicó la frecuencia con la que las observaciones de polen en la miel de cada subespecie aparecen juntas; si el valor de la distancia es cercano 1, el grado de disimilitud entre los conjuntos palinológicos tiende a ser máximo.

RESULTADOS

Determinación de subespecies de *Apis mellifera* L.

El análisis del ADN mitocondrial, específicamente del fragmento intergénico COI-COII, confirmó que las secuencias obtenidas pertenecen a la especie *A. mellifera*. Considerando que los individuos de una colmena son descendientes matrilineales de una única reina, se asumió a cada colmena como una unidad genotípica representativa de un solo linaje materno.

El origen filogenético de estas líneas maternas se determinó mediante la comparación de secuencias con referencia a haplotipos conocidos, y la inferencia de relaciones evolutivas se realizó a través del método de máxima parsimonia. Los árboles filogenéticos resultantes mostraron la posición evolutiva de los haplotipos analizados dentro del complejo *A. mellifera*, evidenciando la genealogía y los grados de similitud con subespecies reconocidas.

Los resultados indicaron una alta homología con las subespecies *A. m. ligustica* (93 %), *A. m. mellifera* (85 %) y *A. m. caucasica* (81 %), lo que sugiere una probable composición genética de origen europeo. Esta afiliación genética es consistente con los antecedentes históricos de introducción de estas subespecies en América, y refuerza la utilidad del marcador mitocondrial COI-COII como herramienta para la asignación filogeográfica y la caracterización de linajes maternos en *A. mellifera*. La confirmación molecular de la identidad taxonómica de las subespecies proporcionó la base genética necesaria para evaluar si existen diferencias en las preferencias de pecoreo entre ellas.

Composición polínica de las mieles y riqueza taxonómica

En las muestras de miel de las tres subespecies de *A. mellifera*, se registraron en total 14 tipos polínicos (Figura 2), lo que representó la diversidad floral disponible en el área de estudio durante

el período de floración analizado. De estos tipos polínicos, tres se determinaron a nivel de familia, ocho a nivel de especie y tres se denominaron como indeterminados, ya que no fue posible identificar su categoría taxonómica debido a limitaciones en las características morfológicas preservadas o ausencia de material de referencia comparable (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentajes de presencia y clasificación de los tipos polínicos registrados en las muestras de miel por subespecie de abeja. Polen predominante (*P*), polen secundario (*S*), polen de menor importancia (*MI*), polen menor (*m*) y polen presente (*p*). Clasificación de origen botánico de mieles e índices de riqueza y diversidad α : H' = índice de Shannon Weaver, J' = uniformidad de Pielou.

Table 1. Percentages of presence and classification of pollen types recorded in honey samples by bee subspecies. Predominant pollen (*P*), secondary pollen (*S*), minor pollen (*MI*), minor pollen (*m*), and pollen present (*p*). Botanical origin classification of honeys and richness and diversity indices α : H' = Shannon Weaver index, J' = Pielou uniformity.

Tipos polínicos	Porcentaje de presencia por subespecie de abeja		
	<i>A. m. caucasica</i>	<i>A. m. ligustica</i>	<i>A. m. mellifera</i>
Pteridofitas			
Polypodiaceae	0.2 (<i>p</i>)	-	-
Monocotiledóneas			
Arecaceae			
<i>Cocos nucifera</i> L.	0.2 (<i>p</i>)	0.7 (<i>p</i>)	1.7 (<i>m</i>)
Eudicotiledóneas			
Asteraceae			
<i>Melampodium divaricatum</i> Rich. DC.	1.8 (<i>m</i>)	1.3 (<i>m</i>)	3.7 (<i>MI</i>)
Asteraceae	0.1 (<i>p</i>)	-	-
Amaranthaceae-Chenopodiaceae	1.0 (<i>m</i>)	4.7 (<i>MI</i>)	20.0 (<i>S</i>)
Burseraceae			
<i>Bursera simaruba</i> L. SARG.	7.8 (<i>MI</i>)	13.3 (<i>MI</i>)	3.5 (<i>MI</i>)
Combretaceae			
<i>Laguncularia racemosa</i> L. C. F. Gaertn.	64.0 (<i>P</i>)	59.0 (<i>P</i>)	57.4 (<i>P</i>)
Malvaceae			
<i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.	0.2 (<i>p</i>)	-	-
Myrtaceae			
<i>Psidium guajava</i> L.	0.6 (<i>p</i>)	1.1 (<i>m</i>)	-
Polygonaceae			
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq.	5.4 (<i>MI</i>)	9.1 (<i>MI</i>)	7.9 (<i>MI</i>)
Urticaceae			
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.	14.2 (<i>MI</i>)	1.7 (<i>m</i>)	2.1 (<i>m</i>)
Indeterminados			
Poliada escabrada	0.1 (<i>p</i>)	-	-
Tricolporado escabrado	3.2 (<i>MI</i>)	1.9 (<i>m</i>)	3.1 (<i>MI</i>)
Tricolporado psilado	0.6 (<i>p</i>)	5.9 (<i>MI</i>)	0.2 (<i>p</i>)

Tipos polínicos	Porcentaje de presencia por subespecie de abeja		
	<i>A. m. caucasica</i>	<i>A. m. ligustica</i>	<i>A. m. mellifera</i>
Clasificación de miel	monofloral	monofloral	monofloral
Riqueza y diversidad α			
Riqueza [14 taxones]	14	10	9
Diversidad α [$H'=1.44$]	1.3	1.4	1.4
Uniformidad [$J'=0.5$]	0.5	0.5	0.5

Clasificación de tipos polínicos

El polen de *Laguncularia racemosa*, especie de manglar dominante en la zona, se clasificó como predominante (*P*) en las mieles de las tres subespecies de abejas, con valores de 64.0% en *A. m. caucasica*, 59.0% en *A. m. ligustica* y 57.4% en *A. m. mellifera* (Tabla 1).

Sin embargo, la composición polínica secundaria y menor reveló diferencias importantes entre subespecies. En *A. m. mellifera*, el polen de *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* se clasificó como secundario (*S*) con 20.0%, representando el segundo tipo polínico en porcentaje de presencia para esta subespecie. En contraste, este mismo tipo polínico fue de menor importancia (*MI*) representando únicamente 4.7% en *A. m. ligustica* y menor a 1.0% (*m*) en *A. m. caucasica*.

El polen de *Bursera simaruba*, mostró porcentajes variables: 13.3% (*MI*) en *A. m. ligustica*, 7.8% (*MI*) en *A. m. caucasica* y 3.5% (*MI*) en *A. m. mellifera*, lo que sugiere que *A. m. ligustica* pecoreó con mayor frecuencia esta especie arbórea nativa.

El polen de *Cecropia obtusifolia*, presentó la mayor representación en *A. m. caucasica* con 14.2% (*MI*), mientras que en las otras dos subespecies su presencia fue marginal o de menor importancia: 1.7% (*m*) en *A. m. ligustica* y 2.1% (*m*) en *A. m. mellifera*.

El polen de *Coccoloba barbadensis*, mostró porcentajes consistentemente importantes en las tres subespecies, aunque con ligeras variaciones: 9.1% (*MI*) en *A. m. ligustica*, 7.9% (*MI*) en *A. m. mellifera* y 5.4% (*MI*) en *A. m. caucasica*.

Otros tipos polínicos como *Melampodium divaricatum* Rich. DC. 1836 (*Asteraceae*), *Cocos nucifera* L. 1753 (*Arecaceae*), *Psidium guajava* L. 1753 (*Myrtaceae*) y *Malvaviscus arboreus* Cav. 1787 (*Malvaceae*) se registraron en frecuencias bajas ($\leq 3.7\%$), indicando pecoreos ocasionales o recursos complementarios de menor importancia.

Clasificación botánica de las mieles

A pesar de las diferencias observadas en la composición polínica secundaria, no se encontró diferencia en la clasificación del origen botánico de las mieles por subespecie de abeja según los criterios de la NOM-004-SAG/GAN-2018. Las mieles producidas por las tres subespecies de abejas se clasificaron como monoflorales de *L. racemosa* debido a que su polen se registró en porcentajes mayores a 45 (Tabla 1).

Índices de diversidad biológica

La diversidad α de Shannon-Weaver del conjunto total de polen contenido en las mieles de las tres subespecies de abejas fue de $H'=1.44$ con una uniformidad de $J'=0.5$. La diversidad α y uniformidad de los conjuntos de polen en la miel por cada subespecie no tuvo variación (Tabla 1), lo que indicó que, aunque la riqueza de especies-polen varió, la distribución proporcional de los tipos polínicos fue relativamente similar entre subespecies.

Sin embargo, el análisis de disimilitud de Jaccard reveló diferencias entre los conjuntos palinológicos de las mieles de las subespecies (Figura 3). A pesar de que las tres subespecies de abejas produjeron mieles clasificadas como monoflorales de *L. racemosa*, el registro del contenido de polen de otras especies de plantas como *Amaranthaceae-Chenopodiaceae*, *B. simaruba*, *C. obtusifolia* y *C. barbadensis* diferenció al conjunto de polen de la miel de *A. m. caucasica* respecto a *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera*.

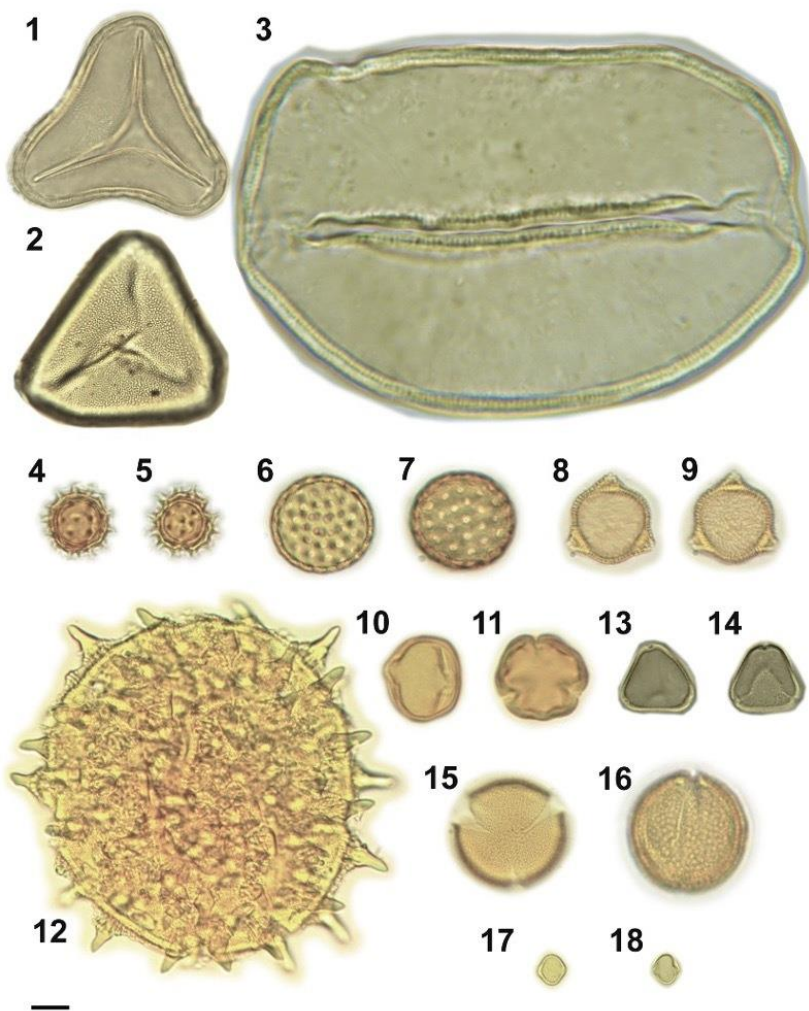


Figura 2. Microfotografías en microscopía de luz de los principales tipos polínicos presentes en las mieles de tres subespecies de *A. mellifera* en Alvarado, Veracruz, México. POLYPODIACEAE: 1-2; ARECACEAE: 3. *Cocos nucifera*; ASTERACEAE: 4-5. *Melampodium divaricatum*; 6-7. Amaranthaceae-Chenopodiaceae; BURSERACEAE: 8-9. *Bursera simaruba*; COMBRETACEAE: 10-11. *Laguncularia racemosa*; MALVACEAE: 12. *Malvaviscus arboreus*; MYRTACEAE: 13-14. *Psidium guajava*; POLYGONACEAE: 15-16. *Coccoloba barbadensis*; URTICACEAE: 17-18. *Cecropia obtusifolia*. Barra de escala = 10 μ m.

Figure 2. Light microscopy photographs of the main pollen types present in the honeys of three subspecies of *A. mellifera* in Alvarado, Veracruz, México. POLYPODIACEAE: 1-2; ARECACEAE: 3. *Cocos nucifera*; ASTERACEAE: 4-5. *Melampodium divaricatum*; 6-7. Amaranthaceae-Chenopodiaceae; BURSERACEAE: 8-9. *Bursera simaruba*; COMBRETACEAE: 10-11. *Laguncularia racemosa*; MALVACEAE: 12. *Malvaviscus arboreus*; MYRTACEAE: 13-14. *Psidium guajava*; POLYGONACEAE: 15-16. *Coccoloba barbadensis*; URTICACEAE: 17-18. *Cecropia obtusifolia*. Scale bar = 10 μ m.

El dendrograma (Figura 3) mostró que *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera* formaron un grupo más cercano (menor distancia de Jaccard), mientras que *A. m. caucasica* se separó en una rama más distante, indicando mayor disimilitud en su espectro polínico. Esta separación es consistente con

la mayor riqueza polínica registrada en *A. m. caucasica* (14 tipos) y su mayor frecuencia de visitas a *C. obtusifolia*, especie que fue marginalmente pecoreada por las otras dos subespecies.

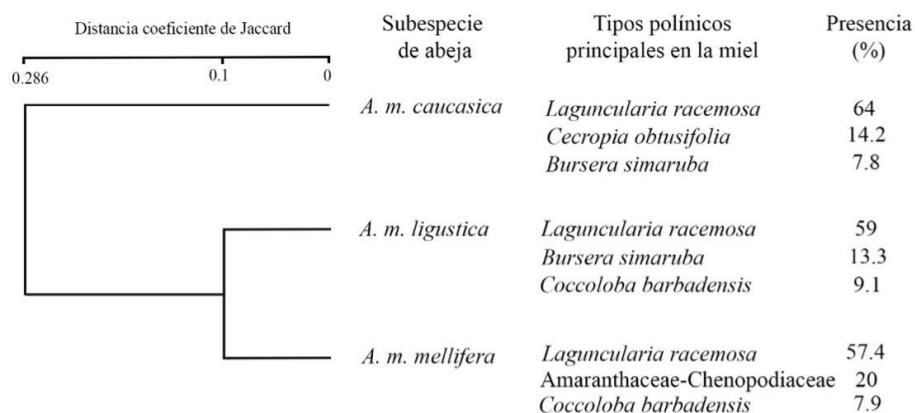


Figura 3. Dendrograma de disimilitud con base en el método de enlace simple y la distancia del coeficiente de Jaccard. Mayor disimilitud en los conjuntos de las ramas con nodos más cercanos al valor de 1.

Figure 3. Dissimilarity dendrogram based on the single linkage method and the Jaccard coefficient distance. Greater dissimilarity in the sets of branches with nodes closer to the value of 1.

DISCUSIÓN

La confirmación molecular mediante el fragmento COI-COII del ADN mitocondrial permitió establecer que las abejas de las colmenas analizadas pertenecieron a la especie *A. mellifera* con linajes maternos de origen europeo, lo cual es consistente con los antecedentes de introducción de subespecies europeas en México y con lo registrado para el país por Arechavaleta-Velasco *et al.* (2021) y Guzmán-Novoa *et al.* (2011). La alta homología obtenida con *A. m. ligustica* (93%), *A. m. mellifera* (85%) y *A. m. caucasica* (81%) es coherente con la clasificación filogenética establecida para estas subespecies: *A. m. ligustica* pertenece al linaje C de Europa del este, *A. m. mellifera* al linaje M de Europa occidental, y *A. m. caucasica* al linaje O, originario de la región del Cáucaso (Mortensen *et al.*, 2013; Crozier & Crozier, 1993). El empleo de colmenas certificadas por ASGANAREN, contribuyó a establecer la pureza del linaje materno de las abejas incluidas en este estudio.

Sin embargo, es importante señalar que el fragmento COI-COII informa exclusivamente sobre el linaje materno y no permite evaluar la composición del genoma nuclear ni el grado de hibridación entre colmenas, dado que el ADN mitocondrial se hereda únicamente a través de la madre, sin reflejar la contribución genética de los zánganos con los que se aparearon las reinas hijas. Dado que los rasgos morfológicos, fisiológicos y comportamentales de *A. mellifera* (incluidas las preferencias de pecoreo) están principalmente codificados en el genoma nuclear (Rittschhof *et al.*, 2018; Hunt *et al.*, 1995; Page *et al.*, 1995), las variaciones observadas en la composición polínica de las mieles de cada subespecie sugieren la existencia de patrones de pecoreo diferenciados entre los linajes maternos estudiados, por lo que es necesario la incorporación de marcadores nucleares para establecer su base genética funcional con mayor precisión.

La dominancia de *L. racemosa* en las mieles de las tres subespecies (57.4–64.0%) reflejó la disponibilidad de esta especie durante la temporada de floración del manglar de mayo a julio de 2024 en Alvarado, Veracruz. Este resultado respalda el papel que los manglares desempeñan como ecosistemas de alta productividad nectarífera en zonas costeras tropicales (Moreno-Casasola & Sánchez Vigil, 2010). La clasificación de las tres mieles como monoflorales de *L. racemosa*, indicó que cuando existe un recurso floral dominante y ampliamente disponible en el entorno inmediato del apiario, todas las subespecies concentran su pecoreo en dicho recurso

independientemente de su identidad genética. Esto también fue observado por Köppler *et al.* (2007), quienes encontraron que cuatro subespecies de *A. mellifera* no difirieron significativamente en la estructura de dominancia de sus espectros polínicos bajo alta disponibilidad de recursos; los autores concluyeron que las subespecies siguen una estrategia generalista de forrajeo moldeada principalmente por la disponibilidad del recurso más abundante. Aunque la selección aleatoria de tres laminillas del conjunto total generado por subespecie para el análisis palinológico redujo la replicación efectiva del diseño, la consistencia del patrón de dominancia de *L. racemosa* sugiere que el análisis que se llevó a cabo reflejó el recurso principal disponible en el ecosistema, lo que otorga solidez a los resultados generales del estudio.

El análisis de la composición polínica secundaria y de menor importancia reveló variaciones entre subespecies que sugieren patrones de pecoreo diferenciados más allá del recurso dominante. La elevada presencia de *Amaranthaceae-Chenopodiaceae* en *A. m. mellifera* (20.0%), contrastante con su representación en *A. m. ligustica* (4.7%) y *A. m. caucasica* (<1.0%), así como la mayor representación de *C. obtusifolia* en *A. m. caucasica* (14.2%), resaltaron en el espectro polínico. Dado el carácter anemófilo de ambos taxones, se consideró la posibilidad de que su presencia reflejara deposición ambiental pasiva más que pecoreo activo, siguiendo el criterio de exclusión propuesto por Louveaux *et al.* (1978) y la NOM-004-SAG/GAN-2018 (SADER, 2020). Sin embargo, la distribución desigual de estos taxones entre subespecies ubicadas en el mismo apiario y expuestas a idénticas condiciones ambientales, plantea la hipótesis de que existen preferencias de pecoreo activas y diferenciadas, ya que una contaminación atmosférica homogénea produciría proporciones similares de estos taxones en las muestras de las tres subespecies. La inclusión de los taxones anemófilos se refuerza con las observaciones directas de los apicultores sobre la visita activa de las abejas a estas plantas, la floración continua de *C. obtusifolia* a lo largo del año en ecosistemas tropicales húmedos de la región (Cornejo-Tenorio *et al.*, 2019), y con lo documentado por Aronne *et al.* (2012), quienes encontraron que *A. mellifera* frecuentemente prefiere plantas anemófilas cuando estas ofrecen grandes cantidades de polen en el entorno inmediato del apiario. Estos resultados contribuyen a la discusión sobre la pertinencia de aplicar el criterio de exclusión del polen anemófilo de manera generalizada, sugiriendo que dicho criterio debería contextualizarse con base en evidencias observacionales de visita activa por parte de las abejas y a la disponibilidad de recursos cercanos a las colmenas.

Las variaciones en el espectro polínico secundario entre subespecies son coherentes con el principio de que el comportamiento de pecoreo de *A. mellifera* tiene una base genética que influyen en las preferencias de forrajeo de néctar y polen (Hunt *et al.*, 1995; Page *et al.*, 1995; Robinson & Page, 1989). Sin embargo, debe considerarse que la ausencia de esporas de *Lycopodium clavatum* como marcador exógeno de referencia en el presente estudio impidió calcular concentraciones polínicas absolutas por gramo de miel; su incorporación en estudios futuros permitirá comparaciones más robustas entre subespecies al reducir el efecto de la variación proporcional entre taxones. Asimismo, dado que el marcador COI-COII empleado informa exclusivamente sobre el linaje materno, los patrones documentados en este trabajo constituyen una evidencia preliminar de variaciones en la composición polínica asociadas a distintos linajes maternos certificados que operaron bajo las mismas condiciones ambientales. Es necesario incorporar marcadores nucleares como microsatélites o SNPs en el siguiente paso del análisis, lo cual permitirá establecer relaciones causales más concretas entre la identidad genética funcional de cada subespecie y sus preferencias de pecoreo.

En el contexto melisopalinológico de Veracruz, la riqueza observada en el presente estudio contrastó con los registros en otras regiones del estado. Mientras que estudios previos en zonas cafetaleras y de montaña han documentado alta riqueza polínica con mieles predominantemente multiflorales dominadas por *Asteraceae*, *Fabaceae* y *Rubiaceae* (Granados-Argüello *et al.*, 2020; García-Mayoral *et al.*, 2024), el presente estudio registró únicamente 14 tipos polínicos con mieles monoflorales de *L. racemosa*. Asimismo, la diversidad α de Shannon-Weaver de las muestras analizadas ($H'=1.44$ para el conjunto total, con valores por subespecie entre $H'=1.3$ y $H'=1.4$) fue inferior a los registros en estudios melisopalinológicos realizados en ambientes similares de otras regiones de México. Por ejemplo, en mieles de *A. mellifera* del estado de Tabasco, los valores del índice de diversidad α oscilaron entre $H'=2.2$ y $H'=2.6$, con comportamiento poliléctico en la colecta de néctar de varias especies vegetales (Castellanos-

Potenciano *et al.*, 2012). En mieles de la región centro y norte de Guerrero, el índice de diversidad α varió de $H'=1.7$ a $H'=2.3$, con una uniformidad entre $J'=0.8$ y $J'=0.9$ (Ramírez-Arriaga *et al.*, 2016).

Los valores de H' registrados fueron coherentes con la naturaleza del ecosistema estudiado; a diferencia de los entornos con alta heterogeneidad florística como cafetales, bosques templados o zonas agrícolas diversificadas, el manglar de Alvarado está dominado estructuralmente por pocas especies arbóreas, lo que limita la riqueza polínica disponible para las abejas independientemente del método de muestreo empleado (Moreno-Casasola & Sánchez Vigil, 2010). La uniformidad de Pielou idéntica para las tres subespecies ($J'=0.5$) indicó que la distribución de los tipos polínicos fue homogénea entre ellas, lo cual es consistente con el patrón de dominancia de *L. racemosa* que caracteriza al ecosistema y sugiere que este resultado es robusto aun considerando las particularidades del diseño de muestreo.

Al observar los índices de Shannon-Weaver y Pielou entre las tres subespecies, se podría concluir erróneamente que no existieron diferencias en sus patrones de pecoreo. El análisis de disimilitud de Jaccard complementó la información proporcionada por los índices de diversidad α , y mostró que *A. m. caucasica* presentó mayor disimilitud en su conjunto polínico respecto a *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera*. Este análisis detectó las diferencias en la composición del espectro polínico, identificando qué taxones específicos distinguieron al conjunto polínico de cada subespecie. Esto contrasta con lo estudiado por Köppler *et al.* (2007), quienes, al utilizar índices de diversidad y equidad, no encontraron diferencias significativas entre cuatro subespecies de *A. mellifera*. Esto sugiere que el análisis de disimilitud puede enriquecer la capacidad de detectar variaciones en las preferencias de pecoreo entre linajes maternos. Estudios futuros con análisis individuales por colmena, mayor replicación de laminillas de polen de mieles e incorporación de marcadores exógenos de concentración polínica, permitirán obtener valores de diversidad más precisos y comparables entre subespecies.

La dominancia ecológica del manglar en la zona costera de Alvarado, resalta su importancia en la composición polínica de las mieles, y expone el valor de documentar los recursos melíferos de ecosistemas costeros amenazados cuya flora, integrada por las cuatro especies de manglar listadas bajo la categoría de Amenazadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) constituye el recurso nectarífero principal para la apicultura regional y merece estudios continuos que contribuyan a su conservación y manejo sustentable.

CONCLUSIONES

La confirmación molecular mediante el fragmento COI-COII del ADN mitocondrial estableció que las colonias estudiadas pertenecen a la especie *A. mellifera* con linajes maternos de origen europeo, proporcionando la base genética necesaria para comparar los patrones de pecoreo entre subespecies bajo condiciones ambientales idénticas.

Las mieles producidas por *A. m. caucasica*, *A. m. ligustica* y *A. m. mellifera* en el ecosistema de manglar de Alvarado, Veracruz, se clasificaron como monoflorales de *Laguncularia racemosa*, lo que refleja la dominancia ecológica de esta especie durante la temporada de floración estudiada e indica que cuando un recurso floral es abundante y accesible, todas las subespecies convergen en su aprovechamiento independientemente de su identidad genética. Sin embargo, el análisis de los conjuntos polínicos sugirió variaciones en el espectro polínico entre subespecies.

La presencia de taxones anemófilos entre subespecies expuestas a las mismas condiciones ambientales, junto con las observaciones directas en campo de visita activa de las abejas a dichas plantas, cuestiona la aplicación generalizada del criterio de exclusión del polen anemófilo indicado en la NOM-004-SAG/GAN-2018. Los resultados de este estudio sugieren que dicho criterio no debería aplicarse de manera generalizada, sino evaluarse con base en estudios previos de la flora disponible en la zona de producción, la fenología de las especies presentes y la disponibilidad estacional de recursos, ya que en ecosistemas donde las plantas anemófilas constituyen un recurso abundante y accesible en el entorno inmediato de las colmenas, las abejas

pueden buscarlas activamente, y su exclusión estandarizada podría distorsionar la caracterización del origen botánico de las mieles.

Estos hallazgos proporcionan evidencia preliminar de variaciones en la composición polínica asociadas al linaje materno de cada subespecie y documentan por primera vez el perfil melisopalinológico de la zona costera de Alvarado, resaltando la importancia de conservar las cuatro especies de manglar amenazadas según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010) como sustento de la actividad apícola regional. La incorporación de marcadores nucleares, mayor replicación de muestras de miel por colmena, verificación observacional del comportamiento de pecoreo sobre plantas anemófilas y el uso de esporas de *Lycopodium clavatum* como marcador exógeno en estudios futuros, permitirá establecer relaciones causales más robustas entre la identidad genética funcional de las subespecies y sus preferencias de forrajeo.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca de posgrado para la primera autora, y el financiamiento del Programa Investigadoras e Investigadores por México (Proyecto No. 654) para la autora de correspondencia, así como al Colegio de Postgraduados. A la Asociación Ganadera Nacional de Criadores de Abejas Reina y Núcleos (ASGANAREN), por proveer del pie de cría y apiarios experimentales. Al Herbario Hortorio CHAPA del Posgrado en Botánica, del Colegio de Postgraduados, y al Herbario Metropolitano UAMIZ de la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa (UAMI), por las facilidades para secar, montar y determinar los ejemplares.

LITERATURA CITADA

- Alabdali, E. A. A., Ghramh, H. A., Ibrahim, E. H., Ahmad, Z., & Asiri, A. N. (2021). Characterization of the native honey bee (*Apis mellifera jemenitica*) in the south western region of Saudi Arabia using morphometric and genetic (mtDNA COI) characteristics. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(4), 2278–2284. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.01.021>
- Alaniz-Gutiérrez, L. A., Ail-Catzim, C. E., Villanueva-Gutiérrez, R., Delgadillo-Rodríguez, J., Ortiz-Acosta, M. E., García-Moya, E., & Medina Cervantes, T. S. (2017). Caracterización palinológica de mieles del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotánica*, 0(43). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.12>
- Arechavaleta-Velasco, M. E., García-Figueroa, C., Alvarado-Avila, L. Y., Ramírez-Ramírez, F. J., & Alcalá-Escamilla, K. I. (2021). Resultados e impacto de la investigación en genética y mejoramiento genético de las abejas melíferas desarrollada por el INIFAP en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(Supl. 3), 224–242. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5919>
- Aronne, G., Giovanetti, M., & De Micco, V. (2012). Foraging rules of flower selection applied by colonies of *Apis mellifera*: ranking and associations of floral sources. *Functional Ecology*, 26(5), 1186–1196. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2012.02017.x>
- Beekman, M., & Ratnieks, F. L. W. (2000). Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology*, 14(4), 490–496. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2000.00443.x>
- Bertsch, A., Schweer, H., Titze, A., & Tanaka, H. (2005). Male labial gland secretions and mitochondrial DNA markers support species status of *Bombus cryptarum* and *B. magnus* (Hymenoptera, Apidae). *Insectes Sociaux*, 52(1), 45–54. <https://doi.org/10.1007/S00040-004-0761-1/METRICES>
- Cabrera Aguirre, E. Georgina., Contreras Ruiz Esparza, A. Victoria., Cruz Angón, Andrea., Melgarejo, E. Daniela., Perdomo Velázquez, H., & Rivera Rebolledo, J. Arturo. (2016).

- La biodiversidad en la Ciudad de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Castellanos-Potenciano, B. P., Ramírez-Arriaga, E., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2012). Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 28(1), 13–36. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000100002
- Chahbar, N., Muñoz, I., Dall'Olio, R., De la Rúa, P., Serrano, J., & Doumandji, S. (2013). Population structure of North African honey bees is influenced by both biological and anthropogenic factors. *Journal of Insect Conservation*, 17(2), 385–392. <https://doi.org/10.1007/S10841-012-9520-1>
- Chapman, N. C., Lim, J., & Oldroyd, B. P. (2008). Population Genetics of Commercial and Feral Honey Bees in Western Australia. In *Apiculture and social insects J. Econ. Entomol* (Vol. 101, Issue 2).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2021). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado | Biodiversidad Mexicana*. https://www.biodiversidad.gob.mx/region/eeb/estudios/ee_veracruz
- Cornejo-Tenorio, G., Ibarra-Manríquez, G., & Sinaca-Colín, S. (2019). *Flora de Los Tuxtlas: guía ilustrada* (1a ed., 499 pp.). Universidad Nacional Autónoma de México. ISBN: 9786073013543.
- Crozier, R. H., & Crozier, Y. C. (1993). The mitochondrial genome of the honeybee *Apis mellifera*: complete sequence and genome organization. *Genetics*, 133(1), 97–117. <https://doi.org/10.1093/genetics/133.1.97>
- Dagona, A. G. (1999). BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series*. https://www.academia.edu/2034992/BioEdit_a_user_friendly_biological_sequence_alignment_editor_and_analysis_program_for_Windows_95_98_NT
- De Klerk, P., & Joosten, H. (2007). The difference between pollen types and plant taxa: a plea for clarity and scientific freedom. *E&G Quaternary Science Journal*, 56(3), 162–171. <https://doi.org/10.3285/eg.56.3.02>
- Diario de Xalapa. (2025). *Destacan a Veracruz como cuarto lugar nacional en producción de miel - Diario de Xalapa | Noticias Locales, Policiacas, sobre México, Veracruz, y el Mundo*. <https://oem.com.mx/diariodexalapa/local/destacan-a-veracruz-como-cuarto-lugar-nacional-en-produccion-de-miel-23355704>
- Doyle, J. J., & Doyle, J. L. (1987). A rapid DNA isolation procedure from small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin*, 19(1), 11–15.
- Erdtman, G. (1960). The acetolysis method-a revised description. *Svensk Botanisk Tidskrift*, 561–564.
- Erdtman, G. (1986). *Pollen morphology and plant taxonomy*. E.J. Brill.
- García, E. (1970). Los Climas del Estado De Veracruz: (Según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por la autora). *Anales Del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica, Vol. 38-75, 41(1), 3–43*. <https://anales.ib.unam.mx/index.php/SerBot/article/view/1494>
- García-Mayoral, L. E., Granados-Argüello, R. I., López-Morgado, R., Gálvez-Marroquín, L. A., & Barbosa-Moreno, F. (2024). Flora arvense en regiones cafetaleras de la zona centro de Veracruz, México. *Polibotánica*, 0(57). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.57.2>
- Garnery, L., Solignac, M., Celebrano, G., & Cornuet, J. M. (1993). A simple test using restricted PCR-amplified mitochondrial DNA to study the genetic structure of *Apis mellifera* L. *Experientia*, 49(11), 1016–1021. <https://doi.org/10.1007/BF02125651/METRICS>
- Gobierno de México. (2024). *Descubriendo a las abejas: Atlas Nacional de las Abejas y Derivados Apícolas | Representación Agricultura San Luis Potosí | Gobierno | gob.mx*. <https://www.gob.mx/agricultura/sanluispotosi/articulos/descubriendo-a-las-abejas-atlas-nacional-de-las-abejas-y-derivados-apicolas-362336?idiom=es>
- Granados-Argüello, R. I., Villanueva-Gutiérrez, R., Martínez-Hernández, E., García Mayoral, L. E., & González de la Torre, J. E. (2020). Análisis melisopalinológico de mieles de

- Apis mellifera* L. en la zona centro de Veracruz, México. *Polibotánica*, 0(50). <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.11>
- Guzmán-Novoa, E., Correa Benítez, A., Espinosa Montaña, L. G., & Guzmán Novoa, G. (2011). Colonización, impacto y control de las abejas melíferas africanizadas en México. *Veterinaria México*, 42(2), 149–178. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922011000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Hagler, J. R., Mueller, S., Teuber, L. R., Machtley, S. A., & Van Deynze, A. (2011). Foraging range of honey bees, *Apis mellifera*, in alfalfa seed production fields. *Journal of Insect Science*, 11(1), 144. <https://doi.org/10.1673/031.011.14401>
- Halbritter, H., Ulrich, S., Grímsson, F., Weber, M., Zetter, R., Hesse, M., Buchner, R., Svojtka, M., & Frosch-Radivo, A. (2018). Illustrated Pollen Terminology, Second Edition. *Illustrated Pollen Terminology, Second Edition*, 1–483. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71365-6/COVER>
- Hunt, G. J., Page, R. E., Fondrkt, M. K., & Dullumt, C. J. (1995). *Major Quantitative Trait Loci Affecting Honey Bee Foraging Behavior*.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2010). *Compendio de información geográfica municipal 2010 Alvarado Veracruz de Ignacio de la Llave*. <http://mapserver.inegi.org.mx/mg>
- Jaccard, P. (1901). Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et du Jura. *Bulletin de La Societe Vaudoise Des Sciences Naturelles*, 37(142), 547–579. <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=bsv-002%3A1901%3A37%3A%3A579>
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology* (1999 Benjamin/Cummings, Ed.; 2nd, ilustrada ed.). Benjamin/Cummings.
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>
- Köppler, K., Vorwohl, G., & Koeniger, N. (2007). Comparison of pollen spectra collected by four different subspecies of the honey bee *Apis mellifera*. *Apidologie*, 38(4), 341–353. <https://doi.org/10.1051/apido:2007020>
- Magnus, R. M., Tripodi, A. D., & Szalanski, A. L. (2014). Mitochondrial DNA Diversity of Honey Bees (*Apis mellifera*) from Unmanaged Colonies and Swarms in the United States. *Biochemical Genetics*, 52(5–6), 245–257. <https://doi.org/10.1007/s10528-014-9644-y>
- Magurran, A. E. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurement*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Moreno-Casasola, P., & Infante, D. M. (2009). *Manglares y selvas inundables* (A. C. C. y O. Instituto de Ecología, Ed.).
- Moreno-Casasola, P., & Sánchez Vigil, G. (2010). *Veracruz : mar de arena*. Veracruz, Gobierno del Estado: Universidad Veracruzana.
- Mortensen, A. N., Schmehl, D., & Ellis, J. (2013). European Honey Bee *Apis mellifera* Linnaeus and subspecies (Insecta: Hymenoptera: Apidae). *EDIS*, 2013(8). <https://doi.org/10.32473/edis-in1005-2013>
- Nates-Parra, G. (2011). Genética del comportamiento: abejas como modelo. *Acta Biológica Colombiana*, 16(3), 213–229. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027888015>
- Niembro R., A., Vázquez Torres, M., & Sánchez Sánchez, O. (2010). Árboles de Veracruz: 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz: Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración del Bicentenario de la Independencia Nacional y del Centenario de la Revolución Mexicana: Universidad Veracruzana.
- Page, R. E., Waddington, K. D., Hunt, G. J., & Kim Fondrk, M. (1995). Genetic determinants of honey bee foraging behaviour. *Animal Behaviour*, 50(6), 1617–1625. [https://doi.org/10.1016/0003-3472\(95\)80015-8](https://doi.org/10.1016/0003-3472(95)80015-8)
- Palacios-Chávez, R., Ludlow-Wiechers, B., & Villanueva G., R. (1991). *Flora palinológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. 321 pp. https://books.google.com/books/about/Flora_palinol%C3%B3gica_de_la_Reserva_de_la.html?hl=es&id=bVpgAAAAMAAJ

- Piedras, B., David, G., & Quiroz García, L. (2007). Estudio melisopalinológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México. *Polibotánica*, 23, 57–75.
- Pintor, S., & Cáceres, J. (2019). El Polen, Elemento Clave de la Miel. *Vida Apícola*, 12, 12–23. https://www.researchgate.net/publication/332672058_El_Polen_Elemento_Clave_de_la_Miel
- Portilla-Ochoa, E., Sánchez-Hernández, A. I., Juárez-Eusebio, A., Cortina-Julio, B. E., & Negrete-Guzmán, C. (2005). *Fortalecimiento de Capacidades Locales para la Conservación de las Humedales de Alvarado Veracruz México*. Presentado en el Primer Congreso Internacional de Casos Exitosos de Desarrollo Sostenible del Trópico. 2 al 4 de Mayo.
- Ramírez-Arriaga, E., Martínez-Bernal, A., Ramírez-Maldonado, N., & Martínez-Hernández, E. (2016). Análisis palinológico de mieles y cargas de polen de *Apis mellifera* (Apidae) de la región Centro y Norte del estado de Guerrero, México. *Botanical Sciences*, 94(1), 141–156. <https://doi.org/10.17129/botsci.217>
- Ramos-Díaz, A., San Román-Ávila, D., Noriega-Trejo, R., Góngora-Chin, R., Sánchez-Contreras, Á., & Rodríguez-Buenfil, I. (2015). *Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la Península de Yucatán*. (I. y E. S. Secretaría de Investigación, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco CIATEJ Unidad Sureste, Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y de Aprovechamiento de la Vida Silvestre CEDESU, & Universidad Autónoma de Campeche, Eds.; 1a ed.). <http://www.siiies.yucatan.gob.mx>
- Rittschof, C. C., Vekaria, H. J., Palmer, J. H., & Sullivan, P. G. (2018). Brain mitochondrial bioenergetics change with rapid and prolonged shifts in aggression in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Experimental Biology*, 221(8), jeb176917. <https://doi.org/10.1242/jeb.176917>
- Rivera-Hernández, J. E., Real-Luna, N., Delgado-Blancas, M. I., Juárez-Calderón, M. A., Alcántara-Salinas, G., Pérez-Sato, J. A., Zalazar-Marcial, E., Muñoz-Márquez, R. A., & Díaz-Solís, A. (2024). *Flora melífera ilustrada de la región de las altas montañas de Veracruz, México* (Editorial Colegio de Postgraduados, Ed.).
- Robinson, G. E., & Page, R. E. (1989). Genetic determination of nectar foraging, pollen foraging, and nest-site scouting in honey bee colonies. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 24(5), 317–323. <https://doi.org/10.1007/BF00290908>
- Ruttner, F., Tassencourt, L., & Louveau, J. (1978). Biometrical-statistical analysis of the geographic variability of *Apis mellifera* L. I. Material and Methods. *Apidologie*, 9(4), 363–381. <https://doi.org/10.1051/apido:19780408>
- SADER. (2020). *Norma Oficial Mexicana NOM 004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones*. Diario Oficial. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5592435
- SAGARPA. (2003). *Flora nectarífera y polinífera en el Estado de Veracruz*. (Coordinación General de Ganadería, Gobierno del Estado de Veracruz, & Fundación Produce Veracruz, Eds.).
- Scheiner, R., Lim, K., Meixner, M. D., & Gabel, M. S. (2021). Comparing the Appetitive Learning Performance of Six European Honeybee Subspecies in a Common Apiary. *Insects*, 12(9), 768. <https://doi.org/10.3390/insects12090768>
- Seaby, R., & Henderson, P. (2006). Species Diversity and Richness version 4. *Pisces Conservation Ltd., Lymington, England*, 123.
- SEMARNAT. (2010). *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4254/semarnat/semarnat.htm>
- Tamura, K., Stecher, G., Peterson, D., Filipinski, A., & Kumar, S. (2013). MEGA6: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 6.0. *Molecular Biology and Evolution*, 30(12), 2725–2729. <https://doi.org/10.1093/MOLBEV/MST197>
- Tejeda Martínez, A., Acevedo, F., & Jáuregui, E. (1989). *Atlas climático del estado de Veracruz*. (Universidad Veracruzana, Ed.).

Recibido / Received:
10/diciembre/2025

**Recepción de versión
corregida / Revised
version received:**
8/mayo/2026

Aceptado / Accepted:
29/mayo/2026

- Thompson, J. D., Higgins, D. G., & Gibson, T. J. (1994). CLUSTAL W: improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22(22), 4673–4680. <https://doi.org/10.1093/NAR/22.22.4673>
- Valledor, L., Escandón, M., Meijón, M., Nukarinen, E., Cañal, M. J., & Weckwerth, W. (2014). A universal protocol for the combined isolation of metabolites, DNA, long RNAs, small RNAs, and proteins from plants and microorganisms. *The Plant Journal: For Cell and Molecular Biology*, 79(1), 173–180. <https://doi.org/10.1111/TPJ.12546>