



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera* L.) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA “SIERRA DE MANANTLÁN”, JALISCO, MÉXICO

XOCHILT MARÍA MORALES NAJARRO

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2021

La presente tesis titulada: **Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de la Reserva de la Biosfera “Sierra de Manantlán”, Jalisco, México**, realizada por la alumna: **Xochilt María Morales Najarro**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

BOTÁNICA

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA



Dra. Iris Grisael Galván Escobedo

ASESORA



Dra. Monserrat Vázquez Sánchez

ASESORA



M. en B. María de Montserrath Medina Acosta

Montecillo, Texcoco, Estado de México, noviembre de 2021

CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera* L.) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA “SIERRA DE MANANTLÁN”, JALISCO, MÉXICO

Xochilt María Morales Najarro, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021.

RESUMEN

Los estudios melisopalinológicos, han sido útiles durante décadas para reconocer los recursos utilizados por las abejas como *Apis mellifera* L., así como el origen botánico y geográfico de la miel. Por lo cual, es importante promover y darle continuidad a este tipo de estudios a nivel nacional, pero sobre todo en aquellos estados que son los principales productores de miel. Tal es el caso de Jalisco, que se colocó durante los últimos años en los primeros lugares de producción. Sin embargo, han sido escasos los estudios melisopalinológicos en la región. El objetivo de este trabajo fue determinar el origen botánico de la miel de *A. mellifera*, en nueve apiarios ubicados en dos comunidades en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. A través de la cuantificación y determinación del polen contenido en 17 muestras de miel, resultó que estas se clasificaron como una mezcla natural de mielada de encino (*Quercus* sp.) /fresno (*Fraxinus* sp.) con miel floral de otros seis géneros botánicos néctar-poliníferos. Por otro lado, se observó coincidencia entre la fenología de los principales géneros polínicos con la vegetación dentro del área de pecoreo de *A. mellifera*. Por último, se observó una clara diferenciación entre la composición botánica de la miel de ambas localidades, mientras que los valores más altos de riqueza y diversidad alfa se observaron en el apiario Carretera Arriba.

Palabras clave: *Fraxinus* sp., melisopalinología, mielada, miel floral, *Quercus* sp.

**BOTANICAL CHARACTERIZATION OF HONEY BEE (*Apis mellifera* L.) FROM
BIOSPHERE RESERVE OF “SIERRA DE MANANTLÁN”, JALISCO, MEXICO**

Xochilt María Morales Najarro, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021.

ABSTRACT

Melissopalynological studies have been useful for decades to recognize the resources used by bees such as *Apis mellifera* L., as well as the botanical and geographical origin of honey. Therefore, it is important to promote and give continuity to this type of studies at national level, but especially in those states that are the main honey producers. Such is the case of Jalisco, which in recent years has been in the first places of production. However, there have been few melissopalynological studies in the region. The aim of this work was to determine the botanical origin of *A. mellifera* honey in nine apiaries located in two communities in the Sierra de Manantlán Biosphere Reserve. Through quantification and determination of the pollen contained in 17 honey samples, it turned out that these were classified as a natural blend of oak (*Quercus* sp.) / ash (*Fraxinus* sp.) honeydew with floral honey from six other botanical nectar-polliniferous genera. On the other hand, they are found within the phenology of the main pollen genera with the vegetation of visiting area of *A. mellifera*. Finally, a clear differentiation is shown between the botanical composition of honey from both locations, while the highest richness and alpha diversity values were observed in the Carretera Arriba apiary.

Keywords: *Fraxinus* sp., floral honey, honeydew, melissopalynology, *Quercus* sp.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) que me brindó el financiamiento para realizar mis estudios de Maestría en Ciencias.

Al Colegio de Postgraduados (COLPOS), *Campus* Montecillo, por darme la oportunidad de ser parte de esta gran institución y brindarme nuevos conocimientos, así como las facilidades para llevar a cabo mi proyecto de investigación.

A mi consejo particular, Dra. Iris Galván Escobedo, Dra. Monserrat Vázquez Sánchez y M. en B. Montserrath Medina Acosta, quienes me brindaron la oportunidad y el apoyo en la realización de este proyecto de investigación, por sus valiosas aportaciones al trabajo y compartir sus conocimientos, pero sobre todo por el apoyo, guía, comprensión, consejo y amistad a lo largo de estos años.

Al personal de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), en particular al director Biól. Fernando Gavito, por el apoyo y facilidades otorgadas para realizar este trabajo, a Oscar Sánchez técnico operativo, por su apoyo en la coordinación y trabajo de campo. Al señor Guadalupe Flores y a los miembros de la cooperativa Nekutli en la localidad de San Miguel y al señor Miguel Virgen y su familia de la localidad de Telcruz, por su disposición y colaboración al proporcionar las muestras de miel para este estudio.

A mí apreciado colega y amigo Esteban Torres, por haber impulsado en primera instancia la idea de trabajar con los apicultores de la RBSM y haber sido el primer vínculo de contacto con las autoridades de la reserva. Con quién además comparto la fascinación por el aprendizaje y la ciencia. Por último, a mi compañero de generación, colega y amigo Abraham Hernández con quién tuve el gusto de compartir este camino desde el inicio.

Gracias totales por la confianza en mi...

DEDICATORIA

A mis padres Irma Najarro y Carlos Morales, por su amor y apoyo incondicional, impulsarme siempre a seguir adelante con mis metas, gracias a ustedes estoy dónde debo y disfrutando plenamente lo que hago, los extraño mucho, los amo y siempre están presentes en mi camino.

A mi querido hermano Celso Castro y mi cuñada Natalia Carpio, por siempre estimular mi espíritu libre y rebelde, pero apoyando y aconsejando certeramente cada paso en mi camino. Los amo, han sido mis segundos padres.

A mi incondicional, sincera y más querida amiga, hermana Jeny Juárez, por estar en las buenas y las malas, altos y bajos y ser un pilar importante en mi vida todos estos años. Te quiero muchísimo y a seguir creciendo.

A Juan Carlos Torres y su familia, por apoyarme incondicionalmente en mis momentos difíciles e impulsarme y apoyarme a continuar con mis metas, los quiero mucho.

A mi palinólogo favorito, amigo y hermano Mauricio, gracias a ti descubrí mi vocación en la investigación, pero sobre todo la palinología y estoy orgullosa de compartir este camino contigo.

A la Mtra. Angelica Bernal y Mtra. Maru Fraile, por haber sido parte de mi primer eslabón en la palinología, por el apoyo y haber compartido sus conocimientos, consejos y experiencia.

A mi querido amigo Jesús y colega, quién siempre está abierto a compartir su conocimiento y a escuchar cuando lo he necesitado.

A mis queridos amigos y colegas cercanos a quienes tengo el placer de conocer desde la licenciatura porque siempre estuvieron dispuestos a ayudarme, escucharme, consolarme o alegrarme y me apoyan incondicionalmente.

A Karina, Leo, Elideth, Elvis, Ada y Fernando por la convivencia, platicas, risas, consuelos, anécdotas, etc., estoy muy agradecida de haberlos conocido.

Con todo mi cariño...

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
DEDICATORIA.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	viii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Hipótesis.....	2
Objetivo General.....	3
Objetivos Particulares.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Palinología.....	3
Melisopalinología.....	7
Apicultura.....	13
Apicultura en México.....	16
Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México.....	18
CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE MIEL DE ABEJA (<i>Apis mellifera</i> L.) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO, MÉXICO.....	23
1.1 RESUMEN.....	23
1.2 ABSTRACT.....	24
1.3 INTRODUCCIÓN.....	25
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
1.5 RESULTADOS.....	31
1.6 DISCUSIÓN.....	39
CONCLUSIONES GENERALES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47
APÉNDICE.....	55

LISTA DE FIGURAS

INTRODUCCIÓN GENERAL

Figura 1. Regiones apícolas de México..... 17

CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera* L.)

DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO, MÉXICO.

Figura 1.1. Ubicación del área de estudio y geoeosistemas circundantes a los apiarios de Telcruz y San Miguel (con datos de Jardel *et al.*2013), en el Ejido de Ayotitlán, Cuautitlán de García Barragán, Jalisco, México..... 28

Figura 1.2. Diagrama con frecuencias absolutas de cada tipo polínico presentes en la miel de San Migue y Telcruz, Ejido de Ayotitlán, Cuautitlán de García Barragán, Jalisco, México..... 33

Figura 1.3. Principales tipos polínicos utilizados para la clasificación de la miel de San Miguel y Telcruz, Ejido de Ayotitlán, Cuautitlán de García Barragán, Jalisco, México.. 36

Figura 1.4. A) Dendrograma a partir valores de disimilitud de Jaccard, mayor disimilitud en los conjuntos de las ramas con nodos más cercanos a valor de 1. B) Año de cosecha, miel de cada uno de los apiarios y su clasificación con base en su origen botánico..... 38

INTRODUCCIÓN GENERAL

México se caracteriza a nivel internacional por su alta producción de miel, por este motivo, a lo largo de los años se ha visto la necesidad de generar una normatividad para la certificación de la miel producida en la región. Uno de los requisitos en la certificación, es la denominación de origen botánico de la miel a partir de sus características melisopalinológicas (SADER 2020).

La miel se puede clasificar como monofloral (cuando se tiene dominancia en porcentaje de polen de un solo género o especie botánica) o multifloral (cuando se tiene presencia en diferentes porcentajes de polen de distintos géneros o especies botánicas). Sin embargo, la normatividad mexicana sobre la miel ha pasado por diferentes modificaciones y se ha enriquecido con parámetros de las normas internacionales (EC 2001, CCA 2019) e investigaciones melisopalinológicas como la de Ramírez-Arriaga *et al.* (2011) quienes propusieron una subclasificación para las mieles multiflorales, en mieles biflorales, oligoflorales y estrictamente multiflorales.

Apis mellifera L. ha sido durante mucho tiempo una de las especies de abejas con aguijón que se utiliza principalmente para la producción de miel en México, por lo cual en la actualidad existen diversos estudios melisopalinológicos que se basan en el origen botánico de la miel producida por esta abeja (p. ej. Alaníz-Gutiérrez *et al.* 2017, González-Castillo *et al.* 2017, Pérez-Sato *et al.* 2018, Granados-Argüello *et al.* 2020).

En la región apícola del occidente de México, existe un vacío con respecto a la determinación del origen botánico de la miel que se produce. El estado de Jalisco es un ejemplo de ello, ha sido en los últimos años uno de los principales productores a nivel nacional (SIAP, 2021), pero hasta el momento se había reportado un solo estudio con respecto a los recursos

botánicos utilizados por *Scaptotrigona hellwegeri* un meliponino de la región de Chamela (Quiroz-García *et al.* 2011).

Es lamentable no darle la debida importancia a la melisopalinología como herramienta para la identificación de interacciones ecológicas abeja-planta y complemento del proceso de certificación en las prácticas apícolas, considerando que dicha práctica ayuda a incrementar la diversidad biológica y genética de los ecosistemas (Tetreault & Lucio López 2011), lo cual debe ser primordial al tratarse de áreas de conservación como lo es la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), en el estado de Jalisco.

El presente trabajo es una contribución al desarrollo de las investigaciones melisopalinológicas en la región de la RBSM, ya que este tipo de trabajos son útiles en primera instancia para elevar el valor agregado a la miel que se produce y comercializa en la zona, garantizando al consumidor final calidad del producto que adquiere. Por otro lado, es información concreta sobre los recursos botánicos importantes en la producción apícola para apoyar a las autoridades ambientales a promover y/o continuar con sus programas de conservación.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Hipótesis

Dada la cercanía de los apiarios de las comunidades de San Miguel y Telcruz, la similitud en la vegetación, las condiciones de conservación de la flora de la región, se espera que la miel producida en los nueve apiarios sea de origen multifloral.

Objetivo General

Determinar el origen botánico de las mieles de *Apis mellifera* L. de nueve apiarios de dos comunidades del Ejido de Ayotitlán, en la Reserva de la Biosfera “Sierra de Manantlán”, Cuautitlán García de Barragán, Jalisco.

Objetivos Particulares

- 1) Determinar los tipos de vegetación circundante a los apiarios, mediante Sistemas de Información Geográfica.
- 2) Cuantificar y determinar los tipos polínicos presentes en la miel de los apiarios la Reserva de la Biosfera “Sierra de Manantlán”.
- 3) Estimar la riqueza, diversidad alfa de especies y similitud de los conjuntos palinológicos entre los apiarios.

REVISIÓN DE LITERATURA

Palinología

La palinología es la rama de la ciencia que se encarga de estudiar los palinomorfos, es decir, todas aquellas entidades microscópicas compuestas de material orgánico tan diminuto que es poco visible a simple vista, dentro de estos se encuentran las esporas de hongos, musgos y/o helechos, granos de polen y dinoflagelados (Halbritter *et al.* 2018). Los granos de polen son generalmente los más estudiados y encontrados en el espectro de palinomorfos.

Polen

El polen es la unidad de transporte y dispersión de los gametos masculinos o microesporas, en él se contiene la mitad de la información genética imprescindible para la reproducción sexual de las plantas, por tanto, juega un papel importante en el ciclo de vida de las plantas, son parte de las células predecesoras y fundamentales para la producción de frutos y semillas durante el ciclo reproductivo de las plantas (Nabors 2006).

Los granos de polen se caracterizan por tener una pared formada de esporopolenina también llamada exina, posee una estructura dividida en tres principales capas, la más externa llamada sexina, una intermedia llamada nexina y la más interna llamada intina (Sáenz de Rivas 1978). La exina funciona como protección para el citoplasma y los núcleos del microsporangio, misma que otorga la resistencia y durabilidad a la pared, pero que además facilita el mecanismo de harmomegata, que consiste en cambios de presión osmótica en el polen, esto para controlar la germinación del tubo polínico cuando se dan las condiciones aptas para la fecundación (Blackmore & Barnes 1936).

Las plantas han evolucionado y/o coevolucionado a lo largo de millones de años, para adaptarse a los cambios de las condiciones ambientales. Las adaptaciones al ambiente estimulan a diversos cambios en las plantas para asegurar la sobrevivencia principalmente se relacionan con la etapa reproductiva (Nabors 2006).

Dependiendo de las adaptaciones y los diferentes grupos taxonómicos de plantas se pueden encontrar al menos dos mecanismos de dispersión del polen para hacer posible la fecundación; entomófilo, cuando las plantas producen algún tipo de recompensa para que los animales o insectos

transporten el polen; anemófilo, cuando la planta produce grandes cantidades de polen y lo dispersa por medio del viento a grandes distancias (Kapp *et al.* 2000).

Morfología polínica

Dependiendo del tipo de dispersión de polen, existen variaciones en la morfología polínica, ya que los granos de polen anemófilos tienden a ser más ligeros que el polen entomófilo (Sáenz de Rivas 1978). Sin embargo, para llegar al proceso de dispersión de los granos de polen maduros, es decir, listos para la fecundación, las células madres de las microesporas pasan por diferentes etapas de división celular (Halbritter *et al.* 2018).

La unidad básica durante la microesporogénesis es la tétrade, en algunas plantas los granos de polen se quedan de esa forma para dispersarse, pero generalmente existe un proceso de separación de los granos de polen en unidades más pequeñas que pueden ser díadas, cuando se dispersan dos granos de polen juntos, o mónada cuando queda únicamente un grano de polen (Halbritter *et al.* 2018).

Una vez que el polen está maduro y con su unidad de dispersión definida, se pueden identificar todas sus características morfológicas, generalmente esto se hace con el polen acetolizado. Se define un plano de simetría a partir del cual también se establece la polaridad, y se describe la forma, aberturas, pared (exina), estructura de la pared, ornamentación y elementos esculturales, relación de las capas de la pared (sexina: nexina) y en caso de ser necesario contorno polar (Sáenz de Rivas 1978, Kapp *et al.* 2000, Halbritter *et al.* 2018).

Kapp *et al.* (2000) plantean que los morfotipos polínicos descritos hasta ese momento, a menudo no coinciden con los grupos taxonómicos establecidos, lo cual dificulta la determinación del polen a nivel de especie, incluso con ayuda de claves taxonómicas. Pero existen características

distintivas a nivel de grandes grupos taxonómicos, por ejemplo, las angiospermas, se pueden diferenciar entre eudicotiledóneas y monocotiledóneas por la posición y orientación de las aberturas.

En las monocotiledóneas, las aberturas se encuentran ubicadas en el plano polar y generalmente van de una a dos aberturas. Mientras que, en las eudicotiledóneas, las aberturas generalmente están posicionadas en el plano ecuatorial y van de dos a más aberturas (Halbritter *et al.* 2018). Aunque en ocasiones existen algunas características morfológicas a partir de las cuales se puede diferenciar el polen a nivel de familia, por ejemplo, en las Asteraceae o Poaceae, generalmente las variaciones a nivel infra genérico se dan en el tamaño de ciertas estructuras morfológicas y/o de la composición de la ornamentación, escultura o ultraestructura.

A partir de la morfología polínica se puede realizar una identificación y determinación taxonómica de las plantas presentes en una muestra, es decir, a través de relacionar polen-planta. La metodología para la identificación del polen varía dependiendo del tipo de muestra con el cual se esté trabajando.

Aplicaciones de la palinología

La palinología es una herramienta metodológica en diferentes rubros de la ciencia, en un inicio se utilizaba exclusivamente para la Geología (Sáenz de Rivas 1978). Actualmente tiene aplicaciones en taxonomía, estudios genéticos y evolutivos, arqueología, ecología, estratigrafía, estudios de cambio climático, etc. (Kapp *et al.* 2000, Ibarra-Morales & Fernández-Galán 2012).

En Arqueobotánica, se utiliza la palinoestratigrafía para identificar mediante la presencia de polen las fluctuaciones climáticas que se dan en determinada zona, esto a partir de muestras de suelo (González-Quintero 1995). Mediante la Aeropalinología, se identifican los granos de polen

de aquellas plantas que se dispersan mediante anemofilia, suspendidos en la atmosfera junto con otras partículas y que en ocasiones pueden llegar a causar alergias en los humanos (Rocha Estrada *et al.* 2009). Además, al ser el polen una partícula microscópica es muy fácil su deposición en la ropa y otros artefactos, lo que lleva a que su identificación puede ser de ayuda para la resolución de casos en el área criminalística (Martínez-Sánchez *et al.* 2008).

Por último, la identificación del polen contenido en muestras de miel o cargas polínicas de las abejas, ayuda a conocer los recursos botánicos a los cuales tienen acceso. También sirve para caracterizar la miel a partir de los porcentajes en los que se encuentra el polen, a esta rama se le conoce como melisopalinología.

Melisopalinología

La melisopalinología reconoce los recursos florales que visitan (pecorean) las abejas para producir la miel. La Real Academia Española define la miel como “sustancia viscosa, amarillenta y muy dulce, que producen las abejas transformando en su estómago el néctar de las flores, y devolviéndolo por la boca para llenar con él los panales y que sirva de alimento a las crías” sin hacer distinción entre meliponinos y *A. mellifera*.

De acuerdo con la normatividad, la miel es considerada una sustancia dulce natural producida por *A. mellifera* a partir de la recolección, transformación por medio de digestión y combinación con sustancias específicas propias, del néctar de flores y/o partes vegetativas de la planta, que posteriormente depositan, deshidratan y almacenan en panales, de los cuales se extrae el producto sin ninguna adición (CCA 2019, SADER 2020).

De manera particular, dependiendo del origen estructural en las plantas, la miel puede considerarse floral, cuando esta proviene de la colecta de néctar de las estructuras florales. Por otro

lado, se considera mielada cuando se trata de la recolección de excreciones o secreciones provenientes de las partes vegetativas de las plantas (CCA 2019).

Las mieladas también se definen como el resultado de las excreciones líquidas de homópteros que se acumulan en forma de depósitos azucarados (Malumphy 1997) y quedan depositados sobre las estructuras vegetativas de las plantas, o la savia que estas mismas producen por acción de algún otro insecto y en ambos casos, posteriormente son colectadas por *A. mellifera* (Segurondo Loza *et al.* 2020).

Tanto la identificación y conteo de los granos de polen como las características organolépticas de la miel, son clave para conocer el origen botánico y geográfico de estas (Castañón Chavarria 2003, Sánchez & Lupo 2011, Ramírez-Arriaga *et al.*, 2016). En México, se han realizado estudios melisopalinológicos desde finales del siglo pasado, con el paso del tiempo han enriquecido el conocimiento sobre los recursos florísticos utilizados por las abejas en las diferentes regiones del país. Durante la última década, se han generado al menos una docena de estudios melisopalinológicos, en los cuales se reportan los diferentes recursos apícolas utilizados por *A. mellifera*.

Por mencionar algunos estados en los cuales se han realizado estudios melisopalinológicos se encuentran Durango (González-Castillo *et al.* 2017); Jalisco (Mondragón Cortez *et al.* 2013, Tapia-Campos *et al.* 2017); Michoacán (Araujo-Mondragón & Redonda-Martínez 2019); Tabasco (Castellanos-Potenciano *et al.* 2012, Zaldívar-Cruz *et al.* 2013); Veracruz (Granados-Arguello *et al.* 2020); Yucatán (Moguel Ordoñez *et al.* 2005, Castillo Cázares *et al.* 2016).

Método melisopalinológico

La extracción de muestras melisopalinológicas consiste en tomar muestras de miel en campo o después de la centrifugación. Para el análisis cuantitativo de polen, se necesita hacer preparaciones semipermanentes, las cuales se observan al microscopio para hacer la cuantificación, descripción y determinación de los granos de polen (Louveaux *et al.* 1970, Von der Ohe *et al.* 2004). Cuando se trata de muestras de *A. mellifera*, es necesario tener al menos 30 g de miel para procesarla y obtener de dos a tres laminillas.

Para obtener las laminillas o preparaciones semipermanentes, se siguen al menos tres procesos metodológicos (SADER 2020):

- a) Extracción del polen con otras trazas presentes en la miel. Se debe homogenizar la muestra de miel para que el polen quede suspendido y se puede extraer la mayor cantidad posible. Se pesan al menos 30 g de miel en tubos para centrífuga y se afora con agua destilada tibia (no más de 40 ° C), este proceso se repite en varias ocasiones hasta obtener una pastilla con mezcla de polen, cera y trazas al fondo de los tubos.
- b) Extracción de polen por medio de acetólisis. La pastilla obtenida en el paso anterior, se separa con enjuagues de ácido acético, para posteriormente en baño maría hacer un lavado con ácidos en una mezcla acetolítica (anhídrido acético con ácido sulfúrico), y se termina con varios enjuagues con ácido acético en diferentes ciclos de centrifugado. Esto con el fin de degradar todos aquellos sedimentos de materia orgánica que se puedan encontrar en la muestra y sobre todo extraer el citoplasma y dejar únicamente la pared de esporopolenina de los granos de polen.

- c) Montaje de laminillas. Dependiendo del tamaño de la pastilla después del último enjuague, se pueden llegar a obtener más de tres laminillas. La gelatina glicerinada derretida es el medio de montaje que se utiliza para este tipo de preparaciones, se ponen de una a dos gotas de muestra de polen en una gota de gelatina.

Una vez que se tienen las preparaciones semipermanentes, se lleva simultáneamente la descripción e identificación del polen junto con un análisis cuantitativo para determinar los porcentajes de presencia de cada tipo polínico (Louveaux *et al.* 1970, Von der Ohe *et al.* 2004, SADER 2020).

Con el paso del tiempo se ha intentado homogenizar la metodología para el análisis de calidad de la miel. Hasta ahora Europa tiene los mejores avances. Un ejemplo de ello, es la propuesta de Von der Ohe *et al.* (2004), quienes trataron de homogenizar la metodología melisopalinológica, proponiendo el conteo de elementos vegetales, que incluye los elementos de mielada (por ejemplo, fungo esporas, hifas y algas microscopias), a partir de esto definen cinco clases:

- a) Clase I: incluye mieles uniflorales con subrepresentatividad de polen.
- b) Clase II: miel multifloral, miel de mielada y mezcla de miel de mielada con miel floral.
- c) Clase III: miel monofloral con sobre representación de polen y miel de mielada.
- d) Clase IV: miel monofloral con fuerte sobre representación de polen y algunas mieles prensadas.
- e) Clase V: mieles prensadas

Clasificación de la miel en México

La miel floral se puede diferenciar por su origen botánico y/o su origen geográfico, en ambos casos los granos de polen juegan un papel importante. El origen floral está determinado por la dominancia de polen o de néctar, mientras que el origen geográfico se determina a partir de la latitud, población o demarcación geográfica, estas mieles se producen con las plantas y técnicas particulares de cada zona e incluso se pueden diferenciar de otras mieles similares (Castañón Chavarría 2009).

Por otro lado, en términos melisopalinológicos, la miel puede definirse como monoflora o multiflora dependiendo de los porcentajes establecidos en la norma (SADER 2020), sin embargo, cuando se trata de mieladas, la definición se complica. Generalmente se definen dentro de la categoría de miel pobre en polen y que además contienen trazas como hifas de hongos o restos de partes de las abejas (Louveaux *et al.* 1970, Ortiz 1990, Von Der Ohe *et al.* 2004). Hasta ahora su diferenciación principalmente se ha hecho en términos físico-químicos (Gfeller & Bogdanov 2006, Gamboa-Abril *et al.* 2012).

Por mencionar algunos ejemplos de la clasificación en México, en Guerrero, González Sandoval *et al.* (2016), a partir de 35 muestras de miel de 7 apiarios, encontraron que, en cinco de los apiarios, la miel era multiflora y, en dos, las mieles resultaron monoflorales teniendo como especies predominantes a *Cobretum farinosum* e *Ipomoea arborescens*.

En la región subtropical de Oaxaca Ramírez-Arriaga *et al.* (2011), analizaron 39 muestras de miel y se determinaron por su origen botánico como monoflorales, biflorales, poliflorales y oligoflorales principalmente con presencia de especies de la familia Asteraceae.

Normatividad para la miel

Las normas internacionales sobre la miel, son parte de las directrices creadas por el código alimenticio, como una necesidad de garantizar que los alimentos comercializados sean de la mejor calidad y saludables para no causar ningún daño a la salud de los consumidores (FAO 2021).

A nivel internacional, la normatividad utilizada generalmente para los análisis de calidad de la miel es el Codex Alimentarius (CCA 2019) creada por la FAO. Sin embargo, dependiendo de las necesidades de cada región del mundo se han creado las normativas para la producción de miel a nivel local para cada país. En México, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Social, publicó en 2020, la última actualización de la norma oficial mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones (SADER 2020).

Las normativas se basan principalmente en parámetros de calidad físico-química, para descartar el contenido de cualquier compuesto orgánico o inorgánico diferente a los compuestos naturales de la miel (Gfeller & Bogdanov 2006, Gamboa-Abril *et al.* 2012). Sin embargo, a pesar que desde un inicio se ha considerado la caracterización botánica y geográfica de la miel, aún falta profundizar un poco más la metodología melisopalinológica para realizar dicha caracterización en términos de la normatividad mexicana.

El desarrollo de los estudios melisopalinológicos ha contribuido fuertemente a prestar más atención a la caracterización botánica y geográfica de la miel. En Latinoamérica, Brasil es uno de los países latinoamericanos con alta cantidad de estudios melisopalinológicos, con una producción promedio de publicaciones de 10.15 por año, esto al menos durante el período de 2005-2017 (Ribeiro de Souza *et al.* 2018), aunque las publicaciones en México aún no se comparan a las de Brasil, se espera en el corto plazo seguir enriqueciendo dicha área.

En cuanto a las mieladas, no se aborda a fondo su clasificación en términos melisopalinológicos dentro de la normatividad. Sin embargo, en la normativa internacional si se diferencia la miel floral con respecto a la mielada o mezcla de mielada con miel floral, esto de acuerdo con contenido de fructosa y sacarosa, cuando tiene por arriba de 60 g por cada 100 g de miel, se trata de una miel floral, mientras que si tiene por arriba de 45 g se trata de miel de mielada (EC 2001, CCA 2019).

La normativa mexicana aún no presenta una definición clara de la mielada, ya que ni siquiera se define de acuerdo a su contenido químico. Sin embargo, tampoco se han reportado estudios detallados sobre mieladas en la región mexicana, Ramírez-Arriaga *et al.* (2011) mencionan por primera ocasión el término mezcla natural de miel floral y mielada, basado en el contenido de polen de una muestra de miel.

Por lo tanto, al encontrarse con miel que no cumple con los parámetros de contenido polínico de las mieles florales comúnmente comercializadas, existe la dificultad de aplicar una normatividad basada en métodos melisopalinológicos estandarizados. Es decir, existe la necesidad de analizar en término melisopalinológicos aquellas mieladas que han sido diferenciadas mediante contenido físico-químicos para generar una diferenciación robusta entre miel floral y miel de mielada, e incluso identificar los diferentes tipos de mieladas que podrían encontrarse (Gfeller & Bogdanov 2006).

Apicultura

Es una práctica agrícola que se basa en la crianza de abejas, principalmente del género *Apis* sp., para la posterior extracción de productos derivados de las colmenas (miel, polen, propóleo, jalea real y cera) para consumo y/o comercialización (Cruz Gutiérrez & Zaragos Pérez 2012). Es

considerada una actividad con relevancia social y económica, que además tiene grandes beneficios en términos nutricionales y alimenticios (Ramos Díaz & Pacheco López 2016).

Estrategias de pecoreo de *Apis mellifera* L.

Apis mellifera es una de las pocas especies de abejas con comportamiento social, es decir, donde cada individuo tiene una función desde su nacimiento que de forma coordinada y jerárquica permiten el funcionamiento eficiente de la colmena (Nates-Parra 2011). En cuanto a las estrategias de pecoreo de las abejas Beekman & Ratnieks (2000) establecieron que las abejas pecorean en un promedio de 5 km alrededor de su colmena.

En general se sabe que este tipo de abejas tienen un comportamiento de pecoreo generalista, es decir, de acuerdo con las plantas que visitan las abejas, estas se pueden clasificar en (Müller 1996, Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007):

- a) Oligoléctico: 95 % o más de los granos de polen son de una sola familia botánica.
- b) Poliléctico: ningún tipo de polínico alcanza el 70 % de presencia.

Recursos néctar-poliníferos

México posee gran diversidad de especies de plantas vasculares y la Sierra de Manantlán es considerada una de las Áreas Naturales Protegidas más importantes del país, por su alto nivel de biodiversidad y servicios ambientales (Tetreault & Lucio López 2011). De la Mora González (1988) registra para el estado de Jalisco 64 familias de plantas nectaríferas entre las que se encuentran Agavaceae, Anacardiaceae, Asteraceae, Burseraceae, Bombacaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Fagaceae, Malvaceae, Leguminosae, por mencionar algunas; esto como resultado de estudios florísticos.

Para Durango se han determinado al menos 15 familias de plantas representadas en la miel de *A. mellifera*, de las cuales las más diversas fueron Asteraceae y Fabaceae; del total de tipos polínicos, se reportaron 59% pertenecientes a la flora nativa, 27% como flora exótica y 14% de origen indeterminado (González-Castillo *et al.* 2017).

En Tabasco se reportaron las familias Anacardiaceae, Arecaceae, Asteraceae, Elaeocarpaceae, Fabaceae, Moraceae, Poaceae, Piperaceae, Polygoniaceae, Rubiaceae, Tiliaceae, como resultado de estudio melisopalinológico, confirmando que *A. mellifera* tiene hábitos generalistas (Castellanos-Potenciano *et al.* 2012).

En el Valle de México, *Eucalyptus*, *Ipomoea*, *Lopezia*, *Pseudobombax*, *Salvia*, especies de la subfamilia Papilionoideae (Leguminosae), Euphorbiaceae y Rubiaceae se han reportado como plantas que aportan néctar a la miel producida en la región. Además, sus resultados permiten suponer que en zonas urbanas como en la Ciudad de México, las abejas prefieren el recurso floral del estrato herbáceo y malezas (Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007).

Para Zacatecas se consideran como recursos apícolas importantes a las familias Asteraceae, Fabaceae, Lamiaceae, Sapindaceae, Ulmaceae y a los géneros *Brassica*, *Heliocarpus* y *Stenandrium* (Acosta-Castellanos *et al.* 2011).

Ulloa *et al.* (2010), Ramírez-Arriaga *et al.* (2016) y González-Castillo *et al.* (2017) sugirieron que, al conocer los recursos florales preferidos por las abejas se puede aumentar la producción de miel al mover sus colmenas a lugares con mayor abundancia de plantas néctar-poliníferas o promover la siembra de dichos recursos alrededor de los apiarios.

Apicultura en México

México es de los principales productores y exportadores de miel a nivel mundial, para 2019, produjo alrededor de 61.9 mil toneladas de miel, siendo los estados de Yucatán, Campeche, Jalisco y Chiapas los principales estados productores (SADER 2020 a). La apicultura otorga beneficios económicos, tanto directos a partir de la venta de los productos apícolas, como indirectos en caso de usarse las abejas como polinizadoras de cultivos (Magaña Pech 2011).

En términos alimenticios y nutricionales, la miel posee propiedades curativas, se ha reportado su uso para enfermedades respiratorias (Ramos-Elorduy 1997). Además, se plantea una estrecha relación entre la actividad antibacteriana y antioxidante de la miel con su origen botánico (Bogdanov 2016).

Regiones apícolas

México se divide en cinco grandes regiones apícolas (Magaña Pech 2011), cuya delimitación se basa en las condiciones climáticas, de suelo, vegetación y de explotación de las abejas. Así como características intrínsecas de la miel, como humedad, color, aroma y sabor (SAGARPA 2010). En la figura 1, se presentan las regiones apícolas:

- a) Región Norte, abarca Baja California Norte y Sur, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, Zacatecas, parte norte de Tamaulipas y altiplano de San Luis Potosí.
- b) Región Centro o Altiplano, ubicada en la meseta central, abarca Puebla, Hidalgo, Estado de México, Querétaro, Guanajuato, Aguascalientes, San Luis Potosí, CDMX, Tlaxcala y Morelos.

- c) Región Costa del Pacífico, comprende Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Colima, Nayarit y Sinaloa, poniente de Jalisco, parte de Guerrero.
- d) Región del Golfo, comprende Veracruz, Tabasco y Tamaulipas.
- e) Región de la Península de Yucatán, comprende Yucatán, Campeche y Quintana Roo.



Figura 1. Regiones apícolas de México (SAGARPA 2010).

La apicultura en Jalisco

El estado de Jalisco pertenece a las regiones apícolas del Altiplano (mieles tipo mantequilla y de acahual, color ámbar a ámbar claro) y Costa del Pacífico (mieles multiflorales, que van de oscuras a color ámbar y ámbar clara) (SAGARPA 2010). Además, Jalisco se posicionó durante 2020 como en el primer lugar de producción de miel, y durante los últimos años, junto con Campeche, Chiapas, Veracruz y Yucatán representan el 90 % de la producción nacional (SIAP 2021).

De acuerdo con Contreras Escareño *et al.* (2013), el sur y sureste de Jalisco se encontraba en una situación incipiente con respecto a la apicultura, bajo condiciones poco propicias para la productividad competitiva en términos sociales y productos no diferenciados, por tanto, desde entonces esa región del estado se ha vuelto potencialmente propicia para incorporar nuevos modelos productivos.

Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México

La Sierra de Manantlán se declaró como reserva de la biosfera en 1987, entre otras razones por el descubrimiento del Teocintle (*Zea diploperennis*) especie silvestre, endémica de la zona que posee características genéticas muy parecidas a las del maíz de cultivo común (*Zea mays*), pero con mayor resistencia inmune que esta última (Vázquez *et al.* 1995).

La reserva de la biosfera entra dentro de las categorías más altas de las Áreas Naturales Protegidas (ANP), esta se caracteriza por ser un área selecta que representa un ecosistema terrestre con gran diversidad biológica y ambiental (Vázquez *et al.* 1995). Además, los usos y costumbres de los pobladores dentro de la región estimulan la preservación y desarrollo de la biodiversidad.

Localización geográfica, fisiográfica y clima

En el estado de Jalisco, se ubica el Área Natural Protegida “Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán” (RBSM) con extensión de 139, 577 hectáreas, ubicado entre las coordenadas 103°45´- 104°30´ de longitud oeste y los 19°25´- 19°45´ de latitud norte. Con un rango altitudinal de 400 a 2860 m.s.n.m. (Carabias-Lillo *et al.* 2000, Jardel *et al.* 2013).

Por su origen geológico la Sierra de Manantlán se remonta a los períodos Terciario y Cuaternario en la porción occidental y central, mientras que hacia la porción oriental se remonta

al Cretácico superior (Vázquez *et al.* 1995). De acuerdo con la formación litológica la sierra se divide en dos zonas de origen volcánico y sedimentario, respectivamente. Además, se describen nueve unidades fisiográficas caracterizadas por presentar suelos de tipo acrisoles, andosoles, cambisoles, castañozem, chernozem, feozems, fluvisoles, litosoles, luvisol, regosoles, rendzina, vertisol, entre otras características geodafológicas (Vázquez *et al.* 1995, Martínez & Ramírez 1998).

Se registran climas cálidos, templados y secos, con siete subgrupos climáticos (Martínez *et al.* 1991), de los cuales los subgrupos cálido subhúmedo, semicálido subhúmedo, templado subhúmedo y cálido subhúmedo son desglosados en la Flora de Manatlán. Temperatura media anual de 16-22°C y precipitaciones medias anuales de 575 -1700 mm (Vázquez *et al.* 1995, Carabias-Lillo *et al.* 2000).

Vegetación

La Sierra de Manantlán pertenece a la zona de transición fitogeográfica denominada Holártica-Neotropical (Morrone 2005). De acuerdo con Vázquez *et al.* (1995), la reserva cuenta con 12 diferentes tipos de vegetación:

- a) Bosque Mesófilo de Montaña. En este se encuentran elementos caducifolios y perennifolios, con árboles de entre 12 a 40 metros de alto, entre altitudes de 700 a 2600 metros. Entre sus componentes vegetales están *Fraxinus uhdei* y *Quercus salicifolia*, entre otros géneros.

- b) Bosque de *Abies* y/o *Cupressus*. Con árboles perennes de entre 30 a 40 m, entre 2000 y 2800 metros de altitud. Algunos de sus componentes son *Abies religiosa*, *Cupressus lusitánica*, *Quercus laurina*, *Q. crassipes* entre otros géneros.

- c) Bosque de *Pinus* y *Quercus*. Los individuos dominantes de esta vegetación oscilan entre los 6 y 25 m de altura, en altitudes de 1000 a 1500 metros. Los componentes que se registran para este son *Pinus oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. douglasiana*, *P. pseudostrobus*, *P. herrerae*, *Quercus resinosa*, *Q. elliptica*, *Q. magnoliifolia*, *Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. aff. gentryi* y *Q. rugosa*.
- d) Bosque de *Quercus*. Este se caracteriza por subdividirse en dos tipos (caducifolio y subperennifolio) dependiendo de las características fisionómicas de las especies. Los árboles van de 5 a 9 metros de altura, en altitudes de entre 400 a 1500. Algunas de las especies de *Quercus* dominantes son *Q. glaucescens*, *Q. crassifolia*, *Q. xalapensis* entre las 22 especies de encinos.
- e) Bosque de *Pinus*. Con árboles siempre verdes de altura entre 10 y 35 metros, en altitudes desde los 1800 a 2800 metros. Entre las especies dominantes están *Pinus devoniana*, *P. montezumae*, *P. oocarpa*, entre las ocho reportadas.
- f) Vegetación xerófila de altura. Compuesta por estrato arbóreo y herbáceo, en altitudes de los 2500 a 3000 metros. Entre sus componentes vegetales están *Abies* spp., *Quercus* spp., *Rubus* spp. y *Salvia* spp., entre otros.
- g) Bosque tropical caducifolio. Dominado por especies arbóreas sin espinas, que van desde los 600 hasta los 1700 metros de altitud. Entre sus componentes están los géneros *Cochlospermum* sp., *Heliocarpus* sp, y *Lysolima* sp.
- h) Bosque tropical espinoso. Se observan como manchones y en ocasiones se confunde con el bosque tropical caducifolio. Entre los componentes vegetales están los géneros *Acacia*, *Mimosa*, *Opuntia*, entre otros.

- i) Bosque tropical subcaducifolio. Comunidad principalmente arbórea caducifolia, aunque en ocasiones puede permanecer perennifolia, dependiendo de los componentes vegetales, va de los 400 a 1200 metros de altitud. Algunos géneros registrados como dominantes son *Acacia* sp., *Ficus* sp., *Lonchocarpus* sp. entre otros.
- j) Bosque de galería. Vegetación heterogénea que va desde los 400 a 2200 metros de altitud. Algunos géneros dominantes son *Alnus* sp., *Fraxinus* sp., *Salix* sp. entre otros.
- k) Vegetación sabanoide. Se presentan en altitudes de los 700 a los 1000 metros, con componentes que van de 4 a 8 metros de altura. Los principales componentes son *Byrsonimia crassifolia*, *Curatella americana* y ocasionalmente *Quercus castanea*.
- l) Pastizal. Vegetación compuesta principalmente por gramíneas, entre las que se encuentran los géneros *Muhlenbergia* sp., *Panicum* spp., *Seratopsis* spp., entre otros.

Importancia cultural y biológica

La Sierra de Manantlán pertenece a una de las dos principales regiones étnicas de Jalisco, sin embargo, dentro de esta región también existe una de las comunidades más marginadas del país, es decir, el Ejido de Ayotitlán. Las comunidades indígenas de la región son de origen nahuasotomí (Tetreault & Lucio López 2011). La alta diversidad biológica y riqueza de recursos forestales son apreciados y utilizados por los pobladores de la zona (Vázquez *et al.* 1995), las actividades tradicionales de los pobladores de la región, tienen un impacto directo en el manejo, conservación e incremento de la riqueza biológica (Tetreault & Lucio López 2011).

Actividad apícola en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán

Tetreault & Lucio López (2011), mencionan que, entre los principales beneficios generados por las comunidades indígenas dentro de la reserva se encuentran actividades agrícolas tradicionales, como la apicultura, que ayudan a fortalecer la conservación del medio ambiente y a incrementar la diversidad biológica y genética en la zona. Las practicas apícolas dentro de la reserva se dan en diferentes comunidades de forma tecnificada con el apoyo de la CONANP, sin embargo, hasta el momento no se han reportado estudios con respecto a la producción apícola de la reserva.

CAPÍTULO I: CARACTERIZACIÓN BOTÁNICA DE MIEL DE ABEJA (*Apis mellifera* L.) DE LA RESERVA DE LA BIOSFERA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO, MÉXICO.

1.1 RESUMEN

Antecedentes: Jalisco que ha sido en los últimos años de los principales productores apícolas a nivel nacional, cuenta con muy pocos estudios que respalden el origen botánico de la miel producidas por *Apis mellifera* L. A nivel local en la reserva son aún más escasos los estudios en las mieles.

Preguntas e hipótesis: ¿Cuál es el origen botánico de la miel producida en dos comunidades de la reserva?, ¿Es similar la composición polínica entre los apiarios? ¿Cuál es la vegetación circundante a los apiarios? Se hipotetiza que la cercanía geográfica entre los apiarios de las comunidades genera similitud en la composición botánica de la miel.

Descripción de datos: tipos polínicos presentes en miel producida por *A. mellifera*.

Sitio y años de estudio: San Miguel y Telcruz (Jalisco), cosecha de otoño de 2018 y 2019.

Métodos: Se utilizaron parámetros propuestos en la norma mexicana (NOM-004-SAG/GAN-2018) en conjunto con criterios palinológicos propios para la miel de la zona de estudio.

Resultados: La miel resulto ser una mezcla natural de miel de mielada y miel floral, debido a la alta presencia de polen anemófilo de *Fraxinus* sp. y *Quercus* sp. en combinación con otros siete tipos polínicos néctar-poliníferos.

Conclusiones: Existe diferencia de origen botánico entre la miel de ambas comunidades. El porcentaje de presencia y la combinación de tipos anemófilos y néctar-poliníferos fue variable para la miel de cada apiario. A pesar que la miel floral y miel de mielada se pueden diferenciar por sus

características físico químicas, es importante robustecer dicha diferenciación en términos melisopalinológicos.

Palabras clave: *Fraxinus* sp., melisopalinología; mezcla natural; mielada; norma mexicana; *Quercus* sp.

1.2 ABSTRACT

Background: Jalisco, which in recent years has been one of the main beekeeping producers nationwide, has very few studies that support the botanical origin of the honey produced by *Apis mellifera* L. At the local level in the reserve, studies on honeys are even more scarce.

Question and hypotheses: What are the botanical origin of the honey produced in two communities from the reserve? Is the pollen composition similar between apiaries? Which are the vegetation surrounding apiaries? It is hypothesized that the geographical proximity between the apiaries of the communities generates similarity in the botanical composition of the honey.

Data description: pollen types present in honey produced by *A. mellifera*.

Study site and dates: San Miguel and Telcruz (Jalisco), autumn harvest of 2018 and 2019.

Methods: Parameters proposed in the mexican standard (NOM-004-SAG / GAN-2018) were used together with palynological criteria for honey of the study area.

Results: The honey turned out to be a natural mixture of honeydew honey and floral honey, due to the high presence of anemophilous pollen of *Fraxinus* sp. and *Quercus* sp. in combination with seven other nectar-polliniferous pollen types.

Conclusions: There is a difference of botanical origin between honey of both communities. The percentage of presence and the combination of anemophilous and nectar-polliniferous types was variable for the honey of each apiary. Although floral honey and honeydew honey can be

differentiated by their physical-chemical characteristics, it is important to strengthen this differentiation in melissopalynological terms.

Keywords: *Fraxinus* sp.; honeydew; melissopalynology; mexican standard; natural blend; *Quercus* sp.

1.3 INTRODUCCIÓN

Los estudios melisopalinológicos se basan en el análisis de muestras de miel de una región en particular, para determinar la cantidad de tipos polínicos contenidos, validar en cierta medida que estas no son adulteradas y reconocer los recursos florales que utilizan las abejas para elaborar la miel (Abdulrahman *et al.* 2017). La identificación y cuantificación de los granos de polen de la miel, son clave para conocer el origen botánico y geográfico de estas (Castañón Chavarría 2009, Sánchez & Lupo 2011). La denominación de origen botánico se establece a través de los porcentajes representativos de cada taxon identificado en las muestras, lo que determinará si la miel es monofloral o multifloral (Ramírez-Arriaga *et al.* 2011, SADER 2020).

A nivel nacional existen algunos estudios melisopalinológicos en Ciudad de México (Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007), Durango (González-Castillo *et al.* 2017), Guerrero (González Sandoval *et al.* 2016, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016), Michoacán (Araujo-Mondragón & Redonda-Martínez 2019), Oaxaca (Ramírez-Arriaga *et al.* 2011), Tabasco (Castellanos-Potenciano *et al.* 2012, Zaldívar-Cruz *et al.* 2013) y Yucatán (Alfaro Bates *et al.* 2010), entre otros, dichos estudios implementaron técnicas y parámetros para el análisis de miel estandarizados por Louveaux *et al.* (1970) y/o Von Der Ohe *et al.* (2004), que obedecen principalmente, a los esfuerzos para la determinación del origen botánico de miel europea. La información generada en estos estudios, reveló una amplia diversidad de orígenes botánicos de la miel mexicana y la necesidad de

establecer protocolos estandarizados para su análisis palinológico, pero aún falta tomar en cuenta las particularidades de cada tipo de miel producida en las diferentes regiones mexicanas. De esta manera, se publicó en el diario oficial de la federación la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones (SADER 2020), en la cual se establecen los protocolos para la caracterización físico-química y botánica de miel producida por *Apis mellifera* L. en México. La implementación de dicha norma en los análisis melisopalinológicos, resulta ser una herramienta de vital importancia, ya que permitirá obtener resultados estandarizados, con base en los cuales se establecerán los páramentos melisopalinológicos para la diferenciación y determinación botánica de la miel de las distintas regiones apícolas de México.

En la región apícola del Pacífico de México, existe carencia de estudios que definan el origen botánico de la miel que se produce en ella. En este sentido, destaca el caso de Jalisco, considerado el mayor productor de miel en 2020 (SIAP 2021) y que, en años anteriores, se encontró entre los tres primeros lugares de mayor producción de miel a nivel nacional (Castillo Cázares *et al.* 2016). En el sur del estado de Jalisco se localiza parte de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (RBSM), la cual cuenta con gran diversidad y riqueza de especies vegetales, representada por 235 familias, 1,541 géneros y cerca de 7,155 especies pertenecientes a 13 diferentes tipos de vegetación (Mab-UNESCO 2012, Villaseñor 2016). Dicha riqueza de especies silvestres y cultivadas, proveen potencial forestal y servicios ecológicos para toda la región (Carabias-Lillo *et al.* 2000).

En la Sierra de Manantlán, se reconoce a la apicultura como una de las actividades tradicionales agrícolas de importancia económica, la cual favorece la diversidad biológica y genética de los ecosistemas (Tetreault & Lucio López 2011, Contreras-Escareño *et al.* 2013). Para mantener y promover la apicultura dentro de la RBSM, es importante contribuir con información científica sobre la miel producida y comercializada en la zona; tal es el caso de las comunidades indígenas

de Telcruz y San Miguel, en el Ejido de Ayotitlán, cuya miel no cuentan con ningún tipo de análisis melisopalinológico que respalde su origen botánico. La composición florística circundante a los apiarios es similar en cuanto a los tipos de vegetación en ambas comunidades (Vázquez *et al.* 1995, Carabias-Lillo *et al.* 2000, Jardel *et al.* 2013), por lo tanto, se espera que la miel producida en los nueve apiarios sea de origen multifloral.

El objetivo de este trabajo es determinar el origen botánico de la miel de *A. mellifera* de nueve apiarios ubicados en dos comunidades de la RBSM, a través de la cuantificación y determinación del polen encontrado en la miel de cada uno de los apiarios, así como contrastar el contenido polínico con la vegetación dentro del área de pecoreo de *A. mellifera* y, por otro lado, estimar la riqueza y diversidad alfa de especies, así como la similitud de los conjuntos palinológicos entre los apiarios.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de Estudio. Este estudio se realizó en región centro-sur de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (19 ° 25 ´ - 19 ° 45 ´ N, 103 ° 45 ´ - 104 ° 30 ´ O, Figura 1.1), en Jalisco, municipio de Cuautitlán de García Barragán, Ejido de Ayotitlán, donde se ubican las comunidades de Telcruz y San Miguel. Jalisco se ubica en la provincia biogeográfica de la región Neártica, mientras que la RBSM pertenece a la zona de transición fitogeográfica denominada Holártica-Neotropical (Morrone 2005), en la Sierra Madre Occidental. En la región se han registrado climas cálidos - templados subhúmedos, con temperatura media anual de 16-22°C y precipitaciones de más de 1700 mm (Carabias-Lillo *et al.* 2000).

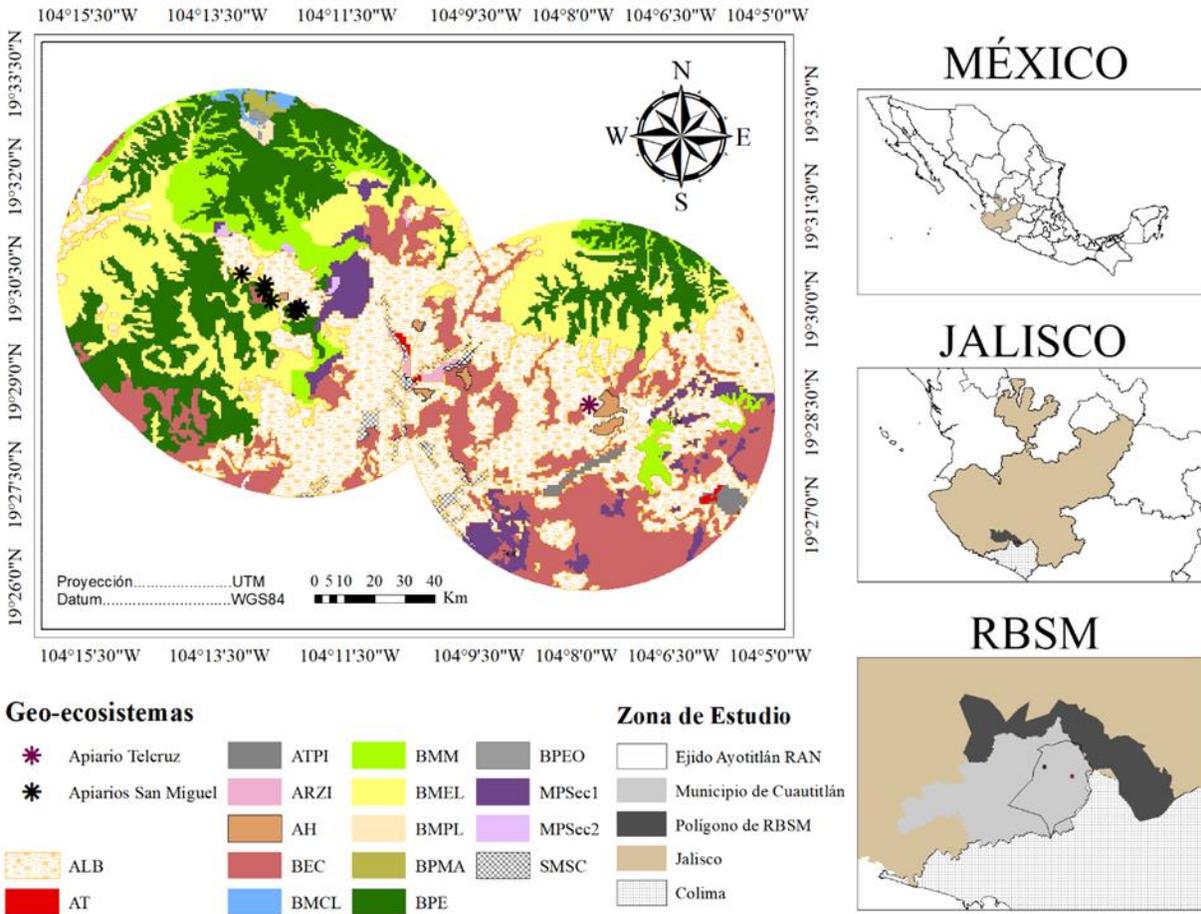


Figura 1.1. Ubicación del área de estudio y geoeosistemas circundantes a los apiarios de Telacruz y San Miguel (con datos de Jardel *et al.* 2013), en el Ejido de Ayotitlán, Cuautitlán de García Barragán, Jalisco, México.

Determinación de tipos de vegetación. La identificación de la vegetación circundante a las localidades de Telacruz y San Miguel (Figura 1.1), se realizó con el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el programa ArcMap 10.5. Se obtuvieron los atributos de la vegetación, por medio de cortes para el área de influencia (buffer) de 5 km alrededor de los apiarios en las capas de vegetación de geoeosistemas (unidades de paisaje o unidades ambientales) del Ejido de Ayotitlán para la RBSM, las cuales se conforman de información sobre vegetación y uso de suelo, bioclimática y geomorfoedafológica (Jardel *et al.* 2013).

Recolección y tratamiento de muestras. Se recolectaron 17 muestras de miel de la floración de otoño en dos localidades. Se tomaron 250 g de miel de cada apiario. Se colectaron muestras en 2018 y 2019 de ocho apiarios de San Miguel: 1) Carretera Arriba, 2) Nuevo, 3) La Lomita, 4) Los Tablones, 5) La Higuera, 6) Piedra Picuda I, 7) Piedra Picuda II y 8) Llano del Medio, así como una muestra en el apiario La Parota de Telcruz, en el año 2019.

Para la extracción del polen se procesaron las muestras de acuerdo a la técnica de acetólisis de Erdtman (1969) modificada por Martínez-Hernández (1970) y a el protocolo de la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones (SADER 2020). Las muestras fueron observadas en un microscopio fotónico marca Zeiss modelo Axioscop 2 (Carl Zeiss AG, Jena, Alemania), en campo claro a 1000x de aumento y las fotomicrografías se tomaron con una cámara digital AmScope modelo MU1000 (AmScope, California, E.U.A.).

Análisis melisopalinológico. Se determinó el polen a nivel de familia, género, especie o morfotipo, este último incluye los tipos polínicos presentes en una misma área geográfica y que comparten características morfológicas. Para la determinación palinológica se utilizó literatura especializada de palinofloras (Palacios Chávez *et al.* 1991, Roubik & Moreno 1991, Hesse *et al.* 2010, Ramos Díaz *et al.* 2015), estudios de morfología polínica (Skvarla & Larson 1965, Hebda & Chinnappa 1990, Morton & Dickison 1992, Duran *et al.* 2000, Panahi *et al.* 2012, Medina-Acosta *et al.* 2019) y estudios melisopalinológicos en México (Quiroz García & Arreguín Sánchez 2008, Alfaro-Bates *et al.* 2010, Quiroz García *et al.* 2011, Zaldívar-Cruz *et al.* 2013, Campos-Trujillo *et al.* 2015, González Sandoval *et al.* 2016, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016, Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017, González-Castillo *et al.* 2017).

Porcentaje de frecuencia del polen. - Una vez determinados los tipos polínicos se realizó un diagrama de frecuencias absolutas por familia en el programa TILIA versión 2.0.41 (Grimm, 2011). El cálculo de porcentaje de clases de frecuencia para cada taxon, se hizo con base en un conteo estandarizado de 500 granos de polen por muestra (SADER 2020). La presentación de frecuencias de granos de polen por muestra de miel se hizo de acuerdo a la clasificación propuesta por Louveaux *et al.* (1970) y a las especificaciones de la norma mexicana (SADER 2020). Se denominó como polen predominante (*P*) aquellos tipos presentes en porcentajes mayores al 45 %; polen secundario (*S*), con presencia entre 16-45 %; polen de menor importancia (*MI*) entre 3-15 %; polen menor (*m*) menor al 3 %; y polen presente (*p*) menor al 1 %.

Caracterización botánica de la miel.-Con base en los porcentajes obtenidos para cada tipo polínico, se obtuvo la caracterización botánica de cada una de las mieles de acuerdo a la clasificación propuesta por Ramírez-Arriaga *et al.* (2011, 2016) y la norma mexicana (SADER 2020): a) miel monofloral, cuando un taxon fue dominante ($\geq 45\%$) y b) miel multifloral, cuando se distribuyeron los porcentajes en varios taxones; a su vez, ésta última se clasificó en: oligoflorales, cuando se identificó a dos o más taxones de una familia de plantas con 16-45 % de representatividad; biflorales, con dos taxones relevantes de diferentes familias botánicas con porcentajes entre 16-45 %; y estrictamente multiflorales, con tres o más taxones de diferentes familias con porcentajes $\geq 10\%$.

Análisis de riqueza, diversidad a de especies y similitud de conjuntos palinológicos. Se construyó una matriz de doble entrada con las frecuencias absolutas de cada taxon/muestra/apiario. Con base en ella, se observó la riqueza de taxones presentes en cada una de las muestras de miel considerando el número de tipos polínicos registrados por apiario. La riqueza total fue el número de los diferentes tipos polínicos registrados en las nueve muestras analizadas.

Los cálculos de diversidad α y riqueza de taxones se llevaron a cabo con el software Species Diversity and Richness IV (Seaby & Henderson 2007). Para determinar el tamaño de nicho trófico a través del número de taxones presentes en las muestras de miel y su abundancia, se estimó la diversidad α de especies con el índice de diversidad de Shannon-Weaver (H') (Shannon 1948), se utilizó logaritmo natural base 10 y su uniformidad asociada con el índice de equidad de Pielou (J') (Pielou 1975, Magurran 1988).

Con fines comparativos, se estimó el índice de Simpson (D) y su uniformidad (E) (Magurran 1988, Montes Tubio *et al.* 2003), ya que éste pondera la abundancia relativa de cada tipo polínico en las muestras de miel, más que la riqueza de taxones por muestra, es decir, se calcula la probabilidad de que dos granos de polen observados al azar en una muestra pertenezcan al mismo tipo polínico, por lo tanto, los valores altos de este índice indican la dominancia de alguno de los tipos polínicos.

Para medir el grado de similitud entre los conjuntos polínicos registrados en los nueve apiarios, se calculó el coeficiente de Jaccard (I_j), con el software Community Analysis Package 4.0 (Seaby & Henderson 2007).

1.5 RESULTADOS

Tipos de vegetación. En ambas localidades se determinó la presencia de geoeosistemas del tipo vegetación secundaria, bajo usos agropecuarios y otras coberturas de suelo: Agricultura de ladera/barbechos (matorral y pastizal) (ALB), Agricultura de temporal (AT), Agricultura temporal y pastizal inducido (ATPI), Agricultura en riberas y zonas inundables (ARZI), Matorral-Pastizal Secundario en laderas / suelo regosol-litosol (MPSec1) y Matorral con Pastizal Secundario en suelos forestales (MPSec2), esta última exclusiva de San Miguel. Así como geoeosistemas de

cobertura vegetal, los cuales son: Bosque de Encino-Caducifolio (BEC), Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), Bosque Mixto de Encino-Latifoliadas (BMEL), Bosque Mixto de Pino-Latifoliadas (BMPL), Bosque de Pino-Encino (BPE), Selva Mediana Subcaducifolia (SMSC). Exclusivamente en San Miguel se determinaron: Bosque Mixto de Coníferas y Latifoliadas (BMCL), Bosque Pino-Encino-Oyamel (BPEO) y Bosque Pino Montano Alto (BPMA) (Figura 1.1).

Determinación de tipos polínicos. Se registraron 75 tipos polínicos, de los cuales se determinaron 17 a nivel de familia, uno con afinidad a subfamilia, dos a nivel de tribu, 35 a nivel de género, siete con afinidad a género, seis morfotipos y siete indeterminados (Apéndice 1). Los tipos polínicos se distribuyeron en 32 familias botánicas, de las cuales 11 están presentes en más del 52 % de las muestras, estas son: Asteraceae (77 %), Betulaceae (53 %), Fabaceae (58 %), Fagaceae (97 %), Lamiaceae (88.2 %), Myrtaceae (67.6 %), Oleaceae (100 %), Onagraceae (100 %), Rosaceae (88 %), Rubiaceae (77 %) y Scrophulariaceae (100 %) (Figura 1.2). La mayor riqueza de tipos polínicos se presentó en las familias Fabaceae con 10 taxones, seguido de Anacardiaceae, Asteraceae y Malvaceae, cada una con cuatro taxones.

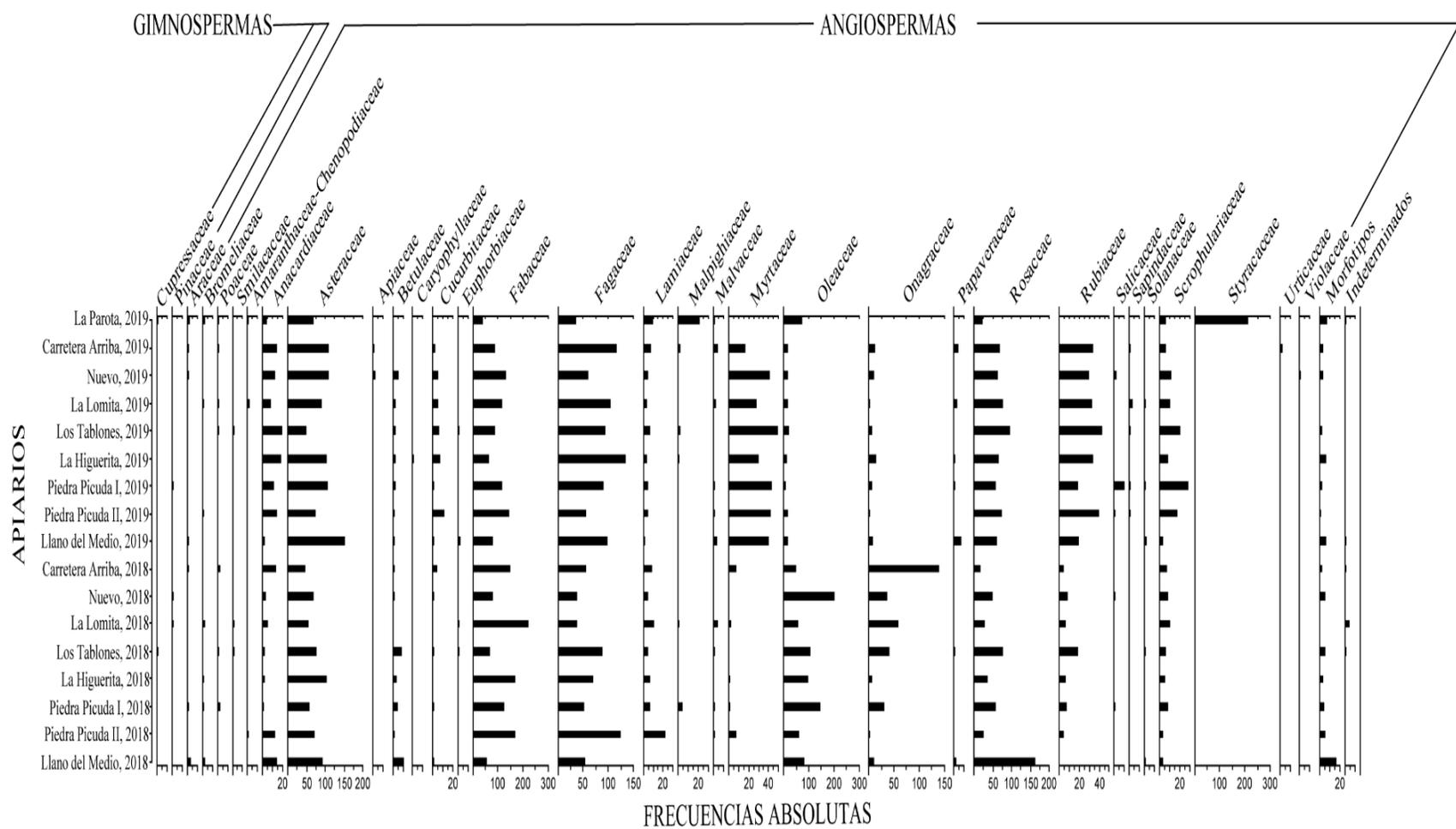


Figura 1.2. Diagrama con frecuencias absolutas de cada tipo polínico presentes en la miel de San Miguel y Telcruz, Ejido de Ayotitlán, Cautitlán de García Barragán, Jalisco, México.

Clasificación de tipos polínicos. De acuerdo con las clases de frecuencia establecidas de los tipos polínicos en la norma mexicana (SADER 2020), ningún tipo polínico se determinó como polen predominante (P). Sin embargo, 11 % de los tipos se clasificaron como polen secundario, 27 % como polen de menor importancia, 37 % como polen menor y 92 % como polen presente (Apéndice 1).

Clasificación de la miel. Para la localidad de San Miguel, se registró alta frecuencia de polen de plantas anemófilas y/o con ausencia de nectarios florales, como *Fraxinus* sp. (Fresno) (1-40 %), *Quercus* sp. (Encino) (7-27 %), asociados a polen de plantas que proveen néctar, polen o ambos con porcentajes por encima de 10 %, los cuales se clasificaron como polen de menor importancia y/o polen secundario (*Bidens* sp., *Dalea* sp., *Lopezia* sp., *Mimosa* sp. tipo 1, *Mimosa* sp. tipo 2, aff. *Rubus*). Para Telcruz, se registró *Styrax* sp. (Azajar), en combinación con *Fraxinus* sp. Tomando en cuenta dichos resultados, no fue posible clasificar la miel en las categorías establecidas en la norma mexicana (SADER 2020).

Por consiguiente, la miel se clasificó como una mezcla natural de mielada de encino y/o fresno con miel floral tomando en cuenta nueve tipos polínicos. En San Miguel, las mezclas se presentaron en diferentes combinaciones, definidas por el porcentaje que se registró en los tipos polínicos con presencia \geq a 10 %; en cuatro de las muestras dominó la mielada de encino, en cinco la miel de néctar floral, en tres la mielada de encino-fresno, en tres la miel de néctar multifloral, en una la mielada de fresno y una miel bifloral. En Telcruz, se clasificó como miel floral con dominancia de *Styrax* sp. con 43 % de presencia, combinada con mielada de fresno (14 % de presencia) (Figura 1.2).

Análisis de riqueza, diversidad y similitud de los conjuntos palinológicos. La riqueza total fue de 75 tipos polínicos. La riqueza promedio por muestra fue de 31 (± 3) taxones. Los valores más altos de riqueza se registraron en las muestras de San Miguel en la cosecha 2019, mientras que en la cosecha de 2018 se presentaron los valores más bajos de riqueza. El apiario con la riqueza más alta fue Carretera Arriba en la cosecha de 2019 con 38 taxones, mientras que el apiario con la riqueza menor fue Llano del Medio en la cosecha de 2018 con 24 taxones (Apéndice 1).

La diversidad α de Shannon-Weaver total fue de $H' = 2.95$ con tendencia a una distribución uniforme por muestra ($J' = 0.68$). La muestra con mayor diversidad corresponde al apiario Carretera Arriba, cosecha 2019 ($H' = 2.90$, $J' = 0.80$), mientras que los apiarios con menor diversidad fueron: apiario Nuevo (cosecha 2018); $H' = 2.19$, $J' = 0.67$) y La Parota ($H' = 2.20$, $J' = 0.64$) (Apéndice 1).

La diversidad de Simpson fue $D = 13.39$ con uniformidad $E = 0.18$. La muestra con mayor diversidad corresponde al apiario Piedra Picuda I, cosecha 2019 ($D = 13.5$, $E = 0.40$), mientras que el apiario con menor diversidad fue La Parota ($D = 4.7$, $E = 0.15$) (Apéndice 1).

En San Miguel, tanto con el índice de Shannon-Weaver como con el de Simpson, los valores de diversidad fueron más altos en las muestras de la cosecha 2019 con respecto a las de 2018.

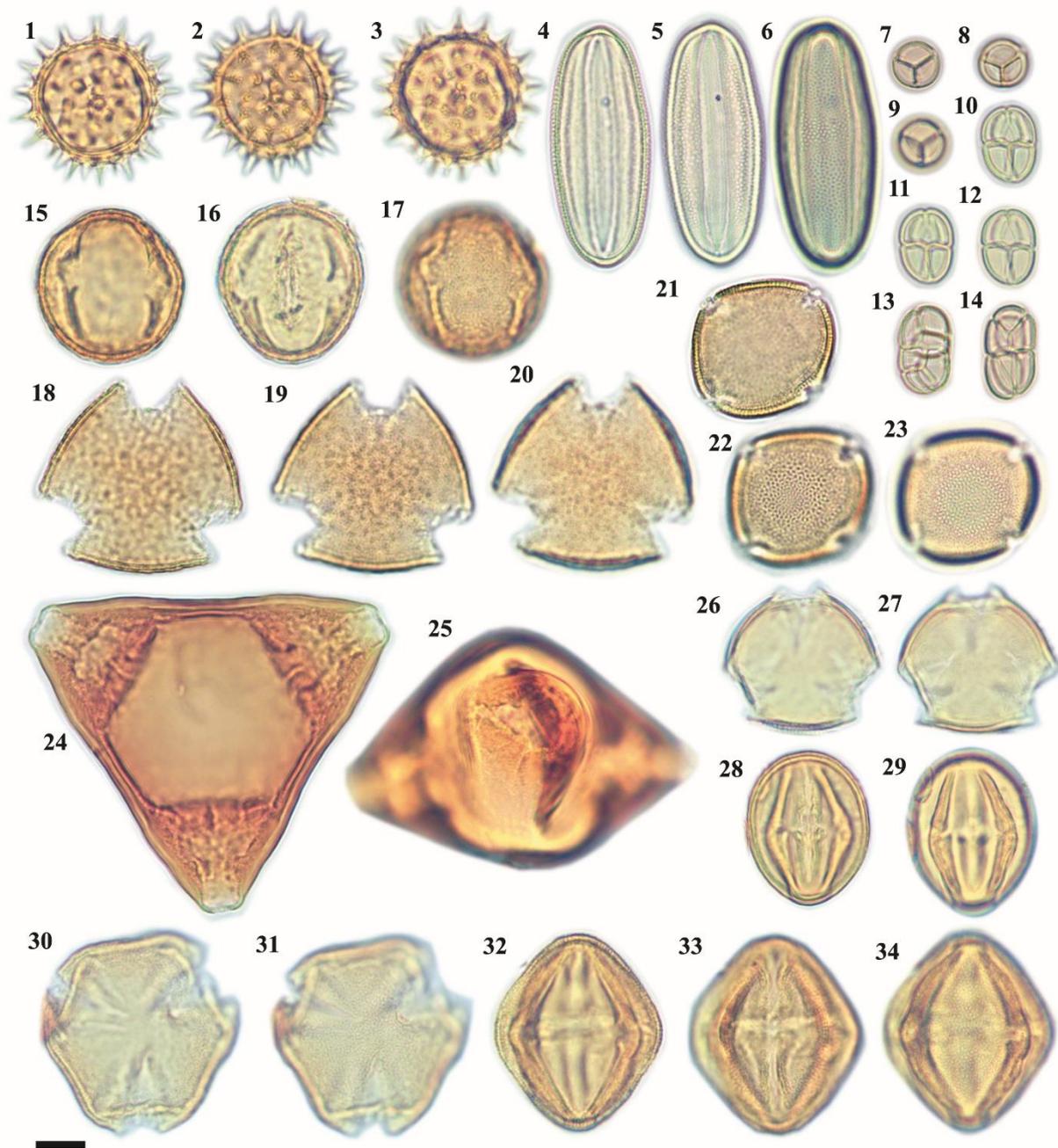


Figura 1.3. Principales tipos polínicos utilizados para la clasificación de la miel de San Miguel y Telcruz, Ejido de Ayotitlán, Cuautitlán de García Barragán, Jalisco, México. ASTERACEAE. 1-3. *Bidens* sp. FABACEAE. 4-6. *Dalea* sp., 7-9. *Mimosa* sp. tipo 1, 10-14. *Mimosa* sp. tipo 3. FAGACEAE. Figuras 15-17. *Quercus* sp. tipo 1, 18-20. *Quercus* sp. tipo 2. OLEACEAE. 21-23. *Fraxinus* sp. ONAGRACEAE. 24-25. *Lopezia* sp. ROSACEAE. 26-29. aff. *Rubus*. STYRACACEAE. 30-34. *Styrax* sp. Vistas polares: 1-3, 18, 19, 20, 24, 28, 29, 33, 34; vistas polares superiores: 7-8; vista polar inferior: 9; vistas laterales: 13, 14; vistas ecuatoriales: 4-6, 10-12, 15-17, 25, 28-29, 32-34. Corte óptico: 1, 4, 7, 10, 13, 15, 16, 18, 21, 26, 28, 30, 32; corte supra óptico: 2, 5, 8, 11, 17, 19, 22, 27, 31, 33; corte infra óptico: 3, 6, 9, 12, 14, 20, 23, 29, 34. Escala 10 μ m.

El coeficiente de Jaccard (I_J), indicó una clara diferenciación entre la muestra de miel de Telcruz y la miel de San Miguel (Figura 1.4), sin embargo, dentro de esta última localidad, se observó que los conjuntos palinológicos más similares entre sí fueron de las muestras de la cosecha 2019 entre los apiarios: Nuevo y La Higuera ($I_J = 0.75$), Nuevo y Piedra Picuda II ($I_J = 0.72$), Los Tablones y La Higuera ($I_J = 0.75$) y Piedra Picuda I y Piedra Picuda II ($I_J = 0.73$). De igual forma, se observó similitud entre la muestra del apiario Carretera Arriba, cosecha 2018, con apiario Nuevo ($I_J = 0.75$) y el apiario La Higuera ($I_J = 0.72$) ambos de la cosecha 2019. En el apiario Piedra Picuda II, se identificó una clara similitud entre las muestras de 2018 y 2019 ($I_J = 0.75$). Por otro lado, la mayor cantidad de taxa en común fueron 28 tipos polínicos, que se presentó en los apiarios Carretera Arriba - Los Tablones y Carretera Arriba – La Higuera, en ambos casos en muestras de 2019.

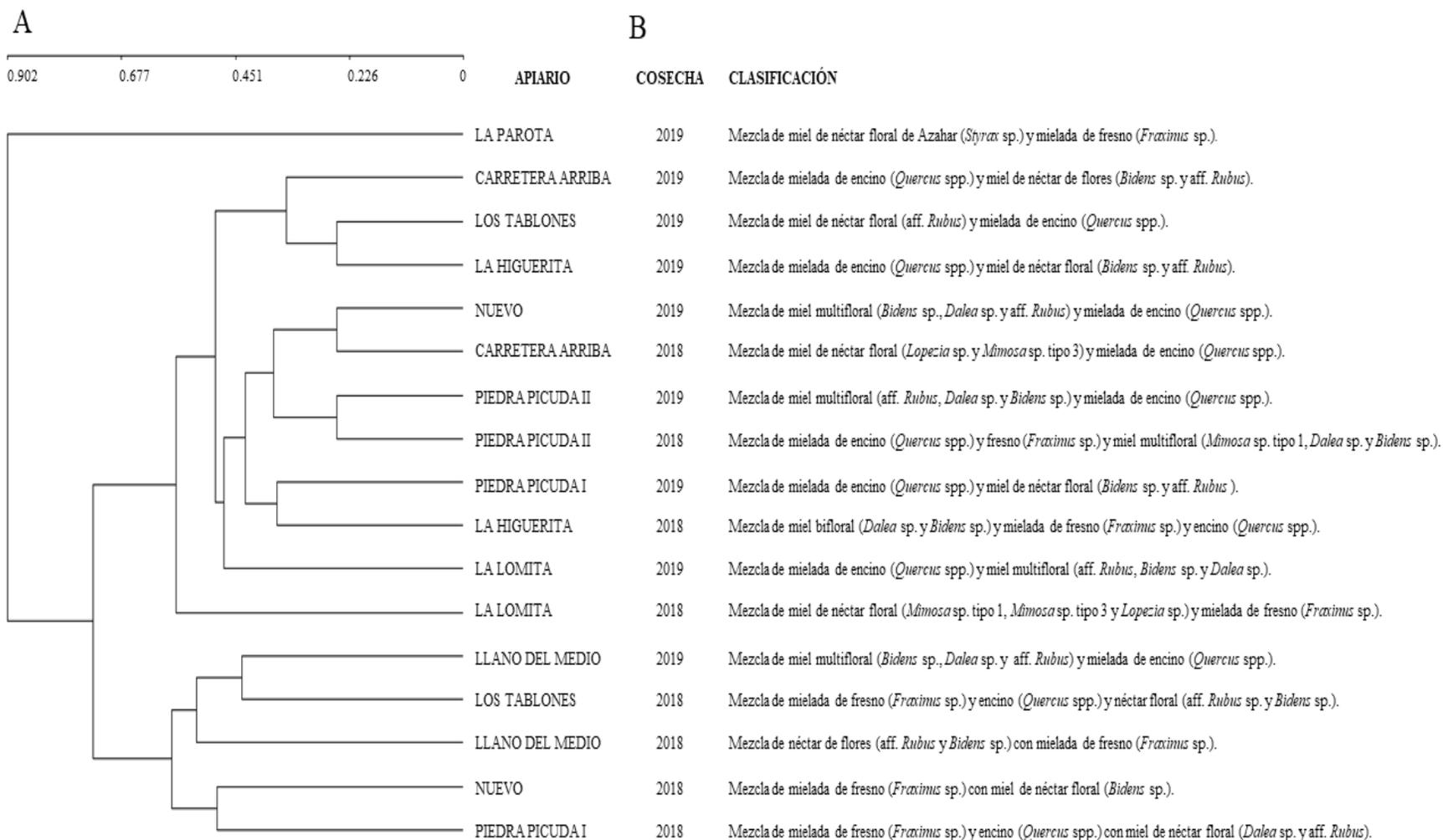


Figura 1.4. A) Dendrograma a partir valores de disimilitud de Jaccard, mayor disimilitud en los conjuntos de las ramas con nodos más cercanos a valor de 1. B) Año de cosecha, miel de cada uno de los apiarios y su clasificación con base en su origen botánico.

1.6 DISCUSIÓN

Vegetación. Entre los geoeosistemas presentes en el área de pecoreo de *A. mellifera*, dominaron diferentes tipos de bosques, los cuales se caracterizan por presentar especies arbóreas como *Fraxinus uhdei*, *Quercus* spp. y *Styrax* spp., entre otros (Sánchez-Rodríguez *et al.* 2003, Jardel *et al.* 2013). Por tanto, coincide que estos tres géneros en particular se encontraran representados en porcentajes significativos en la miel de San Miguel y Telcruz. Algunos autores mencionan que los géneros *Fraxinus* sp. y *Quercus* sp. ofrecen polen como recompensa para las abejas (Ortiz 1990, Giovanetti & Aronne 2011, Chamorro-García *et al.* 2013, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016).

Al considerar la diversidad botánica registrada en la RBSM (Vázquez *et al.* 1995, Vázquez & Givnish 1998) en diferentes estratos y, sobre todo, en los tipos de vegetación BEC, BMM, BMEL, BMPL, BPE, SMSC, BMCL, BPEO, BPMA, es común encontrar especies de familias botánicas como Asteraceae, Fabaceae, Fagaceae, Onagraceae y Rosaceae (Vázquez & Givnish 1998, Sánchez-Rodríguez *et al.* 2003, Jardel *et al.* 2013), las cuales, además de la importante representatividad de algunos géneros en las muestras de miel de este estudio, son reportadas como importantes recursos de floras apícolas en Jalisco y otros estados de la región apícola del pacífico en México (de la Mora González 1988, Novoa Lara 1994, Santana-Michel *et al.* 1998, Bello González 2007, Román & Palma 2007, Librado Carranza 2016, Cadena Rodríguez 2018, Araujo-Mondragón & Redonda-Martínez 2019, Martínez-Virgen *et al.* 2020).

Determinación y clasificación de tipos polínicos. Las familias mejor representadas en la miel de la RBSM (Figura 1.2), se han registrado como recursos importantes para la producción de miel de *A. mellifera* en diferentes estados de México (Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007, Quiroz-García *et al.* 2008, Acosta-Castellanos *et al.* 2011, Ramírez-Arriaga *et al.* 2011, Castellanos -

Potenciano *et al.* 2012, Zaldívar-Cruz *et al.* 2013, González-Sandoval *et al.* 2016, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016, Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017, González-Castillo *et al.* 2017, Granados-Argüello *et al.* 2020). De éstas, sobresalen Asteraceae y Fabaceae como las más diversas, abundantes y dominantes en estudios de origen botánico de miel y floras apícolas (de la Mora González 1988, Novoa Lara 1994, Santana-Michel *et al.* 1998, Bello González 2007, Román & Palma 2007, Librado Carranza 2016, Cadena Rodríguez 2018, Araujo-Mondragón & Redonda-Martínez 2019, Martínez-Virgen *et al.* 2020), esto debido, en parte, a su diversidad morfológica y fenológica.

De los tipos polínicos observados en la mayoría de las muestras de miel, se reconoce a *Fraxinus* sp. y *Quercus* spp. como importantes recursos poliníferos (Giovanetti & Aronne 2011, Wallander 2012, Chamorro-García *et al.* 2013, Romero Rangel & Rojas Zenteno 2019), es decir, estos no proveen néctar floral como recompensa a las abejas. En cuanto al género *Styrax*, no se ha registrado presencia de nectarios florales, sin embargo, se menciona que son visitadas por las abejas (Gonsoulin 1974, Carranza González 1993), y para la especie *Styrax officinale* subsp. *redivivum*, Sugden (1986), menciona que *A. mellifera* es uno de sus polinizadores, recolector de néctar y polen, con esto se respalda la presencia de dicho género en la muestra de Telcruz.

Por otro lado, es conocido que la principal etapa de floración de los géneros *Quercus* spp. y *Styrax* sp., se presenta durante los primeros meses del año (Gonsoulin 1974, Romero Rangel & Rojas Zenteno 2019), por lo tanto, su registro en altos porcentajes en la miel de la RBSM, denota su importante aporte como recursos apícolas, por lo que es necesario realizar estudios enfocados en la fenología de estos géneros en la región, ya que esto podría ser útil para a su vez generar calendarios polínicos.

La gran cantidad de tipos polínicos clasificados como polen presente ($\leq 1\%$), el que no se haya encontrado ningún taxon como polen predominante ($\geq 45\%$) y que los tipos polínicos mejor representados en las muestras de miel se clasificaran como polen secundario (16-45%), permiten entender que estas mieles no son producto estrictamente de néctar floral y que el comportamiento poliléctico de las abejas (Piedra Gutiérrez & Quiroz-García 2007), así como la presencia de taxones poliníferos (*Fraxinus* sp., *Quercus* spp., *Styrax* sp.), obedece a la búsqueda de recursos para la sobrevivencia de las colmenas a partir del consumo de polen con un contenido alto en proteína, además de la colecta de excreciones de plantas (mielada).

Es consistente la presencia de ciertos géneros arbóreos en la miel de la RBSM que, además de ser registrados en la literatura como importantes recursos poliníferos, su etapa fenológica de floración coincide con el comportamiento de pecoreo de las abejas durante las temporadas de otoño y son dominantes en los tipos de vegetación circundantes a los apiarios.

Caracterización botánica y clasificación de la miel. De acuerdo con la normativa internacional Codex -STAN, 12-1981 (CCA 2019), la miel puede ser producida a partir de néctar de flores, en cuyo caso se le denominan miel de flores o miel de néctar; pero también pueden ser producidas a partir de excreciones y/o secreciones de órganos vegetativos de las plantas, en este caso se les nombra miel de mielada.

Para realizar la denominación de origen de la miel, es necesario conocer su composición físico-química, sus características organolépticas, pero, sobre todo, su procedencia botánica. Cuando se menciona la miel de mielada se hace referencia a una clasificación basada principalmente en sus características físico-química (Louveaux *et al.* 1970), entre las que descantan la conductividad eléctrica y niveles de humedad (Gamboa-Abril *et al.* 2012, Gfeller & Bogdanov 2006).

Generalmente, la mielada es de color oscuro, su cristalización es un poco más lenta y contiene más azúcares que la miel floral (Cavelier 2013).

La información sobre el contenido polínico de mielada es escasa, ya que, por lo general, se considera miel con baja presencia de granos de polen (Louveaux *et al.* 1970). En la norma mexicana (SADER 2020), son escasos los datos sobre los tipos polínicos y en qué porcentaje de presencia pueden llegar a encontrarse en dicha miel. Esto dificulta la caracterización botánica de la mielada que se produce en algunas regiones de México o, la combinación de ésta con miel floral.

Gambo-Abril *et al.* (2012), recomiendan complementar la clasificación de origen botánico entre miel floral y mielada, a partir del análisis de indicadores biológicos, lo cual se realizó en este estudio a través del conteo y descripción de los tipos polínico presentes en las de muestras de San Miguel y Telcruz.

En cuanto a la aplicación de la clasificación de la miel con base en su contenido de polen establecida en la norma mexicana (SADER 2020), pareciera que existen aún algunas inconsistencias en cuanto a los criterios de dicho análisis, debido a que en gran parte está basado en estudios estandarizados de origen europeo tales como Louveaux *et al.* (1970) y Von Der Ohe *et al.* (2004), dónde las condiciones de biodiversidad y estacionalidad climática son diferentes a las de México y sobre todo en un área como una Reserva de la Biosfera, dónde se promueve la conservación biológica.

Por tanto, de acuerdo con las características melisopolinológicas propias de la miel y las condiciones de vegetación bajo las cuales la miel se produce dentro de la RBSM, no sé puede aplicar estrictamente los parámetros de la norma mexicana (SADER 2020). Por tanto, en este trabajo, se generó una clasificación alternativa, en la cual se utilizaron los siguientes criterios: a)

clasificar como mielada las muestras en cuyo caso no se pueda aplicar estrictamente los porcentajes polínicos propuestos en la norma mexicana; b) tomar en cuenta todos aquellos tipos polínicos con porcentajes mayores o iguales al 10%; c) tomar en cuenta a *Fraxinus* sp. y *Quercus* sp. como recursos poliníferos, ya que además, son géneros dominantes en la vegetación circundante a los apiarios; d) sumatoria de porcentajes en aquellos tipos polínicos pertenecientes a los encinos (*Quercus* spp.).

La clasificación propuesta para la miel de este estudio, se basa en la composición polínica particular de las mieles de la región, la gran cantidad de tipos polínicos clasificados como polen presente y la presencia de polen de géneros botánicos no nectaríferos en porcentajes importantes en la miel. Por lo cual, fue necesario tomar en cuenta aquellos tipos polínicos anemófilos que se presentaron en porcentajes significativos y, que además, han sido reportados como importantes recursos poliníferos, lo que llevo a clasificar estas mieles como una mezcla natural de mieladas y mieles florales, terminología empleada anteriormente en la clasificación de algunas mieles mexicanas (Ramírez Arriaga *et al.* 2011) y planteada en la normativa internacional (CCA 2019), en esta última basado en los contenidos de azúcares. Esto otorga una pauta para diferenciar la miel de mielada de la miel floral, así como para distinguir la diferencia de composición botánica dentro de las mieladas.

Análisis de diversidad. A pesar que siempre que se aborda el origen botánico de la miel, conlleva conocer la riqueza polínica de esta, generalmente se hace de forma cualitativa a través de la identificación de los tipos polínicos y determinación taxonómica de los mismos, pocos estudios consideran la estimación de índices de diversidad α (Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007, Ramírez-Arriaga *et al.* 2011, Castellanos -Potenciano *et al.* 2012, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016), como una herramienta para explicar la relación ecológica entre la vegetación y el producto forestal

no maderable que generan las prácticas apícolas (Chamorro-García *et al.* 2013), e incluso, para explicar el comportamiento mismo de las abejas.

La diversidad α de taxones reflejado con el índice de Shannon Wiever (H'), asociado a la tendencia de uniformidad del índice de Pielou (J'), muestra una correspondencia con el comportamiento de pecoreo poliléctico reportado previamente sobre *A. mellifera* (Piedra Gutiérrez & Quiroz García 2007). Lo anterior, adicionado a que la riqueza de taxones presentes en estas muestras no es muy diferente, a lo que en promedio se ha reportado en otros estudios de miel (Piedras Gutiérrez & Quiroz García 2007, Quiroz-García *et al.* 2008, Ramírez-Arriaga *et al.* 2016; Alaniz-Gutiérrez *et al.* 2017; González-Castillo *et al.* 2017; Granados-Argüello *et al.* 2020, entre otros).

El índice de Jaccard mostró una clara disimilitud entre contenido polínico de la miel de San Miguel y Telcruz. Sin embargo, conjuntos de polen de las muestras de los apiarios de San Miguel fueron muy similares entre sí, pero muy variables en términos de abundancia de cada uno de los tipos polínicos dominantes en los diferentes años de cosecha, lo que podría reflejar cambios en: 1) los períodos de floración de las plantas, 2) la disponibilidad de recursos para las abejas y, 3) el comportamiento de pecoreo de *A. mellifera*.

Se descartó la similitud en la composición botánica de la miel floral entre ambas localidades y, aunque al menos cuatro apiarios de San Miguel fueron de origen multifloral, en general, se mostró variación en las combinaciones de mielada y miel floral entre apiarios para ambos años.

Finalmente, los resultados de este trabajo parecen indicar que sería posible diferenciar y clasificar por su origen botánico la miel considerada mezcla de miel floral con mielada, así como se ha realizado hasta ahora con miel floral. El alto porcentaje de tipos polínicos clasificados como

polen presente, la alta diversidad de taxones y la tendencia uniforme de las abundancias de los tipos polínicos, en conjunto con análisis físico-químico, podrían ser criterios útiles para la clarificación sobre la miel producida durante la temporada de otoño y así clasificarla en términos melisopalinológicos cuando se trate de mielada, miel floral y/o mezcla de mielada y miel floral.

Agradecimientos

Este trabajo se realizó con el financiamiento de una beca de posgrado del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para la primera autora, y del Programa Investigadoras e Investigadores por México de CONACYT (Proyecto No. 654) para la autora de correspondencia, así como con presupuesto e instalaciones del Colegio de Postgraduados. Agradecemos al personal de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, en particular al director Biol. Fernando Gavito, por el apoyo y facilidades otorgadas para realizar este trabajo; a Oscar Sánchez técnico de operativo, por su apoyo en la coordinación y trabajo de campo. Al señor Guadalupe Flores y a los miembros de la cooperativa Nekutli en la localidad de San Miguel y al señor Miguel Virgen y su familia de la localidad de Telcruz, por su disposición y colaboración al proporcionar las muestras de miel para este estudio.

CONCLUSIONES GENERALES

Es consistente la presencia de ciertos géneros arbóreos en las mieles de la RBSM que, además de ser registrados en la literatura como importantes recursos poliníferos, su etapa fenológica de floración coincide con el comportamiento de pecoreo de las abejas durante las temporadas de otoño y son dominantes en los tipos de vegetación circundantes a los apiarios.

El alto porcentaje de tipos polínicos clasificados como polen presente, la alta diversidad de taxones y la tendencia uniforme de las abundancias de los tipos polínicos, apoyados con análisis físico químicos, podrían ser criterios útiles para la diferenciación de la miel producida durante la temporada de otoño y así clasificarlas en términos melisopalinológicos cuando se trate de mieladas, mieles florales y/o mezcla de mieles y mieles florales. Sin embargo, hace falta enriquecer el conocimiento sobre las mieladas producidas en México.

También será necesario, adecuar la norma mexicana en términos melisopalinológicos a las características propias de cada región apícola, esto debido a que las condiciones ambientales y de vegetación propias de cada región influyen en el comportamiento de pecoreo de las abejas, por tanto, en la producción de miel y su calidad.

La clasificación propuesta para las mieles de este estudio se basa en tres componentes, primero la composición polínica particular de las mieles de la región, segundo la gran cantidad de tipos polínicos clasificados como polen presente y por último la presencia de polen de géneros botánicos no nectaríferos en porcentajes importantes en la miel. Esto otorga una pauta para diferenciar no solo las mieles de mielada de las mieles florales, así como para distinguir la diferencia de composición botánica dentro de las mieladas.

Se descartó la similitud en la composición botánica de la miel floral entre ambas localidades y aunque al menos cuatro de apiarios de San Miguel registran origen multifloral, en general se mostró variación en las combinaciones de mielada y miel floral entre apiarios para ambos años.

LITERATURA CITADA

- Abdulrahman AA, Kolawole SO, Adeyemi SB, Misbahudeen HL. 2017. Melissopalynological analysis of some commercial honeys. *Annals Food Science and Technology* **18**: 493–511. <http://www.afst.valahia.ro> 493
- Acosta Castellanos S, Quiroz García D, Arreguín Sánchez M, Fernández Nava R. 2011. Análisis polínico de tres muestras de miel de Zacatecas, México. *Polibotánica* **32**: 179–191.
- Alaniz-Gutiérrez LA, Ail-Catzim CE, Villanueva-Gutiérrez R, Delgadillo-Rodríguez J, Ortiz-Acosta ME, García-Moya E, Medina Cervantes TS. 2017. Caracterización palinológica de mieles del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotánica* **43**: 255–283. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.43.12>
- Alfaro Bates RG, González Acereto JA, Ortiz Díaz JJ, Viera Castro FA, Burgos Pérez AI, Martínez Hernández E, Ramírez Arriaga E. 2010. *Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán*. México, Mérida: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. ISBN: 978-607-7573-42-5
- Araujo-Mondragón F, Redonda-Martínez R. 2019. Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* **126**:1-20. DOI: <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1444>
- Beekman M, Ratnieks FLW. 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology* **14**: 490-496
- Bello González MA. 2007. Plantas melíferas silvestres de la sierra Purépecha, Michoacán, México. *Revista Ciencia Forestal en México* **32**: 103–126.
- Blackmore S, Barnes SH. 1986. Harmomegatic mechanisms in pollen grains. *Pollen and Spores: Form and Function* 137-148.
- Bogdanov S. 2016. *Book of Honey. Honey in Medicine*. Chapter 9. Consultado el 2 de noviembre de 2021 en: https://www.researchgate.net/publication/304011973_Honey_in_Medicine
- Cadena Rodríguez YJ. 2018. *Estimación de sitios ambientalmente idóneos para la ubicación de apiarios en dos cuencas de Michoacán*. Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional.
- Campos-Trujillo A, Aguirre-Prieto A, Muñoz-Romero G, Rodríguez-Villa MA, Quintana-Martínez G. 2015. Estudio palinológico de la flora urbana de la Ciudad de Chihuahua, México. *Acta Botánica Mexicana*. **113**:111–134.

- Carabias-Lillo J, Provencio E, Elvira J, Graf S. 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. *Instituto Nacional de Ecología*. 1ª edición: enero 2000.
- Carranza González E. 1993. *Styrax*. En Fascículo Vol. 21, Styracaceae. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Ed. Instituto de Ecología, A. C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán: México; p. 1-14.
- Castañón Chavarría LEJ. 2009. *Mieles diferenciadas de la Península de Yucatán y su mercado*, Serie Conocimientos, Número 8. Colección Corredor Biológico Mesoamericano México. México, DF. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Castellanos-Potenciano BP, Ramírez Arriaga E, Zaldívar-Cruz JM. 2012. Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana* **28**: 13–36.
- Castillo Cázares AV, Moguel Ordóñez YB, Cortés Cruz MA, Espinosa Huerta E, Arechavaleta Velasco ME, Mora Avilés MA. 2016. Composición botánica de mieles de la península de Yucatán mediante qPCR y análisis de curvas de disociación. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* **7**: 489–505.
- Cavelier E. 2013. *Le miel: composition et techniques de production*. Tesis de Maestría. Univesité Sorbonne Nouvelle.
- CCA [Comisión Codex Alimentarius]. 2019. Norma para la miel. CXS 12-1981. *Normas Internacionales de los Alimentos*. Adoptada en 1981. Revisada en 1987 y 2001. Enmendada en 2019.
- Chamorro-García FJ, León Bonilla D, Nates-Parra G. 2013. El polen apícola como producto forestal no maderable en la Cordillera Oriental de Colombia. *Colombia Forestal* **16**: 53-66. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=423939619004>
- Contreras-Escareño F, Armendáriz BP, Echazarreta CM, Arroyo JC, Macías-Macías JO, Tapia-González JM. 2013. Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* **4**: 387–398.
- Cruz Gutiérrez M, Zaragos Pérez A. 2012. *Manual de Apicultura*. Consultorías Integrales para el Desarrollo Rural Sostenible S.C. (CONIDER), 17. Recuperado de <https://zootecnia.chapingo.mx/assets/ftapicultura.pdf>
- de la Mora González CH. 1988. *Flora de Utilidad Apícola en Jalisco*. Tesis de Ingeniería en Agronomía. Universidad de Guadalajara.
- Durán C, Hernández M, Ramírez J. 2000. Morfología del polen y distribución de *Lopezia longiflora* (Onagraceae). *Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* **71**: 73–80. <https://www.researchgate.net/publication/277245415>
- EC [European Community] 2001. *Council directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating honey*. Official Journal of the European Communities 12.1.2002 L10/47-52.

- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación] 2021. *Codex Alimentarius*. Consultado el 7 de noviembre 2021 en <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/home/es/>
- Gamboa-Abril V, Díaz-Morena C, Figueroa-Ramírez J. 2012. Tipificación de mieles de mielato de roble (*Quercus humboldtti*) de Boyaca y Santander. *Vitae*. **19**: S382–S384. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914120>
- Gfeller M, Bogdanov S. 2006. Classification of honeydew and blossom honeys by discriminant analysis. *Agroscope Liebefeld-Posieux Science* **500**: 3–9.
- Giovanetti M, Aronne G. 2011. Honey bee interest in flowers with anemophilous characteristics: First notes on handling time and routine on *Fraxinus ornus* and *Castanea sativa*. *Bulletin of Insectology* **6**: 77–82.
- Gonsoulin GJ. 1974. A revision of *Styrax* (Styracaceae) in North America, Central America and the Caribbean. *SIDA* **5**: 191-300. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/38232>
- González-Castillo MP, Ramírez-Noya D, Acosta-Castellanos S, Rosales-Castro M, Alvarado-Aguilar SJ. 2017. Caracterización palinológica de miel colectada por *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) en tres localidades del municipio de Durango, Dgo., México. *Biología e Historia Natural* **4**: 79–83.
- González Sandoval RG, Heverástico CC, Márquez VMD, León CL, Castro EH, Nava AD, Lagunas BC, Palemón FA. 2016. Análisis palinológico de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en cuatro municipios del estado de Guerrero, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* **19**: 19–28. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93945700008>
- González-Quintero L. 1995. Aplicaciones de técnicas palinológicas en dos estudios arqueológicos. *Arqueobotánica: métodos y aplicación* 45-50
- Granados-Argüello RI, Villanueva-Gutiérrez R, Martínez-Hernández E, García Mayoral LE, González de la Torre JE. 2020. Análisis melisopalínológico de mieles de *Apis mellifera* L. en la zona centro de Veracruz, México. *Polibotánica* **50**: 147–163. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.11>
- Grimm EC. 2011. Tilia Software, Version 2.0.41: Springfield, IL., Illinois State Museum.
- Halbritter H, Ulrich S, Grimsson F, Weber M, Zetter R, Hesse M, Buchner R, Svojtka M, Frosch-Radivo A. 2018. *Illustrated Pollen Terminology*. Editorial Springer. Vienna, Austria.
- Hebda RJ, Chinnappa CC. 1990. Studies on pollen morphology of Rosaceae in Canada. *Review of Palaeobotany and Palynology* **64**: 103–108. DOI: [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90123-Z](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90123-Z)
- Hesse M, Halbritter H, Zetter R, Weber M, Buchner R, Frosch-Radivo A, Ulrich S. 2010. *Pollen terminology. An illustrated handbook*. Springer Wien. USA, New York. ISBN: 978-3-211-99935-6

- Ibarra-Morales E, Fernández-Galán BS. 2012. El estudio de polen antiguo: problemas y estrategias en el laboratorio. *Revista especializada en Ciencias Químico-Biológicas* **15**(1):62-66.
- Jardel PEJ, Vélica ZG, Balcázar MOE, Cuevas GR, Santana CE, Martínez RLM. 2013. *Determinación de la Subzonificación de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán*. DERN-CUCSUR Universidad de Guadalajara - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). Autlán, Jalisco.
- Kapp RO, Davis OK, King JE. 2000. *Pollen and Spores*. Second Edition. Texas, USA. ISBN 931871-05-0
- Librado Carranza G. 2016. Plantas nectaríferas y poliníferas en la Costa Chica de Guerrero y municipios aledaños de Oaxaca. *Tlamati Sabiduría* **7**.
- Louveaux J, Maurizio A, Vorwohl G. 1970. Methods of Melissopalynology. *Bee World* **59**: 139–157. DOI: <https://doi.org/10.1080/0005772x.1978.11097714>
- MaB [Man and Biosphere Programme]-UNESCO. 2012. Revisión periódica de la Reserva de la Biosfera del MaB Sierra de Manantlán, México 2012.
- Magaña Pech A. 2011. *La actividad apícola en México: Caso del estado de Campeche, 1999-2009*. Monografía de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Magurran AE. 1988. *Ecological Diversity and its Measurement*. UK: University Research Fellow, University College of North Wales. Chapman & Hall. ISBN: 978-94-015-7358-0
- Malumphy C. 1997. *Honeydew*. pp. 269-274. En: Ben-Dov, Y.; Hodgson, C. (Eds.). *Soft scale insects, their biology, natural enemies and control*. World crop pests, Volume 7A. Elsevier Academic Press, Amsterdam, Países Bajos.
- Martínez-Hernández E. 1970. *Estudio palinológico de las especies dominantes de la vegetación de los alrededores de la Laguna Madre, Tamaulipas, México*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez R LM, Sandoval L JJ, Guevara G RD. 1991. El clima de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán (Jalisco-Colima, México) y en su área de influencia. *Agrociencia* **2**: 107-119
- Martínez R LM, Ramírez R JM. 1998. Unidades fisiográficas de la reserva de la biosfera Sierra de Manantlán bajo un sistema de información geográfica. *Terra Latinoamericana* **16**: 195-203
- Martínez-Sánchez M, Fernández S, Carrión J. 2008. Palinología y escenario forense. Un caso de estudio del sureste de España. *Anales de Biología* **30**: 43-54
- Martínez-Virgen M, Ulloa-Castañeda R, Salgado-Moreno S, Carmona-Gasca C, Orozco-Benítez G, Martínez-González S. 2020. Estudio geográfico e identificación de plantas con potencial apícola en Nayarit, México. *Abanico Agroforestal* **2**: 1–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.37114/abaagrof/2020.8>
- Medina-Acosta M, Grether R, Martínez-Bernal A, Ramírez-Arriaga E. 2019. Comparative study of pollen morphology and exine ultrastructure in tetrads, octads and polyads of the genus

Mimosa (Leguminosae). *Palynology* **43**: 188–212. DOI: <https://doi.org/10.1080/01916122.2018.1446470>

- Moguel Ordoñez YB, Echazarreta González C, Mora Escobedo R. 2005. Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Técnica Pecuaria de México* **43**: 323-334
- Mondragón Cortéz P, Morales Hernández N, López Ramírez J. 2013. *Análisis de calidad en mieles de abeja ofertadas en Guadalajara (México) utilizando la técnica de espectroscopia de infrarrojo y el análisis por componentes principales*. Congreso Internacional Biología, Química y Agronomía 1-10
- Montes Tubio F, Río M, Cañellas Rey de Viñas I. 2003. Revisión: índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales* **12**: 159–176. DOI: <https://doi.org/10.5424/795>
- Morrone JJ. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **76**: 207-252. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2005.002.303>
- Morton CM, Dickison WC. 1992. Comparative pollen morphology of the Styracaceae. *Grana* **31**: 1–15. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173139209427822>
- Müller A. 1996. Host-plant specialization in western palearctic Anthidiine bees (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae). *Ecological Monographs* **66**: 235-257
- Nabors MW. 2006. *Introducción a la Botánica*. Editorial Pearson. Madrid, España.
- Nates-Parra G. 2011. Genética del comportamiento: abejas como modelo. *Acta Biológica Colombiana* **16**: 213-229. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027888015>
- Novoa Lara CP. 1994. *Flora de importancia apícola de Cofradía del Rosario, municipio de Amacueca, Jalisco, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Guadalajara.
- Ortiz PL. 1990. Aportación melitopalínológica al conocimiento de la flora apícola del norte de Córdoba. *Lagasalia* **15**: 165–177.
- Palacios-Chávez R, Ludlow-Wiechers B, Villanueva GR. 1991. *Flora palinológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo*. México, Quintana Roo: Centro de Investigaciones de Quintana Roo. ISBN: 968-6571-10-8
- Panahi P, Pourmajidian MR, Fallah A, Pourhashemi M. 2012. Pollen morphology of *Quercus* (subgenus *Quercus*, section *Quercus*) in Iran and its systematic implication. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* **81**: 33–41. DOI: <https://doi.org/10.5586/asbp.2012.005>
- Pérez-Sato M, Flores-Garrido AF, Castro-González NP, Escobar-Hernández R, Soni-Guillermo E, Pérez-Hernández H. 2018. Análisis palinológico de la miel de *Apis mellifera* L., producida en el altiplano del estado de Puebla, México. *Agroproductividad* **11**:98-103

- Piedras Gutiérrez B, Quiroz García DL. 2007. Estudio melisopalinológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México. *Polibotánica* **23**: 57–75. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62102304>
- Pielou EC. 1975. *Ecological Diversity*. John Wiley & Sons, New York.
- Quiroz García D, Arreguín Sánchez M, Fernández Nava R, Martínez Hernández E. 2011. Patrones estacionales de utilización de recursos florales por *Scaptotrigona hellwegeri* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica* **31**: 89–119.
- Quiroz García D, Arreguín Sánchez M. 2008. Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Morelos, México. *Polibotánica* **26**: 159–173.
- RAE [REAL ACADEMIA ESPAÑOLA]: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [11 de noviembre de 2021].
- Ramírez-Arriaga E, Navarro-Calvo LA, Díaz-Carbajal E. 2011. Botanical characterization of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis. *Grana* **50**: 40–54. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173134.2010.537767>
- Ramírez-Arriaga E, Martínez-Bernal A, Maldonado NR, 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**: 141–156. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.217>
- Ramos-Elorduy JB. 1997. The importance of edible insects in the nutrition and economy of people of the rural areas of Mexico. *Ecology of Food and Nutrition* **36**: 347–366
- Ramos-Díaz A, San Román-Ávila D, Noriega-Trejo R, Góngora-Chim R, Sánchez-Contreras A, Rodríguez-Buenfil I. 2015. *Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la península de Yucatán*. México, Mérida-México: Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior, CIATEJ, CEDESU. ISBN: 978-607-8424-10-8.
- Ramos Díaz AN., Pacheco López NA. 2016. *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación*. ISBN 978-607-9741
- Ribeiro de Souza R, Righetti de Abreu VA, Santos de Novais J. 2018. Melissopalynology in Brazil: a map of pollen types and published productions between 2005-2017. *Palynology* 1-10
- Rocha Estrada A, Alvarado Vázquez MA, Foroughbakhch Pournavab R., Hernández Piñero JL. 2009. Polen atmosférico de importancia alergológica en el área metropolitana de Monterrey (Nuevo León, México), durante el período de Marzo 2003-Febrero 2005. *Polibotánica* **28**: 191-212.
- Román L, Palma J. 2007. Árboles y arbustos tropicales nativos productores de néctar y polen en el estado de Colima, México. *Avances en Investigación Agropecuaria* **11**: 3–24. <http://redalyc.uaemex.mx>

- Romero-Rangel S, Rojas-Zenteno EC. 2019. Aspectos taxonómicos de la morfología floral masculina de *Quercus* (Fagaceae) en. *Polibotánica* **48**: 13–27. DOI: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.2>
- Roubik DW, Moreno PJE. 1991. *Pollen and spores of Barro Colorado Island, Monographs in Systematic Botany, Vol. 36*. St. Louis: Missouri Botanical Garden. <https://striresearch.si.edu/roubik/plates/>
- SADER [Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural]. 2020. Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones. *Diario Oficial de la Federación*. 29 de abril de 2020.
- SADER a [Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural]. 2020. Prensa. Comunicado número 079. Consultado el 1 de noviembre de 2021 desde: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/produjo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-cienprodujo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-ciento-mas-que-el-promedio-de-los-ultimos-10-anos>
- Sáenz de Rivas C. 1978. *Polen y esporas*. Blume ediciones. Madrid, España. ISBN 84-7214-152-7
- SAGARPA [Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación]. 2010. Situación actual y perspectiva de la apicultura en México. *Claridades Agropecuarias* **199**: 3-34
- Sánchez AC, Lupo LC. 2011. Origen botánico y geográfico de las mieles de El Fuerte, Departamento de Santa Bárbara, Jujuy, Argentina., *Boletín de la Sociedad Argentina Botánica* **46**: 105–112.
- Sánchez-Rodríguez EV, López-Mata L, García-Moya E, Cuevas-Guzmán R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la Sierra de Manantlán, Jalisco. *Botanical Sciences* **73**: 17–24. DOI: <https://doi.org/10.17129/botsci.1676>
- Santana-Michel FJ, Cervantes-Aceves N, Jiménez-Reyes N. 1998. Flora melífera del Estado de Colima, México. *Boletín IBUG* **6**: 251–277.
- Seaby RMH, Henderson PA. 2007. *Species Diversity and Richness IV*. Lymington, Hampshire: Pisces Conservation Ltd.
- Segurundo Loza R, Huanca Cruz MA, Pérez Villareal P. 2020. Determinación del porcentaje de miel de flores y miel de mielada comercializadas en supermercados de la ciudad de La Paz. *Revista de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímicas* **8**: 103-114
- Shannon CE. 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal* **27**: 379– 423.

- SIAP [Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera]. 2021. Comparativo de avance, Miel. Consultado en http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecCompaEspProd.jsp (acceso 10 de junio, 2021)
- Skvarla JJ, Larson DA. 1965. An Electron Microscopic Study of Pollen Morphology in the Compositae with Special Reference to the Ambrosiinae. *Grana Palinológica* **6**: 210–269. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173136509429147>
- Sugden EA. 1986. Anthecology and pollinator efficacy of *Styrax officinale* Subsp. *redivivum* (Styracaceae). *American Journal of Botany* **73**: 919–930. DOI: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1986.tb12132.x>
- Tapia-Campos E, Castañeda-Saucedo MC, Ramírez-Anaya JP, Macías-Macías JO, Barajas-Pérez JS, Tapia-González JM, Alaníz-Gutiérrez L. 2017. Physical-chemical characterization, phenolic content and consumer preferences of *Apis mellifera* honey in southern Jalisco, Mexico. *Interciencia* **42**: 603-609
- Tetreault DV, Lucio López CF. 2011. Diversidad biocultural en el estado de Jalisco: Pueblos indígenas y regiones de alto valor biológico. *Espiral* **18**: 165–199.
- Ulloa JA, Mondragón Cortez PM, Rodríguez Rodríguez R, Reséndiz Vázquez JA, Rosas Ulloa P. 2010. La miel de abeja y su importancia. *Fuente* **2**: 11-18
- Vázquez J, Givnish TJ. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition structure, and diversity in the Sierra de Manantlán. *Journal of Ecology* **86**: 999-1020.
- Vázquez JA, Cuevas R, Cochrane TS, Iltis HH, Santana-Michel F, Guzmán L. 1995. *Flora de Manantlán*. USA, Texas: SIDA Botanical Miscellany No 13. ISBN: 0833-1475
- Villaseñor JL. 2016. Catálogo de las plantas vasculares nativas de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* **87**: 559–902. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>
- Von Der Ohe W, Persano Oddo L, Piana ML, Morlot M, Martin P. 2004. Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie* **35**: S18–S25. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido>
- Wallander E. 2012. Systematics and floral evolution in *Fraxinus* (Oleaceae). *Belgische Dendrologie Belge* 38-58.
- Zaldívar-Cruz J, Córdova-Córdova C, Ramírez-Arriaga E, Martínez-Hernández E. 2013. Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo* **29**: 163–178.

APÉNDICE

Cuadro A.1. Determinación taxonómica y clasificación de los tipos polínicos encontrados en las 17 muestras de miel: p = polen presente (< 1 %), m = polen menor (< 3 %), MI = polen de menor importancia (3-15 %), S = polen secundario (16-45 %). Resultados de análisis de diversidad alfa: H' = índice de Shannon Weaver, J' = uniformidad de Pielou, D = índice de Simpson, E = uniformidad de Simpson.

TIPO POLÍNICOS	TELCRUZ	SAN MIGUEL cosecha 2019								SAN MIGUEL cosecha 2018							
	La Parota	Carretera Arriba	Nuevo	La Lomita	Los Tablones	La Higuera	Piedra Picuda 1	Piedra Picuda 2	Llano del Medio	Carretera Arriba	Nuevo	La Lomita	Los Tablones	La Higuera	Piedra Picuda 1	Piedra Picuda 2	Llano del Medio
GYMNOSPERMAS																	
CUPRESSACEAE																	
<i>Cupressus</i> sp.	p												p				
PINACEAE																	
<i>Pinus</i> sp.							p				p	p					
ANGIOSPERMAS																	

MONOCTS																	
ARACEAE																	
Araceae tipo 1	p		p						p	p					p		p
<i>Syngonium</i> sp.	p	p															
BROMELIACEAE																	
Bromeliaceae tipo 1	p							p				p		p	p		p
<i>Tillandsia</i> sp.	p			p													
POACEAE																	
Poaceae tipo 1	p	p		p											p		
Poaceae tipo 2					p					p			p				
SMILACACEAE																	
<i>Smilax</i> sp.					p							p	p				
EUDICOTS																	
AMARANTHACEAE- CHENOPODIACEAE																	
Tipo Amaranthaceae- Chenopodiaceae	p			p												p	
ANACARDIACEAE																	

Anacardiaceae tipo 1			p				m										
<i>Spondias</i> sp.	p	p															p
aff. <i>Astronium</i>	p													p			
aff. <i>Rhus</i>		m	m	m	MI	MI	p	m	p	m	p	m	p	p	p	m	m
ASTERACEAE																	
Tipo Astereae	MI	p	p		p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	p	m	p
Tipo Ambrosiinae	MI	MI	MI	MI	m	MI	MI	MI	MI	m	m	m	m	MI	m	p	MI
<i>Bidens</i> sp.	MI	MI	MI	MI	MI	S	MI	MI	S	MI	MI	MI	MI	S	MI	MI	MI
Tipo Fenestrado											p	p					
APIACEAE																	
<i>Sanicula</i> sp.		p	p														
BETULACEAE																	
<i>Alnus</i> sp			m	p	p	p	p	p	p	p			p	p	p	p	p
<i>Ostrya</i> sp.											p		m	p	p		m
CARYOPHYLLACEAE																	
Caryophyllaceae tipo 1						p											
CUCURBITACEAE																	
<i>Cucurbita</i> sp.															p		

<i>Sycios</i> sp.		p	m	m	m	m	p	m	p	p	p		p				p	
EUPHORBIACEAE																		
Euphorbiaceae tipo 1					p							p	p					
aff. <i>Euphorbia</i>									p									
FABACEAE																		
Fabaceae tipo 1	p									p						p		
Fabaceae tipo 2	p		p	p		p			p	p								
<i>Acacia</i> sp.		p	p	p	p	p	m	p		p		p		p			p	
<i>Dalea</i> sp.	m	MI	S	S	MI	MI												
<i>Lonchocarpus</i> sp.		m	m	m	m	p	m	m	m	MI		m	p	m	m	m	m	
<i>Mimosa</i> sp. tipo 1	MI	MI	MI	MI	MI	m	MI	MI	p	m	MI	S	MI	MI	MI	MI	S	p
<i>Mimosa</i> sp. tipo 2	p																	
<i>Mimosa</i> sp. tipo 3		MI	MI	MI	m	p	m	MI	m	MI	MI	MI	MI	MI	m	m	m	
<i>Prosopis</i> sp.	m	m	p		p	m	p				p	m	p	m				
<i>Stylosanthes</i> sp.							m	p			p					p		
FAGACEAE																		
<i>Quercus</i> sp. tipo 1	MI	MI	MI	S	S	S	MI	S	MI									
<i>Quercus</i> sp. tipo 2	m	MI	m		m	MI	MI	m	MI	m	m	MI	MI	MI	MI	MI	MI	

LAMIACEAE																	
<i>Hyptis</i> sp. tipo 1	m	m	p	p	m	p	p	p		p	p	m	p	m	p	m	
<i>Hyptis</i> sp. tipo 2	p	p	p	p		p	p	p	p	m	p	p	p	p	p	m	
MALPHIGIACEAE																	
Malpighiaceae tipo 1		p			p	p											
<i>Buchonsia</i> sp.	MI	p			p							p			p		
MALVACEAE																	
aff. Tilioideae	p	p							p								
<i>Abutilon</i> sp.												p					
<i>Heliocarpus</i> sp.		p		p				p	p				p		p	p	
<i>Sida</i> sp.							p					p					
MYRTACEAE																	
<i>Calyptanthes</i> sp.		m	MI	m	MI	m	MI	MI	m	p		p		p	p	m	
<i>Eugenia</i> sp.		m	p	MI	MI	MI		m	MI	m		p				p	
OLEACEAE																	
<i>Fraxinus</i> sp.	MI	MI	MI	m	MI	m	m	MI	MI	MI	S	MI	S	S	S	MI	S
ONAGRACEAE																	
<i>Lopezia</i> sp.		m	m	p	m	m	m	p	m	S	MI	MI	MI	m	MI	p	m

PAPAVERACEAE																	
Papaveraceae tipo 1		p		p		p	p		m				p				p
ROSACEAE																	
Rosaceae tipo 1		m	p	p	p		p	p		m	p	p	p			m	m
aff. <i>Rubus</i>	MI	MI	MI	MI	S	MI	MI	MI	MI	m	MI	MI	MI	MI	MI	m	S
RUBIACEAE																	
Rubiaceae tipo 1		MI		p		p		m	m	p							
aff. <i>Borreria</i>		m	m	m	m	m	p	m	MI	p		m	MI	p		p	
SALICACEAE																	
Salicaceae tipo 1			p				m	p			p				p		
SAPINDACEAE																	
<i>Psittacanthus</i> sp.		p		p	p		p	p									
SOLANACEAE																	
Solanaceae tipo 1									p				p				
aff. <i>Solanum</i>				p			p										p
SCROPHULARIACEAE																	
<i>Bacopa</i> sp.	m	m	m	m	MI	m	MI	MI	p	m	m	m	m	m	m	p	p
STYRACACEAE																	

<i>Styrax</i> sp.	S			p													
URTICACEAE																	
Urticaceae tipo 1		p															
VIOLACEAE																	
aff. <i>Viola</i>			p														
MORFOTIPOS																	
Tribrevicolporado, psilado.								p	p	p							
Tricolporado finamente rugulado		p			p	p			p				p	p	p		MI
Tricolporado, microverrugado	m	p					p		p					p			
Tricolporado, microreticulado homobrocado a finamente estríado.		p	p		p	m	p	p	p	p	p		p	p	p	p	
Tetrabrevicolpado, reticulado homobrocado en apocolpio y heterobrocado en mesocolpio	p										p				p	p	
INDETERMINADOS	p								p	p		p					
Riqueza y diversidad α																	

Riqueza [75 taxones]	31	38	32	31	32	31	34	30	32	31	27	35	32	28	32	26	24
α Shannon-Weaver [$H' = 2.95$]	2.2	2.9	2.7	2.6	2.7	2.7	2.8	2.7	2.5	2.5	2.1	2.6	2.4	2.3	2.3	2.4	2.2
	0	0	7	1	5	1	4	4	5	1	9	1	9	4	9	2	5
Uniformidad [$J' = 0.68$]	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7	0.7	0.6	0.7	0.7
	4	0	0	6	9	9	0	1	3	3	7	3	2	0	9	4	1
Simpson [$D = 13.39$]	4.6	13.	12.	9.4	11.	11.	13.	12.	9.1	7.7	5.0	9.5	8.7	7.3	7.0	8.1	6.3
	6	15	48	6	27	00	52	50	7	8	4	5	4	7	6	0	3
Uniformidad [$E = 0.18$]	0.1	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
	5	5	9	1	5	5	0	2	9	5	9	7	7	6	2	1	6