

COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO EN BOTÁNICA

**ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE
MIELES (*Apis mellifera* L.) DEL
NORTE DE GUANAJUATO,
MÉXICO**

VIOLETA LUCERO RUÍZ ALBARRÁN

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2021

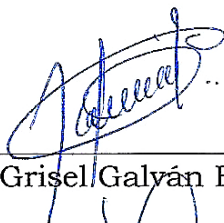
La presente tesis titulada: Análisis palinológico de mieles (*Apis mellifera* L.) del norte de Guanajuato, México; realizada por el (la) alumno (a): Violeta Lucero Ruíz Albarrán, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS

BOTÁNICA

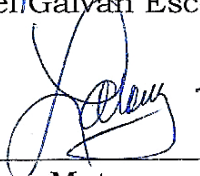
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



Dra. Iris Griselda Galván Escobedo.

ASESOR (A)



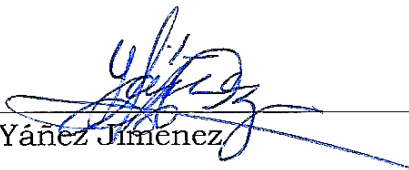
Dr. Lauro López Mata

ASESOR (A)



Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez

ASESOR (A)



Mtra. Petra Yáñez Jiménez

Montecillo, Texcoco, Estado de México, mayo de 2021.

ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE MIELES (*Apis mellifera* L.) DEL NORTE DE GUANAJUATO, MÉXICO.

Violeta Lucero Ruíz Albarrán, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2021

RESUMEN

Los estudios melisopalinológicos permiten identificar los recursos apibotánicos contenidos en las mieles y su clasificación como monoflorales o multiflorales. El presente estudio, contribuye al conocimiento de los recursos botánicos utilizados por las abejas, en el norte del estado de Guanajuato. Se analizaron ocho muestras de miel del periodo de cosecha de primavera del año 2019, catalogadas empíricamente como monoflorales de mezquite (*Prosopis* spp.). Se identificó la especie de *Prosopis* spp., a partir de la morfología polínica de las especies presentes en el estado. Por muestra, se identificaron los tipos polínicos (tp) y se ubicaron en el taxón correspondiente, se cuantificaron y determinó su riqueza y origen floral; se calculó su diversidad y el porcentaje de los tipos de vegetación y uso de suelo del área de influencia de pecoreo (AIP). También, se realizaron análisis de similitud entre muestras y entre estudios melisopalinológicos nacionales. La riqueza total fue de 85 tp, distribuidos en 32 familias botánicas. La familia mejor representada fue Fabaceae. La especie de *Prosopis* spp. identificada correspondió a *P. laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. Las diferencias morfológicas del polen de las especies *P. laevigata* y *P. juliflora* (Sw.)DC. radican en el tamaño y ornamentación. Se clasificaron cinco mieles como monoflorales y tres como multiflorales, dos estrictamente multiflorales y una bifloral. La similitud entre muestras está directamente relacionada con el tipo de vegetación de los sitios de pecoreo. La composición polínica de las mieles de Durango fue la más similar a la de este estudio. Los valores de los índices de diversidad, uniformidad y el AIP, fueron cruciales para entender la clasificación botánica de las mieles.

Palabras clave: recursos apibotánicos, morfología polínica, monofloral, multifloral, riqueza, diversidad, similitud, área de influencia de pecoreo.

**PALINOLOGICAL ANALYSIS OF HONEYS (*Apis mellifera* L.) FROM
NORTHERN GUANAJUATO, MEXICO.**

Violeta Lucero Ruíz Albarrán, M.C.

Colegio de Postgraduados, 2021

ABSTRACT

Melisopalynological studies allow the identification of floral resources contained in honeys and their classification as monofloral or multifloral. The present study contributes to the knowledge of the botanical resources used by bees in the northern region of Guanajuato state. Eight honey samples from the spring harvest period of 2019, empirically classified as monofloral of mesquite (*Prosopis* spp.), were analyzed. The species of *Prosopis* spp. was identified from the pollen morphology of the species present in the state. For each sample, pollen types (tp) were identified and placed in the corresponding taxon, their richness and floral origin were quantified and determined; their diversity and the percentage of vegetation types and land use of the area of influence of grazing (AIP) were calculated. Similarity analyses were also carried out between samples and between national melisopalynological studies. The total richness was 85 tp, distributed in 32 botanical families. The best represented family was Fabaceae. The *Prosopis* spp. identified corresponded to *P. laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. The morphological differences of the pollen of the species *P. laevigata* and *P. juliflora* (Sw.)DC. lie in size and ornamentation. Five honeys were classified as monofloral and three as multifloral, two strictly multifloral and one bifloral. The similarity between samples is directly related to the vegetation type of the grazing sites. The pollen composition of Durango state honeys was the most similar to that of this study. The values of the diversity indexes, uniformity and AIP were crucial to understand the botanical classification of the honeys.

Key words: bee floral resources, pollen morphology, monofloral, multifloral, richness, diversity, similarity, area of grazing influence.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico brindado en el periodo activo de la maestría.

Al Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo y al Posgrado en Botánica, por la oportunidad de participar en un proyecto de investigación apasionante y facilitarme lo necesario para desarrollarlo.

A la Asociación Ganadera Local especialistas en Abejas de la Zona Semidesértica del Norte del Estado de Guanajuato (AGLAZS), por la confianza, apoyo en campo e interés en el presente estudio.

A los integrantes de mi consejo particular: Dra. Iris Grisel Galván Escobedo por transmitirme sus conocimientos con pasión y disciplina y por introducirme al fascinante mundo del polen y la miel. Al Dr. Lauro López Mata, por su valiosa colaboración y compromiso para la mejora del trabajo de investigación; al Dr. Juan Antonio Cruz Rodríguez y la Mtra. Petra Yáñez Jiménez por sus importantes contribuciones a este estudio.

Al Dr. Antonio de la Mora Covarrubias por su desinteresada y notable aportación, para ampliar el conocimiento sobre los recursos botánicos en el área de pecoreo, con el uso de Sistemas de Información Geográfica.

Al Dr. Rafael Ortega Paczka por confiar en mi capacidad para cursar con éxito un postgrado y su recomendación para ingresar en tan honorable institución. Por su entrañable amistad, formación académica y humana.

A mi hermano, Enrique Israel Ruíz Albarrán y a la familia Ruíz Tah, por todo su apoyo y cariño brindado en el transcurso de la maestría.

A Emma García Escobar y familia, por el cariño, respaldo y permanecer cerquita, a pesar de la lejanía.

A mi madre Cecilia Alicia Albarrán Escobar y padre Enrique Ruíz Solís, por ser raíces vivas, fortaleza e inspiración.

A mi hijo Sabino, niño sol de corazón florido, por ser poesía y fulgor.

A mi compañero de vida Rodrigo González, maicito de colores en tierra fértil de mi corazón.

A mis herman@s Israel, Esmeralda y Perla, admirables guías, soporte y dulces caricias en mi corazón.

A mis sobrinas Celtzin, Zul, Miel y Zacnikté, mujeres libres y creativas.

A mi tía Lucrecia Albarrán, compañera de risas.

A mi abuelo Jesús Albarrán, por su paso alegre por la vida.

A Rosa y Ana de la Mora, por su ímpetu y ejemplo de vida.

A Lupita Mendoza y familia, por arroparnos con su calor.

A mi hermana cósmica, María José, por su amor incondicional.

A mis hermanos agroecólogos Rafa, Gil, René, Aurelio y Alejandro, por la utopía y por tanta historia juntos recorrida y por recorrer.

A mis herman@s botánic@s Leopoldo, Karina y Christian por la amistad festiva, sincera y permanente.

A Adín, Magda y Helbert; seres de luz y grandes amigos.

A Diana, Roberto, Bidaw y Lucio, por ser maestr@s de vida.

A la vida, por darme la oportunidad de tomar y encontrar mi lugar.

A tod@s los que trascendieron en esta pandemia.

*La colmena es una estrella casta,
pozo de ámbar que alimenta el ritmo
de las abejas. Seno de los campos
tembloroso de aromas y zumbidos.*

*La miel es la epopeya del amor,
la materialidad de lo infinito.
Alma y sangre doliente de las flores
condensada a través de otro espíritu.
Y el alma superior es de las flores
¡Oh licor que esas almas has unido!
El que te gusta no sabe que traga
Un resumen dorado de lirismo*

Fragmento del poema “El canto de la Miel”

Federico García Lorca

CONTENIDO

RESUMEN.....	iii
ABSTRACT	iv
LISTA DE FIGURAS.....	xi
LISTA DE CUADROS	xiv
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	4
OBJETIVOS	5
General	5
Específicos	5
HIPÓTESIS	6
REVISIÓN DE LITERATURA	6
El polen.....	6
Morfología del polen.....	7
La palinología: importancia y aplicaciones.	13
Melisopalinología	14
Apicultura.	15
Miel	20
Miel de mezquite.....	22
Mezquite.....	23
LITERATURA CITADA.....	26

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE MIELES DE <i>Apis mellifera</i>	
L. (APIDAE) DEL NORTE DE GUANAJUATO, MÉXICO.....	36
1.1. RESUMEN	36
1.2. ABSTRACT	37
1.3. INTRODUCCIÓN	38
1.4. MATERIALES Y MÉTODOS	41
1.4.1. Localización geográfica de los apiarios.....	41
1.4.2. Muestras de miel.....	42
1.4.3. Procesamiento de las muestras de miel para la extracción de polen.	42
1.4.4. Muestras de polen de ejemplares de herbario de <i>Prosopis</i> spp. para colección de referencia.	43
1.4.5. Tratamiento de las muestras de ejemplares de herbario.....	43
1.4.6. Análisis melisopalinológico.....	44
1.4.6.1. Método cualitativo.	44
1.4.6.2. Método cuantitativo.....	44
1.4.7. Análisis de riqueza y diversidad de tipos polínicos de las mieles.	45
1.4.8. Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato.	45
1.4.9. Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato y otras mieles de México.	45
1.4.10. Área de influencia de pecoreo (AIP).	46
1.5. RESULTADOS	47
1.5.1. Análisis melisopalinológico.....	47

1.5.2.	Descripción del polen de Mezquite (<i>Prosopis</i> spp.)	55
1.5.3.	Análisis de riqueza y diversidad de tipos polínicos.	57
1.5.4.	Similitud de los conjuntos palinológicos en las muestras de miel.	57
1.5.5.	Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato y otras mieles de México.	59
1.5.6.	Área de influencia de pecoreo – buffer.	63
1.6.	DISCUSIÓN	64
1.7.	CONCLUSIONES	70
1.8.	LITERATURA CITADA	72
	CONCLUSIONES GENERALES	79

LISTA DE FIGURAS

REVISIÓN DE LITERATURA

- Figura 1.** Diagrama de poro (a), colpo (b), colporo (c) y ora (d) (Soejarto y Fonnegra,1972). 10
- Figura 2.** Sección transversal esquemática de la pared polínica, pk:polenkit. Traducción de la autora (Halbritter et al., 2018 11
- Figura 3.** Elementos esculturales en vista transversal (Sáenz Laín, 2004). .. 12
- Figura 4.** Vista superficial y transversal de elementos suprategales en la exina (Belmonte, 1988). 13
- Figura 5.** Los 10 principales países productores de miel. (Con base en datos de FAOSTAT,2019). 19
- Figura 6.** Los estados de México con mayor producción de miel. (Con base en datos de SIACON-NG,2018). 19
- Figura 7.** Cinco principales países exportadores. (Con base en datos de FAOSTAT, 2019). 19

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Localización geográfica de los apiarios. M1 a M8 indican la ubicación de los apiarios de donde se obtuvieron muestras de miel. Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250000, serie V (INEGI 2013) 42
- Figura 2.** Distribución de las frecuencias absolutas de los tipos polínicos en las diferentes familias botánicas, registradas en ocho muestras de miel de dos municipios del norte del estado de Guanajuato, México. 48
- Figura 3.** Distribución de las frecuencias relativas de los principales tipos polínicos registrados en ocho muestras de miel, de dos municipios del norte del estado de Guanajuato, México. 49
- Figura 4.** Micrografías de los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras de miel. Fabaceae: G1 y G2 = Acacia spp.; H1, H2 y H3 = Fabaceae Tipo 1; I1 e I2 = Mimosa Tipo 2; J1, J2 y J3 = Prosopis laevigata. Myrtaceae: K1 = Myrtaceae Tipo 1. Rubiaceae: L1-L4 = Rubiaceae Tipo 1. 53
- Figura 5.** Micrografías de los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras de miel analizadas. Anacardiaceae A1, A2 y A3=Anacardiaceae Tipo 2. Asparagaceae: B1 y B2=Yucca spp. Asteraceae: C1=Asteraceae Tipo 3. Brassicaceae: D1, D2 y D3=Brassicaceae Tipo 2. Cactaceae: E1 y E2=Opuntia spp. Euphorbiaceae: F1, F2 y F3=Euphorbiaceae Tipo 1..... 54
- Figura 6.** Prosopis laevigata = A1-A6. A1 y A2 Vista ecuatorial-aberturas; A3. Tricolporos; A4 y A5 Vista polar-ornamentación; A6. Vista oblicua frecuente de encontrar. Prosopis juliflora = B1-B6. B1 y B2. Vista ecuatorial-aberturas; B3. Tricolporos; B4 y B5. Vis Vista polar-ornamentación; B6. Vista oblicua frecuente de encontrar. 56

Figura 7. Valores de riqueza y Diversidad de especies alpha en las ocho muestras analizadas.....	57
Figura 8. Dendrograma de similitud/disimilitud entre las muestras de miel analizadas con el índice de Jaccard y el método de enlace simple.	59
Figura 9. Dendrograma de similitud/disimilitud entre los estudios melisopalinológicos de México. Índice de Jaccard y método de enlace simple	62

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.** Tipos polínicos registrados en ocho muestras de miel. Clases de frecuencia: Polen predominante ($P \geq 45\%$), Polen secundario ($S=16-45\%$), Polen de importancia menor ($I=3-15\%$), Polen menor ($M \leq 3\%$) y Polen Presente ($* \leq 1\%$). 50
- Cuadro 2.** Inferior-izquierda: Índice de similitud (Ij) de las ocho muestras. Superior-derecha: tipos polínicos compartidos(tpc). 58
- Cuadro 3.** Inferior-izquierda: índice de similitud (IJ) entre los estudios melisopalinológicos de México. Superior-derecha: especies compartidas 61
- Cuadro 4.** Porcentaje de los tipos de vegetación y uso de suelo por muestra, en el área de influencia de pecoreo..... 63

INTRODUCCIÓN GENERAL

En nuestro país, la producción de miel es de gran importancia para el sostén y diversificación de ingresos de algunas familias y un aporte económico para México por la generación de divisas (Magaña Magaña et al. 2012). Datos oficiales (SIAP 2019b) indican que para el año 2019 se registra una producción de 61,986 toneladas de miel, con un valor de 2,488 millones de pesos.

La apicultura en nuestro país se practica en todo el territorio, con características ambientales y sistemas de producción particulares; por ello, se clasifican en cinco regiones apícolas: 1) Norte, 2) Pacífico, 3) Golfo, 4) Centro y 5) Península de Yucatán (Labougle Rentería y Zozaya Rubio 1986).

La región de la península de Yucatán es la de mayor producción y exportación, aportando entre el 35 al 45% del total de la producción nacional, con destino del 95% de ésta, al mercado internacional (CONABIO y AECID 2011). Debido a su alto volumen de producción y exportación, se puede obviar, que las mieles presentes en esta región, son las mejor caracterizadas y estudiadas.

Sin embargo, en nuestro país, debido a la diversidad biológica y cultural, hay una gran variedad de mieles; por lo que es importante estudiarlas y caracterizarlas para otorgarles una identidad que las distinga (Castañón Chavarría 2009). La caracterización de las mieles, puede hacerse a través de diferentes tipos de análisis como fisicoquímicos, de inocuidad, sensoriales y palinológicos (Alfaro Bates et al. 2010). Estos últimos, permiten identificar el origen floral de la miel, es decir, las fuentes nectaríferas utilizadas por las abejas para la elaboración de la misma, a través de la determinación y cuantificación de los tipos polínicos contenidos en la miel (Saa Otero, Ramil Rego, y Aira Rodríguez 1991).

A pesar de su relevancia, en México se han realizado análisis melisopalinológicos solo en algunos estados de las cinco regiones. En la región Centro, se han

realizado estudios melisopalinológicos en los estados de Morelos (Quiroz García y Arreguín Sánchez 2008), Puebla (Ramírez Arriaga y Martínez Hernández 2007), Distrito Federal (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007) y Zacatecas (Acosta Castellanos et al. 2011). El estado de Guanajuato pertenece a dicha región y, aunque hay registros de la flora apícola y estudios palinológicos (Rivera Vázquez y Mandujano Bueno 2016; Navarro Gómez 2019), la caracterización palinológica de las mieles producidas en este estado es incipiente.

El estado de Guanajuato cuenta con 30,471 colmenas, que producen 565.4 toneladas de miel al año, con un valor de \$27,170,571 pesos. El municipio que más produce es León (126.7 ton), seguido de Apaseo El Alto (71.695 ton), Comonfort (64.075 ton), San Miguel de Allende (46.868 ton) y Celaya (44.411 ton). Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia Nacional, produce 20.116 ton y San Diego de la Unión 3.7 ton (SIAP 2019a).

En los municipios de Dolores Hidalgo y San Diego de la Unión, se localizan los apiarios de la Asociación Ganadera Local especialistas en Abejas de la Zona Semidesértica del Norte del Estado de Guanajuato (AGLAZS), quienes identifican la producción de miel de tres tipos: 1) miel monofloral de mezquite (*Prosopis* spp. L.) cosechada en la época de primavera, 2) miel monofloral de palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.) cosechada en verano y 3) miel multifloral de otoño. Cabe destacar, que la época más importante para ellos, es la de primavera, ya que es la de mayor producción.

La clasificación de estas mieles, como monofloral o multifloral es empírica, es decir, basada en la observación por parte de los apicultores, de las flores que visitan las abejas.

La importancia de caracterizar las mieles de esta región por su origen botánico, radica en reconocer sus particularidades, lo cual, a su vez, permitirá a los productores contar con información que pueden utilizar para aumentar el valor agregado de sus mieles, otorgar identidad al grupo de apicultores y brindar

información a los consumidores, lo que contribuiría a estimular y aumentar la demanda y consumo a nivel local y nacional (Zavala Olalde 2013).

El objetivo de este estudio es analizar el contenido de polen en las mieles producidas en dos municipios de la zona norte del estado de Guanajuato, para determinar su origen floral, riqueza y diversidad de especies de los recursos florísticos preferidos por las abejas para la elaboración de la miel; así como comparar los recursos nectaríferos entre muestras y entre estudios melisopalinológicos de México.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La diversidad y complejidad de los recursos florísticos de México, se ve reflejada en una gran variedad de mieles con diferentes colores, olores, texturas y sabores (Martínez Hernández y Ramírez Arriaga 1998).

De acuerdo al recurso florístico libado por las abejas y las formas de manejo y producción por parte de los apicultores, la miel tendrá características particulares como las mencionadas anteriormente. Estas características, permiten que las mieles se diferencien unas de otras y se eleve su valor agregado (Castañón Chavarría 2009).

La melisopalinología es el método más usado para diferenciar una miel por su origen botánico, a partir del cálculo de la frecuencia relativa de los tipos polínicos presentes en dicha sustancia (Kaškonienė y Venskutonis 2010).

Este tipo de estudios en México se ha centrado en la región de la península de Yucatán, dejando de lado otras regiones apícolas productoras. Para el caso del estado de Guanajuato, el conocimiento del origen floral en las mieles que produce es incipiente; esto puede ser debido a que no figura entre los diez principales estados productores (SIACON-NG 2018) y a que destina su producción al mercado interno (Labougle Rentería y Zozaya Rubio 1986), a pesar de obtener

miel de excelente calidad con potencial de comercialización en el extranjero (Rivera Vázquez y Mandujano Bueno 2016).

En dicho estado, la AGLAZS produce miel de *Apis mellifera* L. de la época de primavera, clasificada como monofloral de mezquite (*Prosopis* spp.) en base a las observaciones de los apicultores. Hasta ahora, no cuentan con un análisis melisopalínológico que corrobore y complemente dicha clasificación en sus mieles.

ALCANCE Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El alcance de la presente investigación se basa en la caracterización palinológica de las mieles producidas por apicultores de la AGLAZS, para determinar su origen floral. Representa un acercamiento a los recursos vegetales que las abejas pecorean para elaborar la miel en dos municipios del estado de Guanajuato: Dolores Hidalgo y San Diego de la Unión.

Los resultados aportaron información en dos rubros:

1. Científico: La información contribuyó a la clasificación botánica de las mieles producidas por la AGLAZS y generar conocimiento sobre los recursos botánicos utilizados por las abejas para la elaboración de la misma. También aportó el uso de un índice de predominancia para analizar la diversidad de los recursos apícolas en mieles monoflorales y el de Sistemas de Información Geográfica para aumentar el panorama de los recursos disponibles. Además, amplió las bases para la diferenciación de las mieles de acuerdo a las regiones apícolas del país.
2. Social: el grupo de apicultores de la AGLAZS se benefició obteniendo información sobre el origen botánico de su miel, lo cual brinda la posibilidad de aumentar su valor y avanzar en procesos de certificación. De manera indirecta, también puede repercutir en la toma de decisiones de los apicultores sobre el manejo de las colmenas, su ubicación y el

fomento del cultivo y conservación de los recursos vegetales identificados en este estudio.

OBJETIVOS

General

Analizar el contenido de polen de mieles de *Apis mellifera* L. producidas en dos municipios de la zona norte del estado de Guanajuato, para determinar su origen botánico.

Específicos

1. Determinar los taxones a los que pertenecen los tipos polínicos contenidos en las mieles, con base en sus caracteres morfológicos.
2. Cuantificar los tipos polínicos por muestra y establecer su presencia en términos porcentuales para su clasificación y, de esta manera, determinar los principales recursos vegetales utilizados por las abejas para la elaboración de la miel.
3. Estimar la riqueza y diversidad de especies vegetales con base en los tipos polínicos registrados en las mieles.
4. Comparar la similitud entre muestras, con base a los tipos polínicos compartidos.
5. Comparar la similitud de las mieles analizadas en este estudio, con las analizadas en otras regiones apícolas, con base en las especies compartidas.
6. Analizar la disponibilidad de los recursos botánicos en el área de influencia de pecoreo de las abejas a través de cartas de uso de suelo y tipos de vegetación para cotejar la clasificación de las mieles.

HIPÓTESIS

La miel elaborada en la región norte del estado de Guanajuato contiene tipos polínicos que representan especies vegetales características del matorral xerófilo, lo cual diferencia la miel por su origen botánico con respecto al resto de las regiones apícolas de México.

REVISIÓN DE LITERATURA

El polen.

El significado etimológico del polen proviene del latín *pollen – inis* , que significa polvo muy fino o flor de harina (RAE - ASALE 2014c). Cuando se usa el término polen se hace referencia a un conjunto de muchos individuos; el vocablo correcto para nombrar a un solo individuo es grano de polen (Jarzen y Nichols 1996).

El polen se define como células de las espermatofitas (angiospermas y gimnospermas), protegidas por una capa externa de gran resistencia conocida como esporodermis, que contienen la información genética masculina (gametofito masculino) y cuya función es fecundar al óvulo (gametofito femenino) (Sáenz Laín 2004; Stephen 2014).

El polen se localiza en partes específicas de las plantas, dependiendo de su clasificación como angiospermas o gimnospermas. En angiospermas el polen se encuentra en las anteras de las flores dentro de sacos polínicos (microsporangios), mientras que en las gimnospermas se localiza en la superficie inferior de las escamas dentro de sacos polínicos, que conforman los conos masculinos o estaminados (González Embarcadero, Cedillo Portugal, y Díaz Garduño 2007).

Una vez que el polen está maduro, éste se desprende o es dispersado de la planta de manera individual o asociado. Esta característica es particular también, según su clasificación como gimnosperma o angiosperma. Pacini y Franchi

(1999) mencionan que las angiospermas se dispersan en cuatro principales formas, aunque también lo pueden hacer en combinaciones: 1) de manera individual como mónadas, 2) como granos finos y alargados intrincados, 3) en conjunto, unidos por materiales pegajosos como el polenkit, la trifina y la elastoviscina y 4) en grupos unidos por paredes comunes (unidades múltiples o tétradas, poliádas, másulas y polinias). Para el caso de las gimnospermas la dispersión es de manera individual (mónadas).

El polen puede ser dispersado por diferentes agentes bióticos o abióticos. Chalcoff *et al.*, (2014) mencionan al viento, agua, y a la gravedad como agentes abióticos, y dentro de los bióticos incluyen a una gran cantidad de insectos y vertebrados que en conjunto se denominan polinizadores.

Morfología del polen.

La palabra morfología se deriva del griego y significa forma o estructura de algo (RAE - ASALE, 2014a). La morfología de plantas es una ciencia que investiga la diversidad de formas, estructuras y reproducción de éstas; haciendo uso de técnicas rigurosas y observaciones minuciosas con fines de comparación (similitud- disimilitud) (Gifford y Foster 1988).

En el polen, la morfología se basa principalmente en la caracterización de la exina debido a las diferentes estructuras que la conforman; además de la forma y tamaño de los granos de polen. Con esta información se puede diferenciar entre categorías taxonómicas como clase, familia y género (González Embarcadero, Cedillo Portugal, y Díaz Garduño 2007). Para el caso de la identificación de grupos naturales (especie), es necesario realizar una colecta de flores con polen en campo u obtener muestras de polen de materiales de herbario, que sirvan como referencia.

La esporodermis de manera general, está conformada principalmente por una capa exterior endurecida conocida como exina, y una capa interior más suave llamada intina (Leuschner 1993).

La intina está compuesta por celulosa, pectina y proteínas de arabinogalactano (Li et al. 1995). La exina está compuesta por un complejo biopolímero derivado principalmente de ácidos grasos o cadenas alifáticas de cadenas largas que son insolubles en disolventes acuosos y orgánicos; este es conocido con el nombre de esporopolenina. Es considerado el compuesto más resistente, duro y duradero de la naturaleza, al resistir desecación prolongada y degradación física, biológica y química no oxidante (Ariizumi y Toriyama 2011).

Debido a su resistencia a la degradación por agentes químicos, se puede someter al polen a un procedimiento químico conocido como acetólisis.

La acetólisis es un método de procesamiento propuesto por (Erdtman 1960) que elimina el contenido del polen como aceites, polenkit, protoplasma y restos de intina, con la finalidad de poder observar mejor las características de la exina (Wood, Gabriel, y Lawson 1996).

Una vez procesadas las muestras de polen, las características que observa el/la palinólogo(a) para la identificación del tipo de polen son: 1) el tamaño y la forma general del grano de polen; 2) la forma, el número y la disposición de las aberturas en las paredes, y 3) la estructura y la ornamentación de la superficie de la exina (Kapp, Davis, y King 2000).

A continuación, se describen de manera general cada uno de los tres puntos mencionados:

1) Tamaño y la forma general del grano de polen

Debido a la diversidad del tamaño del polen, Halbritter *et al.* (2018) los organizó en categorías como muy pequeños (< 10 μm), pequeños (10-25 μm), medianos (26-50 μm), grandes (51-100 μm) y muy grandes (>100 μm), esto como resultado de mediciones de diámetro promedio de granos de polen de diferentes especies.

En un modelo ideal de grano de polen esferoidal, comparado con los ejes imaginarios del planeta Tierra; el eje polar pasaría por el centro del grano de

extremo a extremo, y el eje ecuatorial recorrería la superficie del grano de polen dividiéndolo en dos mitades o hemisferios (Colinvaux et al. 2001). En una tétrada (grupo de cuatro granos de polen), el eje polar atraviesa desde el polo distal (cara externa) hasta el proximal (cara interna).

La forma se obtiene calculando un índice de las medidas de los dos ejes imaginarios que recorren al grano de polen: el eje polar y el ecuatorial (EP/EE) (Erdtman 1952).

Kremp (1965) clasificó las formas en cinco categorías de acuerdo al resultado numérico del índice: peroblado (>0.50), oblado ($0.50-0.75$), subesferoidal ($0.75-1.33$), prolado ($1.33-2.00$) y perprolado (> 2.00). La categoría subesferoidal la divide a su vez en suboblado ($0.75-0.88$), oblado-esferoidal ($0.88-1.0$), esferoidal (1.00), prolado-esferoidal ($1.00-1.14$) y subprolado ($1.14-1.33$).

Bennett y Willis (2001) mencionan que regularmente los granos de polen tienen forma de esfera o elipse y que su diámetro varía en un rango de $10\ \mu\text{m}$ a $100\ \mu\text{m}$ ($0.01\text{mm} - 0.1\ \text{mm}$); pero la mayoría miden de 20 a $30\ \mu\text{m}$ ($0.02 - 0.03\ \text{mm}$).

La ubicación de la polaridad, también tiene que ver con la simetría del grano de polen y la ubicación de las aberturas, ésta última se explica más adelante.

2) La forma, el número y la disposición de las aberturas en las paredes

Las aberturas son perforaciones o adelgazamientos en la exina, por donde germina el tubo polínico. Se clasifican como simples o compuestas. Dentro de la categoría simple, se encuentra el poro y colpo. El primero tiene forma circular y el segundo tiene forma elíptica redondeada o puntiaguda. Las aberturas compuestas están formadas por la combinación de las formas descritas anteriormente; si el poro está rodeado por otra estructura circular más grande se denomina ora, pero si está rodeada por una elipse se denomina colporo o poro en colpo (Figura 1) (Soejarto y Fonnegra 1972).



Figura 1. Diagrama de poro (a), colpo (b), colporo (c) y ora (d) (Soejarto y Fonnegra, 1972).

El número de aberturas en el grano de polen también es de importancia taxonómica, esto se indica utilizando prefijos (di, tri, tetra, penta, hexa) ó números (2, 3, 4, 5, 6) en las diferentes formas de aberturas (poro, colpo, colporo); por ejemplo, si el grano de polen tiene tres colpos, esto se denota como tri-colpado o 3-colpos (Halbritter et al. 2018).

Las aberturas están posicionadas en partes específicas del grano de polen. Erdtman (1952) menciona que las aberturas se pueden encontrar en el área polar, ecuatorial o en todo el grano.

Para señalar la posición de las aberturas, también se usan prefijos; según Soejarto y Fonnegra (1972) se utiliza *cata* cuando las aberturas están en la cara proximal, *ana* cuando se encuentran en la cara distal, *zono* si están alrededor del eje ecuatorial y *panto* si están en toda la superficie del grano de polen.

3) La estructura y la ornamentación de la superficie de la exina

La estructura se refiere a la composición de la esporodermis, es decir, la presencia, ausencia y espesor de las diversas capas que la conforman (Kapp, Davis, y King 2000). Esta clasificación varía entre autores y el tipo de microscopía utilizada.

Halbritter *et al.*, (2018) las clasifican de acuerdo al tipo de microscopía utilizada: LM (Ligth Micrographs) o SEM (Scanning Electron Micrographs). Con LM, la exina se divide solo en nexina (capa interna) y sexina (capa externa); en cambio, usando SEM la exina se divide en endexina y ektexina. La primera corresponde

a una capa sin estructura, y la segunda, si es un grano tectado (con techo) se subdivide en una capa basal (foot layer), infratectum, tectum y en algunos casos, elementos suprategmiales. Si el grano de polen carece de tectum, se dice que es un grano atectado (Figura 2).

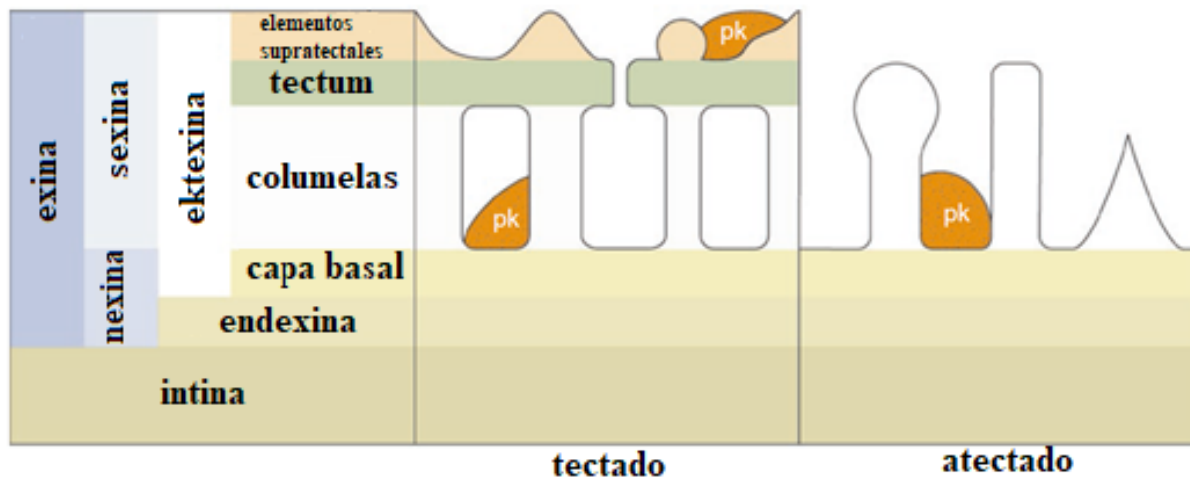


Figura 2. Sección transversal esquemática de la pared polínica, pk:polenkit. Traducción de la autora (Halbritter et al., 2018).

La ornamentación por su parte, se refiere a los elementos que “adornan” la capa más externa de la exina. Kapp, Davis y King (2000) mencionan que si estos elementos se alargan horizontalmente, se forman diversos patrones en la superficie de la pared, por lo que han sido definidos por los palinólogos de acuerdo a su tamaño, forma y disposición. Los autores anteriores refieren 10 patrones principales: 1) psilado (superficie lisa), 2) escabrado (elementos pequeños, menores de 1 μm en cualquier dimensión), 3) verrugado (elementos tan anchos como, o más anchos que, altos, $\geq 1 \mu\text{m}$ ancho), 4) gemado (diámetro de los elementos igual a, o mayor que, la altura; base constreñida $\geq 1 \mu\text{m}$ de ancho), 5) baculado (elementos alargados, más altos que anchos, $\geq 1 \mu\text{m}$ long), 6) clavado (elementos más altos que anchos con una base constreñida o una punta ensanchada, $\geq 1 \mu\text{m}$ de largo), 7) equinado (elementos en forma de espigas puntiagudas, a veces llamado espinulado (con espinulas); si está entre 1-3 μm de largo), 8) rugulado (elementos horizontalmente alargados en un patrón irregular), 9) estriado (elementos alargados horizontalmente en un patrón más o

menos paralelo) y 10) reticulado (elementos alargados horizontalmente que forman un patrón de lacunae (agujeros) y muri (paredes) en forma de red).

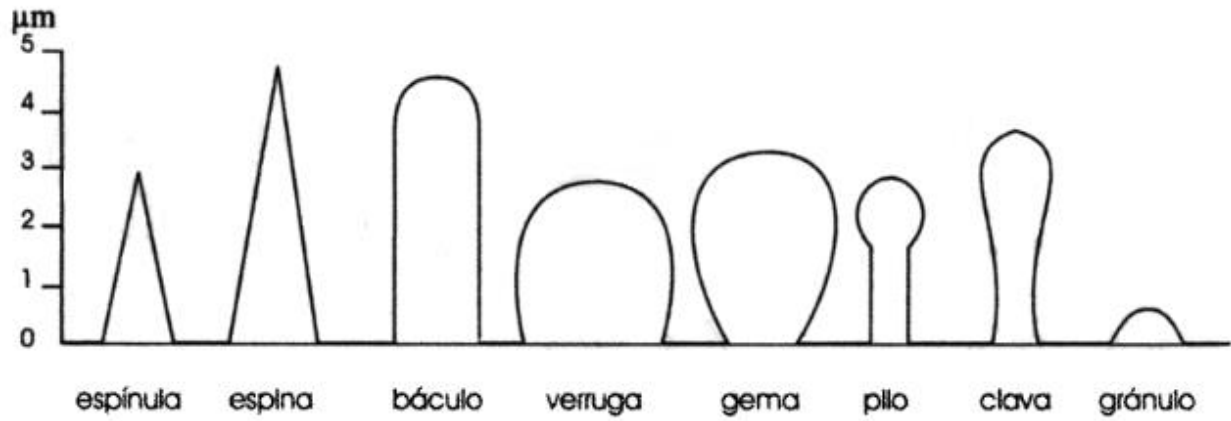


Figura 3. Elementos esculturales en vista transversal (Sáenz Laín, 2004).

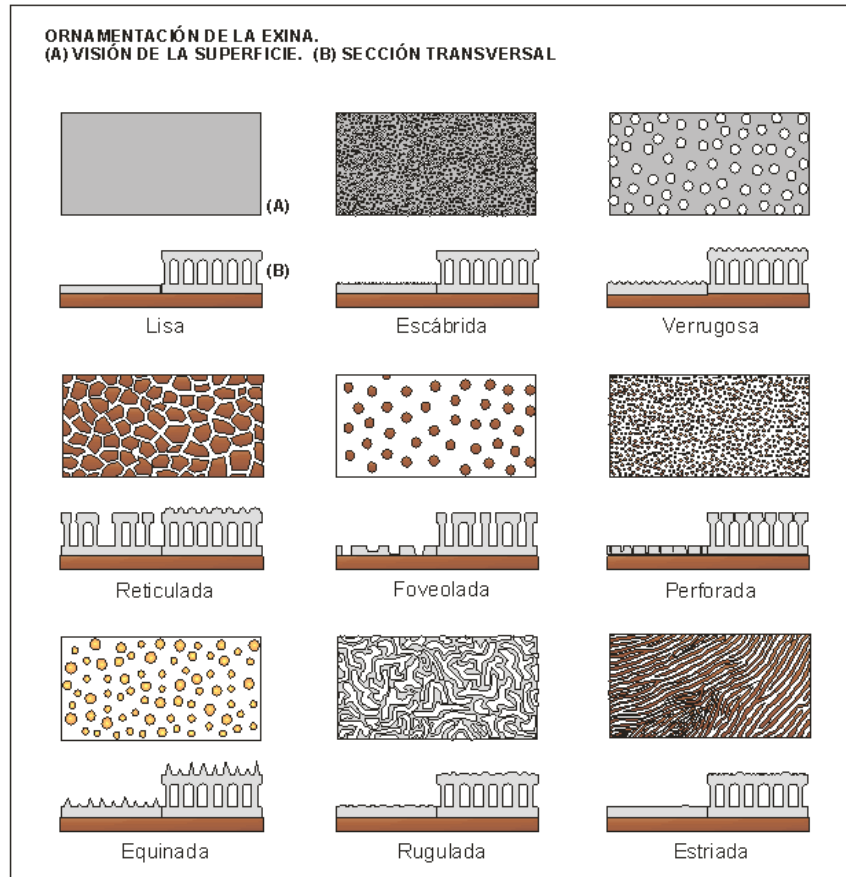


Figura 4. Vista superficial y transversal de elementos suprategatales en la exina (Belmonte, 1988).

La palinología: importancia y aplicaciones.

El mundo del polen es imperceptible para muchos de nosotros debido a sus micro-dimensiones; sin embargo, forma un papel de gran relevancia en la reproducción sexual de las plantas con semilla y es un recurso valioso para la producción de conocimiento en diversas áreas y disciplinas científicas.

Fue gracias a la invención del microscopio compuesto, en el siglo XVII por Anton van Leeuwenhoek, que el misterioso mundo del polen pudo visibilizarse (Wodehouse 1935).

La palabra palinología proviene de las palabras griegas *palynein* que significa espolvorear harina o polvo, y *logos* que quiere decir, palabra o tratado (RAE -

ASALE 2014b). Erdtman (1963) la define como la ciencia de los granos de polen y las esporas, y menciona que está relacionada con el estudio de las plantas fósiles (paleobotánica) y en la clasificación de las plantas (taxonomía).

Halbritter *et al.* (2018) por su parte, mencionan que es la ciencia del estudio de los palinomorfos, que comprenden polen, esporas, quistes, diatomeas y otros organismos microscópicos.

El término palinología se le atribuye a Hyde y Williams en 1945, quienes fueron partícipes de una discusión entre científicos sobre el nombre que debía recibir el estudio de la morfología de polen. Aunque generó controversia, su propuesta fue determinante al ser aceptada por palinólogos de renombre como Swede Gunnar Erdtman (Edwards y Pardoe 2018) .

Según Stephen (2014), la palinología se divide en básica y aplicada. La primera se encarga de estudiar la morfología del polen y esporas, aspectos teóricos de la palinología aplicada, la productividad, viabilidad y resistencia del polen y las esporas. En la segunda, las bases de la palinología se aplican en diferentes ciencias y disciplinas científicas: entomopalinología, aeropalinología, iatropalinología, farmacopalinología, palinología forense, copropalinología, palinotaxonomía, paleopalinología, bioestratigrafía y geocronología, paleoecología y cambio climático, palinología arqueológica y melisopalinología.

Melisopalinología

La melisopalinología es el estudio morfológico del polen que se encuentra en la miel. Este se encuentra en dicha sustancia, ya que las abejas lo recogen, intencional y accidentalmente, durante la búsqueda de néctar o polen para el proceso de elaboración de la misma; dejando con ello, rastros de la flora apícola que visitan (Ponnuchamy et al. 2014) .

La melisopalinología es utilizada para determinar el origen botánico, es decir, determinar de qué néctares de flores está elaborada la miel, así como su origen

geográfico, ya que estos rastros (polen, ligamaza) dan indicios sobre el ambiente donde provienen (Von Der Ohe et al. 2004).

El origen botánico y las condiciones climáticas y fisiográficas de la región donde se produce la miel la dotan de características únicas; lo cual contribuye a definir su origen geográfico. El origen geográfico garantiza que las mieles sean un producto particular de las condiciones biofísicas, determinadas por parámetros botánicos, fisicoquímicos y sensoriales (Yang et al. 2012; Nates Parra et al. 2013). El valor de las mieles en el mercado también aumenta cuando se logra una denominación de origen geográfico.

La caracterización palinológica de las mieles también puede repercutir indirectamente en la toma de decisiones sobre el manejo de las colmenas, su ubicación y el fomento del cultivo y conservación de las especies que sean identificadas en el estudio palinológico.

A pesar de la relevancia de los estudios palinológicos en las mieles, en México se han realizado solo en algunos estados: en Baja California (Alaniz Gutiérrez et al. 2017), en Durango (González Castillo et al. 2017), en Guerrero (Ramírez Arriaga et al. 2016; González Sandoval et al. 2016), en Morelos (Quiroz García y Arreguín Sánchez 2008; Vázquez Fuentes et al. 2019), Nuevo León (Rocha Estrada et al. 2017), Oaxaca (Ramírez-Arriaga, Navarro-Calvo, y Díaz-Carbajal 2011), Puebla (Ramírez Arriaga y Martínez Hernández 2007; Pérez Sato et al. 2018), Tabasco (Castellanos Potenciano, Ramírez Arriaga, y Zaldivar Cruz 2012; Zaldivar Cruz et al. 2013; Jacinto Pimienta et al. 2014), en el Valle de México (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007), Yucatán (Alfaro Bates et al. 2010) y Zacatecas (Acosta Castellanos et al. 2011).

Apicultura.

La apicultura es la ciencia y la práctica de la cría de abejas. De esta actividad se obtienen múltiples productos como la miel, cera, propóleo, jalea real y polen,

además de que las abejas brindan un servicio fundamental al ecosistema: la polinización (Bradbear 2009).

En México, la apicultura se practicaba desde antes de la llegada de los españoles, con el manejo de abejas nativas sin aguijón (*Melipona beecheii* Bennett) (Weaver y Weaver 1981). En la actualidad, la meliponicultura se sigue practicando en varias partes de nuestro país y la miel obtenida, es usada y fue usada, como edulcorante, medicina, para el comercio y en algunas prácticas religiosas, aunque estas últimas se han ido perdiendo (Dixon 1987).

Fue hasta el siglo XIX, cuando se introdujo a la abeja europea *Apis mellifera* en la región central del país, y posteriormente se dispersó a otras áreas. Así, México es regionalizado en cinco grandes áreas apícolas, clasificadas de acuerdo a sus características ambientales y el tipo de sistema de producción: 1) Norte, 2) Pacífico, 3) Golfo, 4) Centro y 5) Península de Yucatán (Labougle Rentería y Zozaya Rubio 1986).

Los mismos autores (Labougle Rentería y Zozaya Rubio 1986) describen estas regiones de la siguiente manera:

- 1) Norte: está conformada por los estados que se encuentran en el límite del norte de México, desde Baja California hasta Tamaulipas, incluyendo parte de Sinaloa, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí; aunque es la zona de mayor extensión, tiene una producción modesta de miel (debido a su clima extremo y al tipo de vegetación) de excelente calidad.
- 2) Pacífico: comprende la franja de estados que se encuentran en la vertiente del océano Pacífico, desde Sinaloa hasta los límites del estado de Chiapas; es una región favorable para la apicultura debido a su clima y vegetación y produce miel de muy buena calidad, la mayoría para exportación.
- 3) Golfo: comprende a los estados que se encuentran en la vertiente del Golfo, desde Tamaulipas hasta Tabasco y parte de Chiapas; produce las mieles más costosas como la de azahar y otras de menor calidad como la de

mangle y las derivadas de la industria cañera; su producción es destinada al mercado internacional y nacional.

- 4) Centro: comprende a los estados de la meseta central, cuentan con una desarrollada técnica apícola, pero con un alto número de colmenas rústicas; la miel que producen es de excelente calidad, con bajo contenido de humedad, aroma y sabor agradable y un color ámbar extra claro; su producción se destina al mercado nacional y su principal limitante son las adversidades climáticas (heladas y sequías).
- 5) Península de Yucatán: comprende a los estados de Campeche, Yucatán y Quintana Roo, debido a su clima y a la gran diversidad de flora apícola, es la de mayor producción; cuentan con tecnología apícola de calidad, los apicultores están bien organizados y su producción es de alta calidad y destinada para exportación. Debido a que esta región aporta entre el 35-45% del total de la producción nacional (CONABIO y AECID 2011), es la más estudiada en cuanto a sus características fisico-químicas, sensoriales, origen botánico y origen geográfico.

La producción de miel en México, es importante para el sostén y diversificación de ingresos de algunas familias y un gran aporte económico por la generación de divisas (Magaña Magaña et al. 2012).

México forma parte de los 10 principales países productores de miel, con una producción promedio anual de los últimos 25 años (1993-2018) de 56,613 toneladas, posicionándose en el sexto lugar.

Los cinco países que le anteceden, en orden descendente son China, Estados Unidos de América, Turquía, Argentina y Ucrania (Figura 5).

De esta producción a nivel nacional, los estados que tienen un mayor aporte son: Yucatán (10,161 ton), Campeche (7,049 ton), Jalisco (5,737 ton), Veracruz (5,386 ton), Guerrero (3,404 ton) y Chiapas (3,204 ton) (Figura 6). Estas cifras

representan la producción promedio anual de 1980 a 2018 (ton o miles de litros) (SIACON-NG 2018).

Debido a la alta calidad de la miel mexicana, ésta es apreciada por varios países en el mundo, por lo que parte de su producción es destinada al mercado internacional (SAGARPA 2016).

Así, México ocupa el tercer lugar entre los cinco primeros países exportadores, con un promedio anual de 24 años (1993-2017) de 29,147 toneladas (Figura 7) (FAOSTAT 2019).

La misma fuente (FAOSTAT 2019) nos indica que los países con mayores importaciones de miel en el mundo, en orden descendente son: Estados Unidos de América, Alemania, Japón, Reino Unido y Francia; de los cuales México dirige el 78.5% del total de sus exportaciones, siendo Alemania el principal destino de las exportaciones mexicanas (M. Á. Magaña Magaña et al. 2017).

A pesar de que México es competitivo como productor y exportador de miel, la apicultura en nuestro país se enfrenta a varios problemas. Magaña Magaña y Leyva Morales (2011) mencionan algunos de éstos: la africanización de las colonias de abejas, problemas sanitarios con infestaciones de *Varroa* spp., elevados costos de producción, pocos créditos internos, baja adopción de nuevas prácticas tecnológicas, falta de legislación federal que regule la actividad apícola, desorganización entre grupos de apicultores, intermediarismo, bajo consumo per cápita de miel y mayor exigencia del mercado por productos inocuos y de mayor calidad.

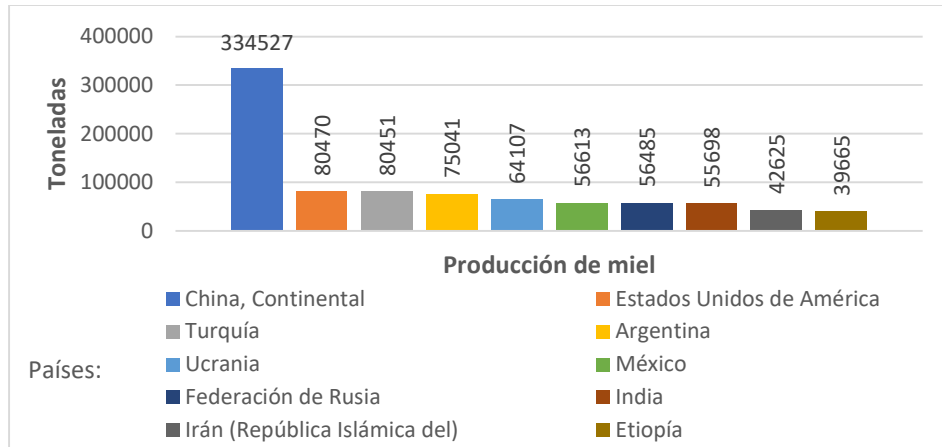


Figura 5. Los 10 principales países productores de miel. (Con base en datos de FAOSTAT,2019).

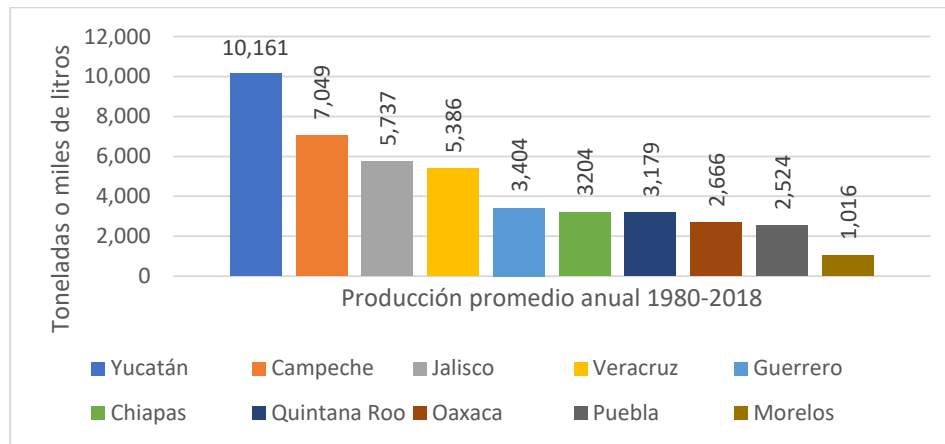


Figura 6. Los estados de México con mayor producción de miel. (Con base en datos de SIACON-NG,2018).

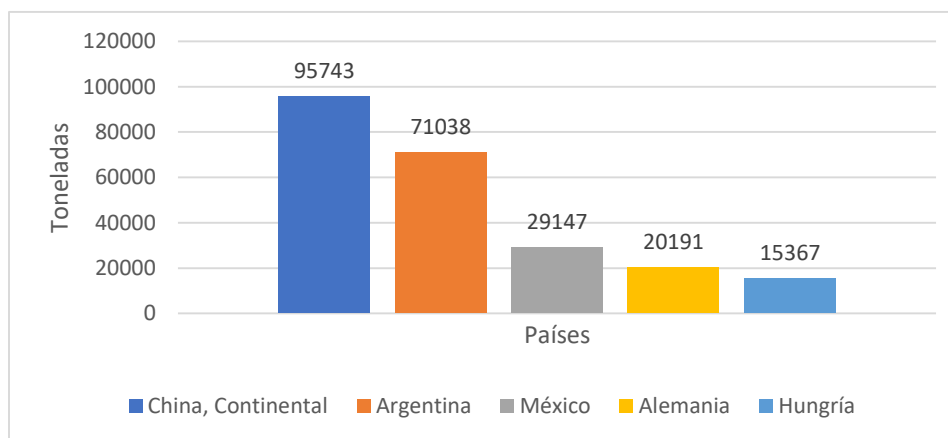


Figura 7. Cinco principales países exportadores. (Con base en datos de FAOSTAT, 2019).

Miel

La miel es definida en el Codex Alimentarius (2019) como una sustancia dulce natural producida por abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las flores o de secreciones de partes vegetativas de las plantas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen, transforman y combinan con sustancias específicas propias, depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje.

La miel se compone de manera general por azúcares como la glucosa y la fructosa, aminoácidos (prolina), enzimas (glucosa-oxidasa), minerales, antioxidantes (flavonoides y ácidos fenólicos), pigmentos, polen y cera; algunos son conferidos por la maduración de la miel, otros añadidos por las abejas y unos se derivan de las plantas (Anklam 1998; Zhou et al. 2014).

Esta composición, varía de acuerdo a sus propiedades botánicas, sensoriales, físicas y químicas; ya que estas características dependen del clima, vegetación y las prácticas individuales que llevan a cabo los apicultores (White 1978).

En México, debido a la gran variedad de flora melífera, se obtienen mieles de diferente consistencia (cremosas o líquidas), colores (que van desde el blanco al ámbar oscuro casi negro) y sabores; por ello, es importante caracterizarlas tomando en cuenta aspectos que la diferencien; como el origen botánico, el ecosistema, la especie de abeja y aspectos culturales como las formas de producción y de manejo (Castañón Chavarría 2009).

La diferenciación en las mieles, se ha centrado principalmente en su clasificación como mieles multiflorales o monoflorales (Grosso, Tangarife, y Méndez 2017).

Las mieles multiflorales contienen importantes contribuciones de néctar de varias especies de plantas; en cambio, en las mieles monoflorales la mayor parte del néctar proviene de una sola especie vegetal. Esta distinción generalmente no se encuentra en la etiqueta del producto (Ruoff et al. 2007).

Una miel será determinada como monofloral si hay una presencia ≥ 45 % de un taxón vegetal dominante y como multifloral, si la presencia de diferentes taxa vegetales varía en un rango de 16 a 45 %. Dentro de ésta última, existen clasificaciones de acuerdo al número de taxa dominantes: *oligoflorales* si dominan dos o más taxones de una familia de plantas con 16-45 %, *biflorales* si se encuentran dos taxones relevantes de diferentes familias botánicas presentes del 16 al 45 % y estrictamente *multiflorales*, con tres o más taxones de diferentes familias con porcentajes ≥ 10 % (Ramírez-Arriaga, Navarro-Calvo, y Díaz-Carbajal 2011).

Persano Oddo y Bogdanov (2004) proponen para una determinación más certera del origen botánico en mieles monoflorales, que el análisis melisopolinológico sea complementado con análisis sensoriales y físico-químicos.

El análisis sensorial se refiere a la medición y cuantificación de las características de los productos alimenticios evaluables por los sentidos humanos (gusto, tacto, olfato y vista). Los atributos que se miden y cuantifican son el color, textura, olor y gusto. Estos dos últimos, están relacionados con el origen floral (Montenegro et al. 2008).

En los análisis físico-químicos se determinan aspectos relacionados con la madurez (porcentaje de humedad, contenido aparente de azúcar reductor), limpieza en el proceso (porcentaje de cenizas, porcentaje de sólidos insolubles en agua,) y deterioro de la miel (acidez, índice de diastasa, hidroximetilfurfural); algunos de estos, como el contenido aparente de azúcar reductor y el porcentaje de cenizas (minerales) también está relacionado con el origen botánico (SAGARPA 2018).

En la actual norma NOM-004-SAG/GAN-2018 (2020), se pueden revisar las condiciones que se deben cumplir en la producción de miel y las especificaciones correspondientes en cada proceso, para garantizar que éstos contengan los requerimientos necesarios, y con ello, se atiendan las exigencias del consumidor.

La importancia entonces de diferenciar la miel por su origen botánico, radica en que su valor monetario es superado considerablemente, en comparación de aquellas que no cuentan con dicha diferenciación (Nates Parra et al. 2013); además de que se garantiza su autenticidad en dos aspectos importantes: 1) con respecto a la producción, para evitar la adulteración y 2) respecto al origen geográfico y botánico (Bogdanov 2007).

Miel de mezquite.

De la gran gama de mieles monoflorales en México: miel de tahonal (*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng.), miel de Chacá o palo mulato (*Bursera simaruba* Sarg.), miel de dzidzilché (*Gymnopodium floribundum* Rolfe in Hook.) (ECOSUR 2018), miel de flor de cactus (*Opuntia ficus – indica* (L.) Mill.), miel de flor de eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill.) , miel de flor de Caujiniquil (*Inga punctata* Willd.) (Rodríguez et al. 2012) entre otras; la miel de mezquite (*Prosopis* spp.) es una de las más apreciadas en el extranjero.

Según Soto Muciño, Elizarras Baena y Soto Muciño (2017), es una miel producida principalmente en la región norte y se caracteriza por tener una excelente calidad y un buen precio a pesar de los bajos niveles de producción; además, el principal mercado es el internacional y es muy apreciada en Norteamérica.

González Cárdenas *et al.*, (2018) mencionan que han sido estudiadas pocas muestras de este tipo de miel e intentan caracterizarlas por sus atributos sensoriales, físico-químicos y palinológicos. Dentro de sus características sensoriales indican que son mieles de color extra blanco, cristalizadas, con olor y aroma cálido y vegetal y un sabor dulce-intenso. Dentro de sus atributos físico-químicos mencionan que tiene una humedad promedio de 18.17%, un pH ácido con un valor promedio de 4.7, azúcares reductores por arriba del 70% y una conductividad eléctrica baja relacionada con su origen botánico y geográfico, con un promedio de 0.16 Ms/cm. El contenido de polen es predominante de *Prosopis*

spp. (>45%) y presenta baja diversidad de especies acompañantes, entre las que mencionan la familia Asparagaceae, Asteraceae, Cactaceae, Lamiaceae, Poaceae y Zygophilaceae.

Una ventaja de las mieles monoflorales, es que es preferida y apreciada por los consumidores, en comparación con las multiflorales; lo cual ofrece la oportunidad a los apicultores de competir con las mieles multiflorales de bajo precio importadas del extranjero. Además, el creciente interés por los usos terapéuticos o tecnológicos de ciertas variedades de miel puede contribuir también a la demanda de una determinación fiable de su origen botánico (Ruoff et al. 2007).

Mezquite

En el planeta, se calcula la existencia de más de 250,000 especies de plantas con flores (Villaseñor y Ortiz 2016). De éstas, solo el 16% de las plantas son melíferas (Velázquez Rentería 2011).

Las plantas melíferas producen néctar que aprovechan las abejas para elaborar la miel, la mayoría de éstas son plantas nativas poco conocidas; sin embargo, al ser el recurso del cual dependen las abejas, para los apicultores también representa un recurso de interés (Bello González 2007).

Las plantas de importancia apícola son clasificadas como nectaríferas (producen néctar), poliníferas (producen polen) y néctar-poliníferas (producen ambos: polen y néctar) (Andrada 2003).

Varias investigaciones sobre la flora apícola, coinciden en que las familias Asteraceae y Fabaceae son la principales fuentes de polen y néctar para las abejas (Andrada 2003; Araujo Mondragón y Redonda Martínez 2019; Naab y Tamame 2007; Novoa Lara 1994).

Un recurso nectarífero y polinífero importante en las zonas áridas y semiáridas de la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae, es el mezquite (*Prosopis* spp.).

La definición etimológica de *Prosopis* se deriva del griego *pros* que significa hacia y *Opis* haciendo referencia a la Diosa griega de la abundancia y la agricultura, por lo que Perry (1998) la significó como “hacia la abundancia”.

Esta definición describe perfectamente a varias especies de este género por sus múltiples usos y propósitos. En México, su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus vainas como forraje y como alimento para el humano; produce resina que tiene uso en la fabricación de pegamentos, barnices y sus flores son importantes en la producción de miel (Rodríguez Saucedo et al. 2014).

Este grupo se distingue por tener hábito principalmente arbóreo y arbustivo, sus ramas tienen espinas estipulares o caulinares rectas, rasgo característico en las especies de América, o aguijones en el caso de especies de Asia y norte de África. Sus hojas en su mayoría son biparipinnadas con numerosos folíolos. Tiene inflorescencias en forma de espigas o de racimos axilares, con flores bisexuales de color blanco-verdoso, amarillo y rara vez rojo. Su fruto es una legumbre con mesocarpo carnoso y dulce o fibroso, y endocarpo dividido en segmentos con una semilla de color pardo (Andrade et al. 2007).

El género *Prosopis* está conformado por 46 especies y 42 de éstas se encuentran en América. El principal centro de diversidad del género es Argentina con 29 especies (14 de ellas endémicas) (Palacios 2006).

El mismo autor (Palacios 2006) identifica en México 11 especies pertenecientes al grupo Algarobia, característico de las áreas desérticas y semidesérticas: *Prosopis odorata* Torr. & Frém., *Prosopis glandulosa* Torr., *Prosopis velutina* Wooton, *Prosopis yaquiana* R.A. Palacios, *Prosopis articulata* S. Watson, *Prosopis tamaulipana* Burkart, *Prosopis vidaliana* Naves ex Fern. -Vill., *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst., *Prosopis mezcalana* R.A. Palacios, *Prosopis mayana* R.A. Palacios y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

En específico, en el estado de Guanajuato se ha registrado la presencia de dos especies: *Prosopis juliflora* y *Prosopis laevigata* (Villaseñor 2016). Estas se distinguen morfológicamente por el número de foliolos, en *P. laevigata* la cifra es mayor (de 15 a 30 pares por pinna de 5 a 10 mm de largo y de 0.5 a 2 mm de ancho), mientras que en *P. juliflora* la cifra es menor (de 6 a 15 pares por pinna, de 8 a 20 mm de largo y de 2 a 7 mm de ancho); además esta última se distribuye en zonas costeras, a bajas altitudes (0-500 m), mientras que *P. laevigata* crece en cuencas y valles interiores de mayor altitud, siendo el mezquite típico del centro y sur de México (Andrade et al. 2007).

LITERATURA CITADA

- Acosta Castellanos, Salvador, Leonor Quiroz García, María de la Luz Arreguín Sánchez, y Rafael Fernández Nava. 2011. "Análisis polínico de tres muestras de miel de Zacatecas, México". *Polibotánica*, núm. 32: 179–91.
- Alaniz Gutiérrez, Luis, Carlos Enrique Ail Catzim, Rogel Villanueva Gutiérrez, José Delgadillo Rodríguez, Martín Eduardo Ortiz Acosta, Edmundo García Moya, y Tomás Salvador Medina Cervantes. 2017. "Caracterización palinológica de mieles del valle de Mexicali, Baja California, México". *Polibotánica*, núm. 43: 1–29.
- Alfaro Bates, Rita Guadalupe, Jorge Ángel González Acereto, Juan Javier Ortiz Díaz, Flor Alicia Viera Castro, Ana Isabel Burgos Pérez, Enrique Martínez Hernández, y Elia Ramírez Arriaga. 2010. *Caracterización palinológica de las mieles de la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Andrada, Ana C. 2003. "Flora utilizada por *Apis mellifera* L. en el sur del Caldenal (Provincia fitogeográfica del Espinal), Argentina." *Rev.Mus. Argentino Cienc. Nat.*, n.s. 5 (2): 329–36.
- Andrade, M. Gloria, Graciela Calderón de Rzedowski, Sara Lucía Camargo Ricalde, Rosaura Grether, Héctor M. Hernández, Angélica Martínez Bernal, Lourdes Rico, Jerzy Rzedowski, y Mario Sousa S. 2007. "Fascículo 150". En *Flora del bajío y de regiones adyacentes*.
- Anklam, Elke. 1998. "A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey". *Food Chemistry*. Great Britain. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00057-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00057-0).
- Araujo Mondragón, Fernando, y Rosario Redonda Martínez. 2019. "Flora melífera de la región centro-este del municipio de Pátzcuaro, Michoacán, México". *Acta Botanica Mexicana*, núm. 126: 20 p. <https://doi.org/10.21829/abm126.2019.1444>.
- Ariizumi, Tohru, y Kinya Toriyama. 2011. "Genetic Regulation of Sporopollenin Synthesis and Pollen Exine Development". *Annual Review of Plant Biology* 62 (1): 437–60. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112312>.
- Bello González, Miguel Angel. 2007. "Plantas melíferas silvestres de la Sierra Purépecha, Michoacán, México". *Revista Ciencia Forestal en México* 32 (102): 103–27. <https://biblat.unam.mx/es/revista/ciencia-forestal-en-mexico/articulo/plantas-melíferas-silvestres-de-la-sierra-purepecha-michoacan-mexico>.

- Bennett, K. D., y K. J. Willis. 2001. "Pollen". En *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments*, editado por J.P Smol, H.J.B. Birks, y W.M. Last, 5–32. Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47668-1_2.
- Bogdanov, S. 2007. "Authenticity of Honey and Other Bee Products: State of the Art". *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca - Animal Science and Biotechnologies* 64 (1–2): 1–8. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:64:1-2:2192>.
- Bradbear, Nicola. 2009. "Bees and their role in forest livelihoods. A guide to the services provided by bees and the sustainable harvesting, processing and marketing of their products". Rome, Italy. <http://www.fao.org/3/i0842e/i0842e00.htm>.
- Castañón Chavarría, Luis Enrique de Jesús. 2009. Mielles diferenciadas de la Península de Yucatán y su mercado. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad : Corredor Biológico Mesoamericano México. Distrito Federal, México. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6513.pdf>.
- Castellanos Potenciano, Blanca Patricia, Elia Ramírez Arriaga, y Juan Manuel Zaldivar Cruz. 2012. "Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el Estado de Tabasco, México". *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* 28 (1): 13–36. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.281813>.
- Chalcoff, Vanina R., Carolina L. Morales, Marcelo A. Aizen, Yamila Sasal, Adriana E. Rovere, Malena Sabatino, Carolina Quintero, y Mariana Tadey. 2014. "Interacciones Planta-Animal. la polinización". https://www.researchgate.net/publication/277295406_Interacciones_planta-animal_la_polinizacion.
- Codex Alimentarius. 2019. "NORMA PARA LA MIEL CXS 12-1981". [moz-extension://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who-codexalimentarius%2Fsh-proxy%2Fen%2F%3Flnk%3D1%26url%3Dhttps%25253A%25252F%25252Fworkspace.fao.org%25252Fsites%25252Fcodex%25252FStand](https://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who-codexalimentarius%2Fsh-proxy%2Fen%2F%3Flnk%3D1%26url%3Dhttps%25253A%25252F%25252Fworkspace.fao.org%25252Fsites%25252Fcodex%25252FStand).
- Colinvaux, Paul, Paulo Eduardo de Oliveira, Jorge Enrique Moreno Patiño, y Susanne Renner. 2001. "Amazon pollen manual and atlas/manual e atlas palinologico da amazonia". *Quaternary Science Reviews* 20 (18): 1955–56. [https://doi.org/10.1016/s0277-3791\(00\)00152-9](https://doi.org/10.1016/s0277-3791(00)00152-9).
- CONABIO, y AECID. 2011. "Plan rector para promover una denominación de origen de mieles de la Península de Yucatán". México.

https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/mieles/pdf/PlanRector_DenominacionOrigenMielesPeninsulaYucatan.pdf.

Dixon, Clifton V. 1987. "Beekeeping in Southern Mexico". Yearbook. Conference of Latin Americanist Geographers 13 (febrero): 66–71. <http://www.jstor.org/stable/25765682>.

ECOSUR. 2018. "Mieles mesoamericanas". 2018. <https://www.ecosur.mx/mieles/miel-de-cafetal/>.

Edwards, Kevin J., y Heather S. Pardoe. 2018. "How palynology could have been palynology: the naming of a discipline". Palynology 42 (1): 4–19. <https://doi.org/10.1080/01916122.2017.1393020>.

Erdtman, G. 1960. "The Acetolysis Method—A Revised Description." Svensk Botanisk Tidskrift, núm. 54: 561–64.

———. 1963. "Palynology". Advances in Botanical Research 1 (C): 149–208. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(08\)60181-0](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(08)60181-0).

Erdtman, G. 1952. Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms. Almqvist &. Vol. 1. Stockholm;Waltham Mass.,U.S.A.: Almqvist & Wiksell;;Chronica Botanica Co. <https://doi.org/10.1080/11035895209453507>.

FAOSTAT. 2019. "Ganadería primaria - Miel natural". 2019. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL/visualize>.

Gifford, E.M., y A.S. Foster. 1988. Morfology and evolution of vascular plants. Editado por D. Kennedy y R. B.Park. 3ra. New York.

González Cárdenas, Renata, Isabel May Canché, Luis Mondragón Muñóz, Beatriz Toledo Núñez, José Navarro Gómez, y Rémy Vandame. 2018. "Hacia un catálogo de mieles de abejas de México y Centroamérica." En La apicultura: actividad sustentable, editado por Fernando Utrera Quintana, Adolfo Arroyo Vázquez, Ernesto Rosalío Tanus Sánchez, y José Ordonel Torres Bocanegra, 215 p. México, D.F.: Asociación Nacional de Médicos Veterinarios Especialistas en Abejas, A.C.

González Castillo, María P., David Ramírez Noya, Salvador Acosta Castellanos, Martha Rosales Castro, y Sandra J. Alvarado Aguilar. 2017. "Caracterización palinológica de miel colectada por Apis mellifera Linnaeus (Hymenoptera:Apidae) en tres localidades del municipio de Durango, Dgo., México". Entomología mexicana 4: 79–83.

González Embarcadero, Antonia., Ernestina. Cedillo Portugal, y Lucina. Díaz Garduño. 2007. Morfología y anatomía de las plantas con flores. Primera. México, Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo.

- González Sandoval, Reynaldo, Cesario Catalán Heverástico, Víctor Manuel Domínguez Márquez, Cándido Luna León, Elías Hernández Castro, Agustín Damián Nava, Blas Cruz Lagunas, y Francisco Alberto Palemón. 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.
- Grosso, Guillermo Salamanca, Mónica Patricia Osorio Tangarife, y Laura María Reyes Méndez. 2017. “Propiedades fisicoquímicas de mieles monoflorales de encenillo de la zona altoandina en Boyacá, Colombia”. *Química Nova* 40 (8): 854–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170084>.
- Halbritter, Heidemarie, Silvia Ulrich, Friðgeir Grímsson, Martina Weber, Reinhard Zetter, Michael Hesse, Ralf Buchner, Matthias Svojtka, y Andrea Frosch-Radivo. 2018. *Illustrated Pollen Terminology*. Illustrated Pollen Terminology. Segunda. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71365-6>.
- Jacinto Pimienta, Selene Y., Elia Ramirez Araiga, Angel Sol Sanchez, Jose H.R. Mendoza Hernandez, Juan M. Zaldivar Cruz, y Odil Duran Zaraboso. 2014. “Caracterización polínica de las mieles en seis municipios del estado de Tabasco, mediante métodos estadísticos.” *Universitas (León)*. *Revista Científica de la UNAN-León*. Vicerrectoría de Investigación, Postgrados y Proyección Social 5 (2): 94–102.
- Jarzen, D.M., y D.J. Nichols. 1996. “Pollen”. En *Palynology: principles and applications*, editado por J. Jansonius y D.C. McGregor, 261–91. United States: Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Vol.1.
- Kapp, R.O., O.K. Davis, y J.E. King. 2000. *Ronald O. Kapp’s pollen and spores*. 2nd ed. College Station, TX,: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Kaškonienė, Vilma, y Petras R Venskutonis. 2010. “Floral Markers in Honey of Various Botanical and Geographic Origins: A Review”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 9 (6): 620–34. <https://doi.org/10.1111/j.1541-4337.2010.00130.x>.
- Kremp, Gerhard O. W. 1965. “Morphologic encyclopedia of palynology.” University of Arizona Press, Tucson, Ariz.
- Labougle Rentería, J.M., y J.A. Zozaya Rubio. 1986. “La Apicultura en México”. *Ciencia y Desarrollo*, núm. 69: 17–36.
- Leuschner, R. M. 1993. “Pollen”. *Experientia*. Birkhäuser-Verlag. <https://doi.org/10.1007/BF02125639>.

- Li, Yi-Qin, Claudia Faleri, Anja Geitmann, Hong-Qi Zhang, y Mauro Cresti. 1995. "Immunogold localization of arabinogalactan proteins, unesterified and esterified pectins in pollen grains and pollen tubes of *Nicotiana tabacum* L." *Protoplasma*, núm. 189: 26–36. [moz-extension://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.irbv.umontreal.ca%2Fwp-content%2Fuploads%2Fgeitmannprotoplasmaringstem.pdf](http://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.irbv.umontreal.ca%2Fwp-content%2Fuploads%2Fgeitmannprotoplasmaringstem.pdf).
- Magaña Magaña, Miguel A., y Carlos E. Leyva Morales. 2011. "Costos y rentabilidad del proceso de producción apícola en México". *Contaduría y administración*, núm. 235: 99–119. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2011.421>.
- Magaña Magaña, Miguel Ángel, Yolanda Beatriz Moguel Ordóñez, osé Roberto Sanginés García, y Carlos Enrique Leyva Morales. 2012. "Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México". *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 3 (1): 49–64. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000100004.
- Magaña Magaña, Miguel Ángel, José Roberto Sanginés García, Pedro Enrique Lara y Lara, Lucila de Lourdes Salazar Barrientos, y Carlos Enrique Leyva Morales. 2017. "Competitividad y participación de la miel mexicana en el mercado mundial". *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias* 8 (1): 43–52. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4304>.
- Martínez Hernández, Enrique, y Elia Ramírez Arriaga. 1998. "La importancia comercial del origen botánico de las mieles por medio de su contenido de granos de polen (Melisopalínología)". *Apitec* 10: 27–30. <https://www.biblioteca.org.ar/libros/2239.htm>.
- Montenegro, Gloria, Miguel Gómez, Rodrigo Pizarro, Gerard Casaubon, y Raúl C. Peña. 2008. "Implementation de un panel sensorial para mieles chilenas\Implementation of a sensory panel for Chilean honeys". *Ciencia e Investigación Agraria* 35 (1): 51–58. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-16202008000100005&lang=pt.
- Naab, Ofelia, y María Angélica Tamame. 2007. "Flora apícola primaveral en la región del Monte de la provincia de La Pampa (Argentina)". *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 42 (3–4): 251–59.
- Nates Parra, G., P.M. Montoya, F.J. Chamorro, N. Ramírez, C. Giraldo, y D. Obregón. 2013. "Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (Apidae) en cuatro departamentos de Colombia". *Acta Biológica Colombiana* 18 (3): 427–38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-548X2013000300002.

- Navarro Gómez, José de Jesús. 2019. "Caracterización de la miel de mezquite de *Apis mellifera* L. y un acercamiento a otros recursos florales de las mezquiteras en México." Universidad Autónoma Chapingo.
- "NOM-004-SAG/GAN-2018.Producción de miel y especificaciones". 2020. Ciudad de México, México: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de abril de 2020. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020.
- Novoa Lara, Carmen Patricia. 1994. "Flora de importancia apícola de Cofradía del Rosario, municipio de Amacueca, Jalisco, México". Universidad de Guadalajara. http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2709/Novoa_Lara_Carmen_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ohe, Werner Von Der, Livia Persano Oddo, Maria Lucia Piana, Monique Morlot, y Peter Martin. 2004. "Harmonized methods of melissopalynology". *Apidologie* 35 (Suppl. 1): S18–25. <https://doi.org/10.1051/apido:2004050>.
- Pacini, Ettore, y Gian Gabriele Franchi. 1999. "Pollen grain sporoderm and types of dispersal units". *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 68 (4): 299–305. <https://doi.org/10.5586/asbp.1999.042>.
- Palacios, Ramón A. 2006. "Los Mezquites Mexicanos: Biodiversidad y Distribución Geográfica". *Bol. Soc. Argent. Bot.* 41 (1–2): 99–121.
- Pérez Sato, M., A.F. Flores Garrido, N.P. Castro González, R. Escobar Hernández, E. Soni Guillermo, y H. Pérez Hernández. 2018. "Análisis palinológico de la miel de *Apis mellifera* L., producida en el altiplano del Estado de Puebla, México". *AGRO - PRODUCTIVIDAD* 11 (3): 98–103.
- Perry. 1998. "Flora de Australia. Volume 12 Mimosaceae (excl. Acacia), Caesalpiniaceae". En *Australian Biological Resources Study*, Canberra, editado por Anthony E. Orchard, Patrick M. McCarthy, Jane Mowatt, y Helen Thompson, 213 p. Australia: ABRS/CSIRO Australia.
- Persano Oddo, Livia, y Stefan Bogdanov. 2004. "Determination of honey botanical origin: problems and issues". *Apidologie* 35 (Suppl. 1): S2–3. <https://doi.org/10.1051/apido:2004044>.
- Piedras Gutiérrez, Berenice, y David Leonor Quiroz García. 2007. "Estudio melisopalínológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México". *Polibotánica*, núm. 23: 57–75.
- Ponnuchamy, Raja, Vincent Bonhomme, Srinivasan Prasad, Lipi Das, Prakash Patel, Cédric Gaucherel, Arunachalam Pragasam, y Krishnamurthy Anupama. 2014. "Honey Pollen: Using Melissopalynology to Understand

- Foraging Preferences of Bees in Tropical South India”. Editado por Fabio S. Nascimento. PLoS ONE 9 (7): e101618. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101618>.
- Quiroz García, David Leonor, y María de la Luz Arreguín Sánchez. 2008. “Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Morelos, México”. *Polibotánica*, núm. 26: 159–73.
- RAE - ASALE. 2014a. “Morfología”. 2014. <https://dle.rae.es/morfología?m=form>.
- . 2014b. “Palinología”. 2014. <http://etimologias.dechile.net/?palinologi.a>.
- . 2014c. “Polen | Diccionario de la lengua española”. 2014. <https://dle.rae.es/polen?m=form>.
- Ramírez-Arriaga, Elia, Lidia Amelia Navarro-Calvo, y Eloína Díaz-Carbajal. 2011. “Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis”. *Grana* 50 (1): 40–54. <https://doi.org/10.1080/00173134.2010.537767>.
- Ramírez Arriaga, Elia, Angélica Martínez Bernal, Nadia Ramírez Maldonado, y Enrique Martínez Hernández. 2016. “Palynological analysis of honeys and pollen loads of *Apis mellifera* (Apidae) from the central and northern regions of the state of Guerrero, Mexico”. *Botanical Sciences* 94 (1): 141–56. <https://doi.org/10.17129/botsci.217>.
- Ramírez Arriaga, Elia, y Enrique Martínez Hernández. 2007. “Melitopalynological Characterization of *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Apidae:Meliponini) *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) Honey Samples in Northern Puebla State, Mexico”. *Journal of the Kansas Entomological Society* 80 (4): 377–91. [https://doi.org/10.2317/0022-8567\(2007\)80\[377:mcosmg\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2317/0022-8567(2007)80[377:mcosmg]2.0.co;2).
- Rivera Vázquez, Ricardo, y Andrés Mandujano Bueno. 2016. *Flora nectarífera y polinífera de Guanajuato. Libro técnico Núm.7. Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México*.
- Rocha Estrada, Alejandra, Marco A. Alvarado Vázquez, Marco A. Guzmán Lucio, Hugo C. Rodríguez García, Sergio M. Salcedo Martínez, y Jorge L. Hernández Piñero. 2017. “Estudio polínico de mieles de Cadereyta Jiménez y Santiago, Nuevo León”. *CIENCIA UANL*, núm. 84: 31–38.
- Rodríguez, Beatriz A., Sandra Mendoza, Montserrat H. Iturriga, y Eduardo Castaño-Tostado. 2012. “Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys”. *Journal of Food Science* 77 (1): C121–27. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02487.x>.

- Rodríguez Saucedo, Elvia Nereyda, Gustavo Enrique Rojo Martínez, Benito Ramírez Valverde, Rosa Martínez Ruiz, Milagros de la Caridad Cong Hermida, Salvador Martín Medina Torres, y Hugo Humberto Piña Ruiz. 2014. “Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México”. *Ra Ximhai* 10 (3): 173–93. <https://drive.google.com/file/d/0B3tidJTICU5eMDljU0RIbzF1Qm8/edit>.
- Ruoff, Kaspar, Werner Luginbühl, Verena Kilchenmann, Jacques Olivier Bosset, Katharina von der Ohe, Werner von der Ohe, y Renato Amadò. 2007. “Authentication of the botanical origin of honey using profiles of classical measurands and discriminant analysis”. *Apidologie* 38 (5): 438–52. <https://doi.org/10.1051/apido:2007027>.
- Saa Otero, María del Pilar, Pablo Ramil Rego, y María de Jesús Aira Rodríguez. 1991. “Análisis polínico de mieles procedentes de las provincias de Lugo y Orense (Galicia, España).” *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, núm. 2: 57–63.
- Sáenz Laín, Concepción. 2004. “Glosario de términos”. *Lazaroa* 25: 405–16. <https://doi.org/10.18356/f3224cac-es>.
- SAGARPA. 2016. “SAGARPA: Reafirma México su posición como sexto productor mundial de miel”. 2016. <https://comunicacionsocialguajuato.blogspot.com/2016/01/reafirma-mexico-su-posicion-como-sexto.html>.
- . 2018. “Buenas prácticas pecuarias en la producción primaria de miel”. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/395732/Manual_BPP_en_la_Producci_n_primaria_de_Miel_octubre_2018.pdf.
- SIACON-NG. 2018. “SIACON - NG | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno | gob.mx”. 2018. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.
- SIAP. 2019a. “Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Miel. Producción, precio y valor 2019. Estatal-Guanajuato.” 2019. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.
- . 2019b. “Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Miel. Producción, precio y valor 2019. Nacional.” 2019. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.
- Soejarto, D.D., y R. Fonnegra. 1972. “Polen: diversidad en formas y tamaños”. *Actualidades Biológicas* 1 (1): 2–13. <https://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/actbio/article/view/330775>.

- Soto Muciño, Luis Enrique, Ramón Elizarras Baena, y Ivonne Soto Muciño. 2017. "Situación apícola en México y perspectiva de la producción de miel en el Estado de Veracruz". *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial* 3 (7): 40–64. http://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial/vol3num7/Revista_de_Estrategias_del_Desarrollo_Empresarial_V3_N7_5.pdf.
- Stephen, A. 2014. "Pollen – A microscopic wonder of plant kingdom". *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 1 (9): 45–62.
- Vázquez Fuentes, Y.G., D.L. Quiroz García, J.S. Acosta Castellanos, y R. Fernández Nava. 2019. "Análisis palinológico de mieles de *Apis mellifera* L. (Apidae), Estado de Morelos, México." *Polibotánica*, núm. 48: 87–98. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.7>.
- Velázquez Rentería, Cindel Ayadeth. 2011. "Flora y apicultura en la península de Yucatán". *Revista Ciencia y Desarrollo*, 2011. <http://www.cyd.conacyt.gob.mx/archivo/253/articulos/flores-flora-y-apicultura-en-la-peninsula-de-yucatan.html>.
- Villaseñor, José Luis. 2016. "Catálogo de las plantas vasculares nativas de México". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.
- Villaseñor, José Luis, y Enrique Ortiz. 2016. "Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 559–902. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>.
- Weaver, Nevin, y Elizabeth C. Weaver. 1981. "Beekeeping with the Stingless Bee *Meupona Beecheii*, by the Yucatecan Maya". *Bee World* 62 (1): 7–19. <https://doi.org/10.1080/0005772x.1981.11097806>.
- White, Jonathan W. 1978. "Honey". *Advances in Food Research* 24 (C): 287–374. [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60160-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60160-3).
- Wodehouse, Roger. 1935. *Pollen grains their structure, identification and significance in science and medicine*,. 1st ed. New York and London: McGraw-Hill Book Company Inc.
- Wood, G.D., A.M. Gabriel, y J.C. Lawson. 1996. "Palynological techniques - processing and microscopy". En *Palynology: principles and applications*, editado por J. Jansonius y D.C. McGregor, 29–50. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.
- Yang, Yin, Marie José Battesti, Nassim Djabou, Alain Muselli, Julien Paolini, Pierre Tomi, y Jean Costa. 2012. "Melissopalynological origin determination

and volatile composition analysis of Corsican ‘chestnut grove’ honeys”. En Food Chemistry, 132:2144–54. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.075>.

Zaldívar Cruz, Juan Manuel, Claudia Ivette Córdova Córdova, Elia Ramírez Arriaga, y Enrique Martínez Hernández. 2013. “Botanical characterisation of honey (*Apis mellifera* L.) from four regions of the state of Tabasco, Mexico, by means of melisopalynological techniques”. Universidad y Ciencia. Trópico húmedo 29 (1): 163–78. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792013000200006&script=sci_arttext&tlng=pt.

Zavala Olalde, Julia Angélica (autor). 2013. “Estudio de mieles diferenciadas de México y Guatemala y su potencial para la conservación de la biodiversidad”. El Colegio de la Frontera Sur.

Zhou, Jinhui, Lihu Yao, Yi Li, Lanzhen Chen, Liming Wu, y Jing Zhao. 2014. “Floral classification of honey using liquid chromatography-diode array detection-tandem mass spectrometry and chemometric analysis”. Food Chemistry 145 (febrero): 941–49.

CAPÍTULO 1. ANÁLISIS PALINOLÓGICO DE MIELES DE *Apis mellifera* L. (APIDAE) DEL NORTE DE GUANAJUATO, MÉXICO

1.1. RESUMEN

El presente estudio, es un aporte al conocimiento del contenido polínico de mieles del norte de Guanajuato. Se analizaron ocho muestras de miel de la cosecha de primavera, de 2019. Por muestra, se identificaron y cuantificaron los tipos polínicos (tp), se determinó su origen floral, se calculó su diversidad y el tipo de vegetación del área de influencia de pecoreo. Se caracterizó el morfotipo de las dos especies de *Prosopis* spp. presentes en el estado y se identificó la especie presente en el contenido polínico de las mieles. Se incluyeron descripciones palinológicas. Se hicieron análisis de similitud y conglomerados entre las muestras y entre estudios melisopalinológicos de México. La riqueza total fue de 85 tp, distribuidos en 32 familias botánicas. La familia botánica mejor representada fue Fabaceae, seguida de Asteraceae. El tipo polínico de mayor abundancia en las mieles, corresponde a la especie de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. Se clasificaron cinco muestras como monoflorales de *Prosopis laevigata*, una como bifloral y dos como estrictamente multiflorales. El índice de Shannon (H') varió en un rango de 1.00-2.20, con una uniformidad (J') de 0.12 a 0.26. El índice de Simpson (1-D) varió en un rango de 0.41-0.83, con una uniformidad (S') de 0.7 a 0.16. Las muestras cinco y seis obtuvieron la mayor similaridad (J'=0.44). Las mieles de Durango fueron las más similares a las de este estudio. Conocer el tipo de vegetación en el área de influencia de pecoreo, fue crucial para entender la clasificación floral de las mieles.

Palabras clave: análisis de similitud, área de influencia, contenido polínico, índices de diversidad, monofloral, multifloral.

CHAPTER I. PALYNOLOGICAL ANALYSIS OF *Apis mellifera* L. (APIDAE) HONEYES FROM NORTHERN GUANAJUATO, MEXICO

1.2. ABSTRACT

The present study is a contribution to the knowledge of pollen content of honeys from northern Guanajuato. Eight honey samples from the spring harvest of 2019 were analyzed. For each sample, pollen types (tp) were identified and quantified, their floral origin was determined, their diversity and the type of vegetation in the area of grazing influence were calculated. The morphotype of the two *Prosopis* spp. species with presence in Guanajuato state was characterized and the present species in the pollen content of the honeys was identified. Palynological descriptions were included. Similarity and cluster analyses were performed among samples and among melisopalynological studies in Mexico. The total richness was 85 tp, distributed in 32 botanical families. The best represented botanical family was Fabaceae, followed by Asteraceae. The most abundant pollen type in the honeys corresponds to *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. species. Five samples were classified as monofloral *Prosopis laevigata*, one as bifloral and two as strictly multifloral. The Shannon index (H') ranged from 1.00-2.20, with a uniformity (J') of 0.12 to 0.26. Simpson's index ($1-D$) ranged from 0.41-0.83, with a uniformity (S') of 0.7 to 0.16. Samples five and six obtained the highest similarity ($J'=0.44$). Durango state honeys were the most similar to those in this study. The knowledge of vegetation types within the area of grazing influence was crucial to understand honeys' floral classification.

Key words: similarity analysis, area of influence, pollen content, diversity indexes, monofloral, multifloral.

1.3. INTRODUCCIÓN

La miel es una sustancia natural elaborada por las abejas (*Apis mellifera* L.) a partir de la combinación de elementos salivales propios y el néctar de flores, secreciones de otras partes vegetativas de las plantas y excreciones de insectos depositadas en las mismas (Codex Alimentarius 2019).

Uno de los componentes naturales de la miel, es el polen. Este puede ser depositado por las abejas de manera intencional, ya que lo colectan como fuente principal de proteínas (Herbert 1992), o de manera involuntaria, al caer directamente de las anteras a los nectarios cuando es succionado (Sawyer 1988). Así, el polen es un rastro en la miel de los recursos botánicos aprovechados por las abejas para su elaboración (Louveaux, Maurizio, y Vorwohl 1970), ya que posee características morfológicas específicas según la fuente vegetal de donde provenga. La melisopalinología, tiene como objetivo determinar el origen botánico de las mieles, a partir del análisis morfológico y de frecuencia del polen presente en dicha sustancia (Montenegro et al. 2003).

El análisis palinológico de las mieles es de gran importancia, ya que, al conocer el origen botánico, se pueden diferenciar tipos y calidades de la miel (Herrero et al. 2002); además amplía el conocimiento sobre la flora apícola local, estatal o regional, y sirve como fuente de conocimiento para los apicultores sobre los recursos nectaríferos que usan las abejas para la producción de la miel, que a su vez repercute en las prácticas de manejo de los apiarios y del entorno en donde se encuentran ubicados.

En nuestro país, las mieles son diversas en color, olor, textura y sabor debido a la complejidad de los recursos florísticos (Martínez Hernández y Ramírez Arriaga 1998). Estas diferencias entre mieles, pueden ser usadas de manera ventajosa para ser mejor aceptadas en el mercado, al resaltar las características que las distinguen entre ellas (Castañón Chavarría 2009).

La diferenciación de las mieles por su origen botánico permite su clasificación como mieles monoflorales o multiflorales, aunque muchas veces esta información no se indica en la etiqueta de la miel envasada (Grosso, Tangarife, y Méndez 2017). Para garantizar el origen botánico de las mieles mexicanas al consumidor, en abril de 2020 se aprobó la Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones, en la cual se establecen los métodos de análisis y clasificación de las mieles con base en su contenido polínico (NOM-004-SAG/GAN-2018). Producción de miel y especificaciones, 2020).

En las mieles monoflorales, la mayor parte del néctar proviene de una sola especie vegetal; mientras que, en las multiflorales, el néctar libado proviene de varias especies vegetales. Las mieles monoflorales tienen preferencia por los consumidores y mayor valor en el mercado (Ruoff et al. 2007).

En México se reconocen catorce mieles identificadas como monoflorales. De acuerdo con la regionalización apícola de Labougle Rentería y Zozaya Rubio (1986), para la región apícola de la península de Yucatán se reconocen nueve: miel de Chakàah (*Bursera simaruba* (L.) Sarg.), de Tahonal (*Viguiera dentata* (Cav.) Spreng.), Kánchuunúp (*Thouinia paucidentata* Radlk.), Dzidzilché (*Gymnopodium floribundum* Rolfe.), Pucté (*Bucida buceras* L.), Haábin (*Piscidia piscipula* (L.)Sarg.), Tsalam (*Lysiloma latisiliquum* (L.) Benth.), Box káatsim (*Acacia gaumeri* S.F.Blake) y Sak káatsim (*Mimosa bahamensis* Benth.); en la región norte: se registra una miel monofloral de mezquite (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.); en la región del pacífico: miel de encino (*Quercus* sp. L.); en la región del Golfo: miel de Flor de azahar de naranjo (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck); y en la región del altiplano: dos mieles monoflorales, una de Acahual (*Helianthus annuus* L.) y otra de aceitilla (*Tagetes lunulata* Ortega.) (Pacheco López et al. 2016).

La parte norte del estado de Guanajuato pertenece a la región del altiplano y, hasta ahora, son pocos los estudios palinológicos de sus mieles (Rivera Vázquez

y Mandujano Bueno 2016; Navarro Gómez 2019). Rivera-Vázquez y Mandujano-Bueno (2016) identificaron tres tipos de miel en el estado: 1) la que proviene del néctar libado de plantas herbáceas, 2) la que procede de plantas arbustivas y 3) la obtenida de la mezcla de las dos anteriores. Una de las plantas de porte arbustivo y arbóreo identificadas en mayor proporción en las mieles analizadas en dicho estudio fue *Prosopis laevigata*. Navarro Gómez (2019) por su parte, encontró mieles monoflorales de mezquite (*Prosopis glandulosa* subsp. *torreyana* (L.D.Benson) A.E.Murray) y de *Larrea tridentata* (DC.) Coville en el norte de Guanajuato. Con lo anterior, es necesario incrementar los esfuerzos para el conocimiento y determinación del origen floral de las mieles producidas en Guanajuato.

El estado de Guanajuato cuenta con 30,471 colmenas, que producen 565.4 toneladas de miel al año, con un valor de \$27,170,571 pesos. El municipio que más produce es León (126.7 ton), seguido de Apaseo El Alto (71.695 ton), Comonfort (64.075 ton), San Miguel de Allende (46.868 ton) y Celaya (44.411 ton). Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia Nacional, produce 20.116 ton y San Diego de la Unión 3.7 ton (SIAP, 2019).

El presente estudio analizó muestras de mieles de la zona norte del estado de Guanajuato, producidas por apicultores y apicultoras de la Asociación Ganadera Local especialistas en Abejas de la Zona Semidesértica del Norte del Estado de Guanajuato (AGLAZS). Cada miembro de la asociación comercializa su producción por separado, en presentaciones de un litro o por cubeta de 26 kilogramos en el mercado local y, la mayoría, sin etiquetar. La miel que se produce en la época de primavera, se comercializa como miel monofloral de mezquite (*Prosopis* spp.), sin embargo, los miembros de la AGLAZS no cuentan con un análisis palinológico que respalde el origen botánico de sus mieles.

Los objetivos de este trabajo fueron: a) analizar la composición botánica y el contenido polínico de muestras de miel del norte del estado de Guanajuato; b) definir su origen botánico siguiendo los lineamientos de la NOM-004-SAG/GAN-

2018; c) cuantificar la riqueza y diversidad de especies utilizadas por las abejas en la elaboración de las mieles, d) analizar comparativamente la similitud de los conjuntos polínicos entre las muestras y comparar dichos conjuntos con los registros de mieles de otros orígenes geográficos de México y e) interpretar los resultados de la clasificación de las muestras de mieles, de acuerdo al tipo de vegetación presente en porcentaje en los alrededores de los apiarios.

1.4. MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1. Localización geográfica de los apiarios.

Los apiarios de la AGLAZS se localizan en la parte norte del estado de Guanajuato, en los municipios de Dolores Hidalgo, Cuna de la Independencia (21°09'33" N y 100°55'02" O; 1932 msnm) y San Diego de la Unión (21°27'58" N y 100°52'23" O; 2064 msnm) (INEGI 2020). Con el programa QGIS 3.10.12, se elaboró un mapa de localización geográfica de los apiarios (Figura 1); el programa se alimentó con las coordenadas geográficas de cada uno de los apiarios obtenidas en campo con un GPS Garmin 64s y con archivos digitales del uso del suelo y vegetación 1:250000, serie V (INEGI 2013).

En la región norte de Guanajuato predomina el clima seco o árido (BS) con régimen de lluvias en verano (García Amaro 2004). La temperatura media anual es de 18.3°C y tiene una precipitación anual promedio de 701.7 mm (INEGI 2015). El tipo del suelo característico es el phaeozem (INEGI 2017). Los tipos de vegetación presentes en el estado son matorral xerófilo y pastizales. El matorral xerófilo tiene una composición florística diversa, con predominancia de especies arbustivas; las familias mejor representadas son la Asteraceae, Asparagaceae, Cactaceae, Chenopodiaceae, Fabaceae y Poaceae. Chenopodiaceae solo se encuentra en suelos salinos. Los pastizales se caracterizan por la predominancia de Poaceae (J Rzedowski 2006).

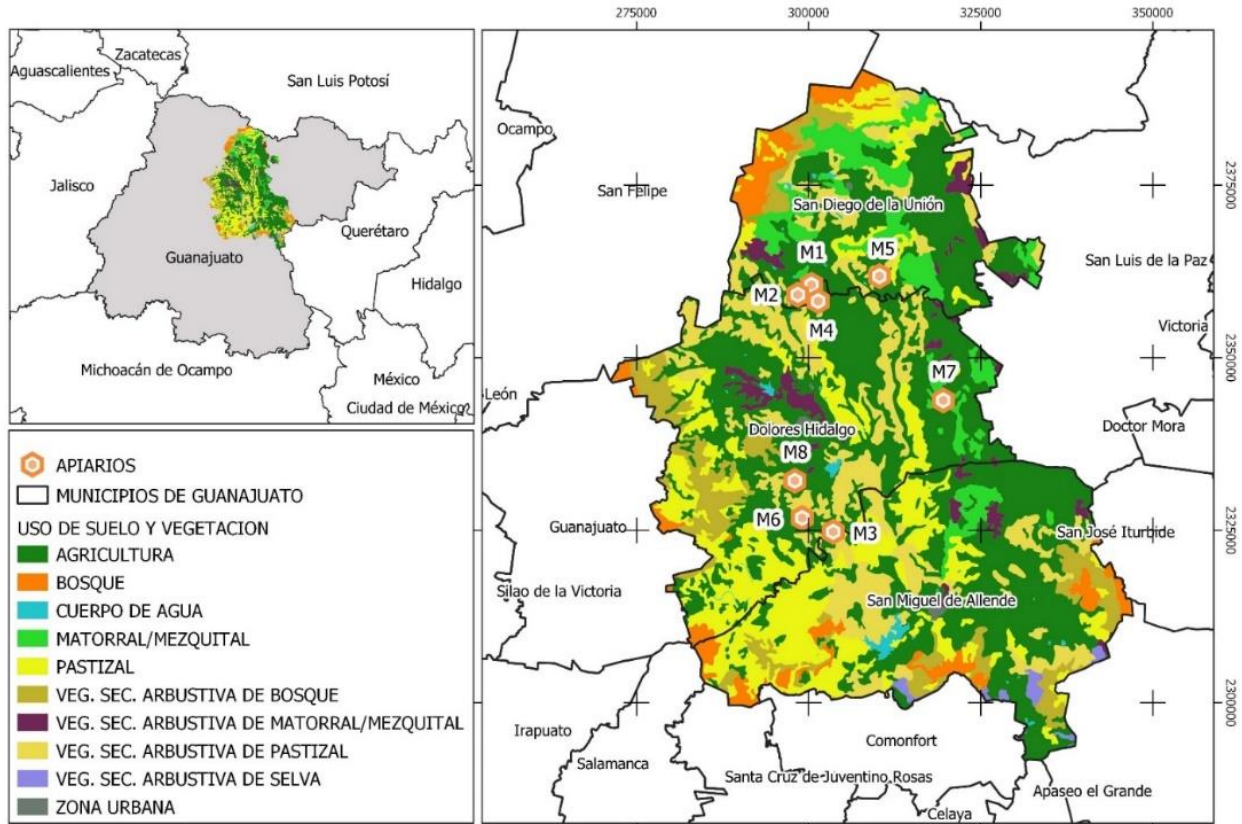


Figura 1. Localización geográfica de los apiarios. M1 a M8 indican la ubicación de los apiarios de donde se obtuvieron muestras de miel. Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250000, serie V (INEGI 2013)

1.4.2. Muestras de miel.

Se seleccionaron ocho apiarios de la AGLAZS, de donde se colectó un litro de miel por apiario de la cosecha de primavera de 2019. Las ocho muestras (M1 a M8), se recolectaron después de que los apicultores cosecharon, homogeneizaron y centrifugaron en la sala de extracción. Las muestras se trasladaron a temperatura ambiente al Laboratorio de Palinología del Posgrado en Botánica del Colegio de Postgraduados (LP-PB), Campus Montecillo y luego se procesaron.

1.4.3. Procesamiento de las muestras de miel para la extracción de polen.

Todas las muestras se procesaron con la técnica de acetólisis de acuerdo al protocolo de Erdtman (1960) y a la norma oficial mexicana sobre Producción de

miel y especificaciones (NOM-004-SAG/GAN-2018.Producción de miel y especificaciones, 2020). Por cada muestra se obtuvieron de tres a cuatro laminillas semipermanentes con gelatina glicerinada sin teñir, las cuales se registraron e incorporaron en la colección palinológica del LP-PB. El polen se observó, describió y contó en campo claro a un aumento de 100x en un microscopio marca Zeiss, modelo Axioscope 2. Se tomaron fotografías de los tipos polínicos con una cámara digital AmScope 3.7.

1.4.4. Muestras de polen de ejemplares de herbario de *Prosopis* spp. para colección de referencia.

De acuerdo con Villaseñor (2016), las dos especies de *Prosopis* que se distribuyen en Guanajuato son: *P. juliflora* y *P. laevigata*. La determinación del polen de ambas especies procedió de ejemplares herborizados en el Herbario-Hortorio CHAPA del Colegio de Postgraduados. Se seleccionaron tres a cinco ejemplares de ambas especies recolectadas en el estado de Guanajuato. De éstos, se removieron sus inflorescencias y se reservaron en sobres de papel Bond, hasta su tratamiento en el laboratorio.

1.4.5. Tratamiento de las muestras de ejemplares de herbario.

Las flores de *P. juliflora* y *P. laevigata*. se colocaron en agua destilada y se disectaron para retirar las estructuras de mayor tamaño. El remanente se procesó para extraer el polen y se acetolizó de acuerdo al protocolo de Erdtman (1960). El polen se montó en laminillas semipermanentes con gelatina glicerinada sin teñir, las cuales se depositaron en la colección palinológica del LP-PB. Se tomaron 30 granos de polen en vista polar y 30 en vista ecuatorial por especie. Las observaciones y mediciones de los caracteres morfológicos fueron: asociación, polaridad, simetría, forma, cantidad y tipo de abertura, características de la exina, ornamentación, relación sexina:nexina, eje polar, eje ecuatorial, grosor de la exina, abertura y ornamentación. Las observaciones se hicieron en campo claro a un aumento de 100x en un microscopio marca Zeiss,

modelo Axioscope 2. Se tomaron fotografías de las vistas representativas de cada especie con una cámara digital AmScope 3.7. Con la información obtenida, se elaboraron las descripciones morfológicas del polen de las dos especies.

1.4.6. Análisis melisopalinológico.

1.4.6.1. Método cualitativo.

La determinación a nivel taxonómico de los tipos polínicos registrados en la miel, se hizo por comparación de la morfología del polen con la colección de referencia que se elaboró a partir del polen de ejemplares de herbario y con la literatura palinológica especializada (Alaniz Gutiérrez et al. 2017; Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007; Palacios Chávez, Ludlow Wiechers, y Villanueva 1991; Halbritter et al. 2018; Erdtman 1952). Los tipos polínicos que no se clasificaron en algún taxa, se determinaron por categoría morfológica definida por su abertura y ornamentación(morfotipo).

1.4.6.2. Método cuantitativo.

Se cuantificaron 1200 granos de polen por muestra, con base en ellos, se obtuvieron frecuencias absolutas de cada tipo polínico y se estimó su abundancia a través de su frecuencia relativa (Louveaux, Maurizio y Vorwohl, 1978;NOM-004-SAG/GAN-2018. Producción de miel y especificaciones, 2020) . Los tipos polínicos se clasificaron como predominante (P), cuando la presencia de polen fue >45%; secundario (S), cuando estuvo presente entre 16 a 45%; de importancia menor (I), de entre 3 a 15%; polen menor (M), presencia ≤ 3 %; y polen presente (*), presencia ≤ 1 % (Louveaux et al., 1978).De acuerdo a las frecuencias relativas, las mieles se clasificaron como monoflorales (taxón dominante ≥ 45 %) o en alguna subcategoría como multifloral: oligoflorales (dos o más taxones de una familia con 16-45 %); biflorales (dos taxones relevantes de diferentes familias presentes en 16-45 %); y estrictamente multiflorales (tres o más taxones de diferentes familias con porcentajes ≥ 10 %) (Ramírez-Arriaga et

al., 2011, NOM-004-SAG/GAN-2018-Producción de miel y especificaciones 2020).

1.4.7. Análisis de riqueza y diversidad de tipos polínicos de las mieles.

La riqueza de especies se definió por el número de tipos polínicos registrados por muestra. El número de tipos polínicos registrados en las ocho muestras, se consideró como la riqueza total. Se calculó la diversidad de especies α de Shannon-Weaver (H') (Shannon y Weaver 1949) y su uniformidad (J') (Pielou 1977; Magurran 1988) y el índice de dominancia de Simpson ($1-D$) (Simpson 1949) y su uniformidad asociada (S'). Los cálculos se ejecutaron con el software Species Diversity and Richness IV (Seaby y Henderson 2007).

1.4.8. Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato.

Se utilizó el Índice de Jaccard (I_j) para analizar el grado de similitud entre las muestras de miel, con base en los conjuntos de polen registrados por muestra. Se determinaron los tipos polínicos que compartieron entre muestras; información que define el grado de similitud. Los resultados se presentan con un análisis de conglomerados con el algoritmo de enlace simple y distancia de similitud de Jaccard, con el uso del software Community Analysis Package 4.0 (Seaby y Henderson 2007).

1.4.9. Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato y otras mieles de México.

Se elaboró una base de datos de presencia (1) y ausencia (0) con la especie identificada en las mieles del presente estudio y con algunos registros publicados de polen determinado a nivel específico en mieles de Mexicali, Baja California (Alaniz Gutiérrez et al. 2017), Tláhuac y Xochimilco, Ciudad de México (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007), Victoria, Durango (González Castillo et al.

2017), Tixtla de Guerrero y Teloloapan, Guerrero1 (Ramírez Arriaga et al. 2016), Arcelia, General Canuto A. Neri, Pedro Asencio Alquisiras y Teloloapan, Guerrero2 (González Sandoval et al. 2016), Pueblo Hidalgo, Guerrero3 (Espindola Vergel y Alaniz Gutiérrez 2016), Cuernavaca, Tepoztlán y Tlayacapan, Morelos1 (Quiroz García y Arreguín Sánchez 2008), Cuautla, Tlalnepantla y Totolapan, Morelos2 (Vázquez Fuentes et al. 2019), Cadereyta de Jiménez y Santiago, Nuevo León (Rocha Estrada et al. 2017), Juquila, Pochutla, y Juchitán, Oaxaca (Ramírez Arriaga, Navarro Calvo, y Díaz Carbajal 2011), Puebla (Ramírez Arriaga y Martínez Hernández 2007), Península de Yucatán (Alfaro Bates et al. 2010), cuatro subregiones de Tabasco1(Castellanos Potenciano, Ramírez Arriaga, y Zaldivar Cruz 2012), Cárdenas, Huimanguillo y Paraíso, Tabasco2 (Zaldivar Cruz et al. 2013) y Altotonga y Plan del Río, Veracruz (Granados Argüello et al. 2020). Con la base de datos generada, se ejecutó un análisis de similitud/disimilitud con el Índice de Jaccard (I_j); además, se determinaron las especies compartidas entre estudios melisopalinológicos. Con los resultados, se realizó un análisis de conglomerados con el método de enlace simple y la distancia de similitud de Jaccard. Los análisis se hicieron con el software Community Analysis Package 4.0 (Seaby y Henderson 2007).

1.4.10. Área de influencia de pecoreo (AIP).

Se utilizó la herramienta de análisis espacial buffer- área de influencia, para delimitar y calcular el uso de suelo y vegetación en el área de pecoreo que realizan las abejas, con referencia a la ubicación de los apiarios. Se consideró un radio de 2 km, rango mínimo (2 -4 km) en que generalmente las abejas realizan las labores de pecoreo (Seeley 1985). Esta información permitió comparar entre los porcentajes obtenidos de *Prosopis laevigata* en la miel y la disponibilidad de este recurso nectarífero. Se utilizó el software libre QGIS 3.10.12 y la carta de Uso del suelo y vegetación 1:250000, Serie V (INEGI 2013).

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Análisis melisopalinológico.

Se analizaron ocho muestras de miel: siete del municipio de Dolores Hidalgo (M1, M2, M3, M4, M6, M7 y M8) y una de San Diego de la Unión (M5) (Figura 1). En las ocho muestras se registró una riqueza total de 85 tipos polínicos. Se determinó un tipo polínico correspondiente a la división Pteridophyta; 33 se determinaron a nivel familia, dos a subfamilia, 20 a género, un tipo polínico a nivel de especie, ocho con afinidad (aff.) hacia alguna familia, género o especie; 13 se determinaron como morfotipos (de acuerdo a la abertura y ornamentación) y siete no se determinaron (Cuadro 1). Los tipos polínicos (tp) se distribuyeron en 32 familias botánicas. Las familias con mayor cantidad de tipos polínicos fueron: Fabaceae (13 tp), Asteraceae (6 tp), Anacardiaceae (4 tp), Euphorbiaceae (4 tp) y Solanaceae (3 tp) (Cuadro 1, Figura 2).

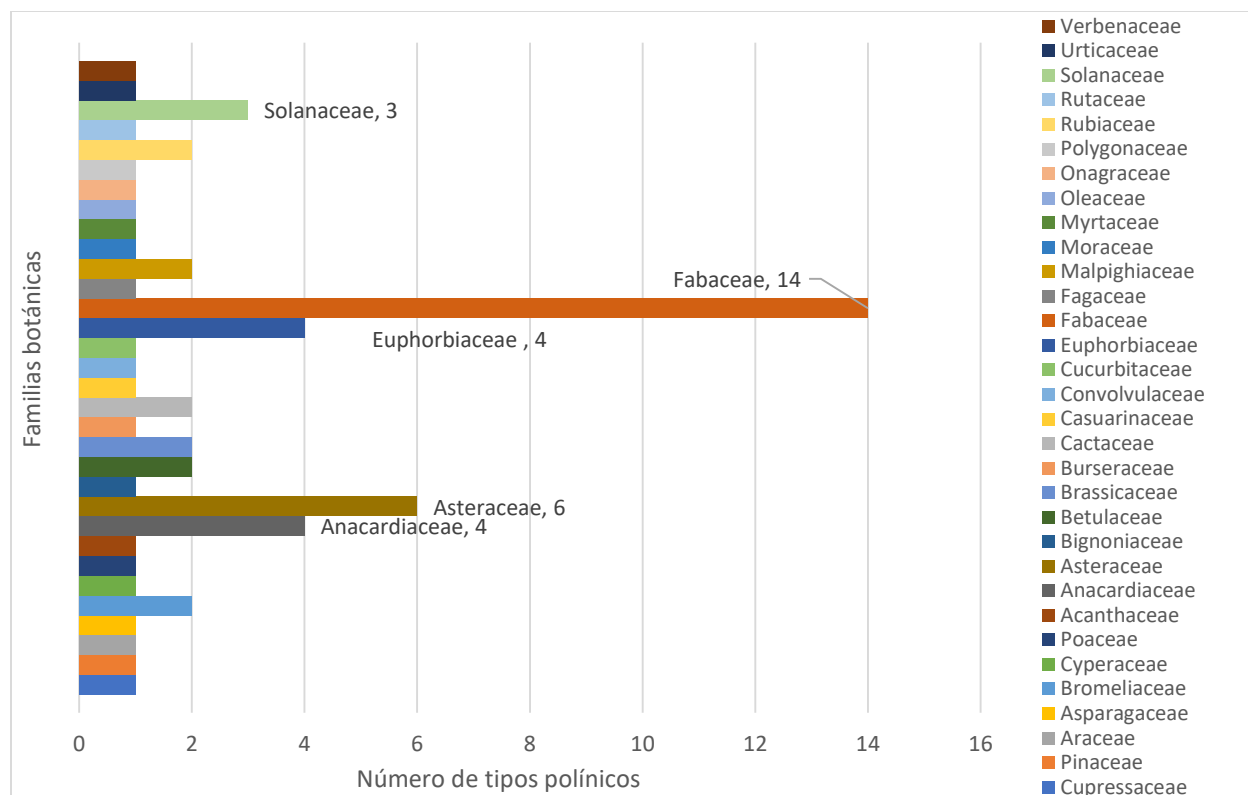


Figura 2. Distribución de las frecuencias absolutas de los tipos polínicos en las diferentes familias botánicas, registradas en ocho muestras de miel de dos municipios del norte del estado de Guanajuato, México.

El único tipo polínico que se registró en todas las muestras con abundancia significativa y clasificado como predominante (presencia >45%) o secundario (presencia=16-45%) fue el de *Prosopis laevigata* (Fabaceae) (M1=75%, M2= 73%, M3=43%, M4=44%, M5=33%, M6=66%, M7=55% y M8=47% (Cuadro 1, Figura 3).

Otros tipos polínicos que se clasificaron como polen secundario (S) fueron *Opuntia* (M5 =19%), Euphorbiaceae Tipo 1 (M3=21%) y aff. *Larrea* (M3=27%; M6 =27%; M7=27%) (Cuadro 1).

El polen de importancia menor (I) (presencia=3-15%) fue de *Yucca* (Asparagaceae) (M4 = 8%, (M5=6% y M6 =5%); Anacardiaceae Tipo 2 (M5=9%); Asteraceae Tipo 3 (M4=12%); Brassicaceae Tipo 2 (M4=4%); Euphorbiaceae Tipo 1 (M2=8%, M4=7%, M5=8%, M6=6%, M7=15% y M8=4%) (Cuadro 1, Figura 3). El resto de

los tipos polínicos se clasificaron como polen menor ($M \leq 3\%$) y polen presente ($* \leq 1\%$) (Cuadro 1).

Los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras fueron ocho: *Prosopis laevigata* (55%), aff. *Larrea* (18%), Euphorbiaceae Tipo 1 (8%), *Opuntia* spp. (3%), *Yucca* spp. (3%), Anacardiaceae Tipo 2 (2%) y Asteraceae Tipo 3 (2%). Asimismo, los que estuvieron presentes en todas las muestras fueron: *Acacia* spp. (Fabaceae), aff. *Larrea* (Zygophyllaceae), *Opuntia* spp. (Cactaceae), *Prosopis laevigata* (Fabaceae) y *Yucca* spp. (Asparagaceae).

Con base en las frecuencias relativas del polen, se determinó que el origen floral de cinco muestras (M1, M2, M6, M7 y M8) fue monofloral con predominancia de polen de *Prosopis laevigata*; una muestra (M5), con origen bifloral de *Prosopis laevigata* y *Opuntia* spp. y dos muestras (M4 y M3), estrictamente multiflorales; M3 con contenido de polen de Euphorbiaceae Tipo 1, aff. *Larrea* y *P. laevigata* y M4 con Asteraceae Tipo 3, aff. *Larrea* y *P. laevigata*.

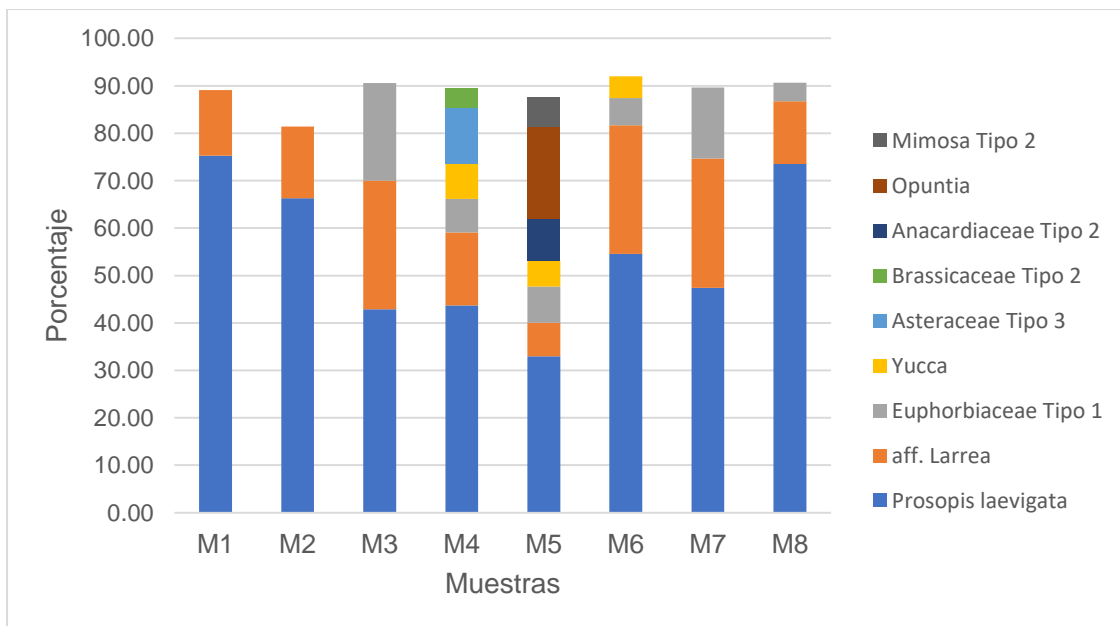


Figura 3. Distribución de las frecuencias relativas de los principales tipos polínicos registrados en ocho muestras de miel, de dos municipios del norte del estado de Guanajuato, México.

Cuadro 1. Tipos polínicos registrados en ocho muestras de miel. Clases de frecuencia: Polen predominante (P ≥45%), Polen secundario (S=16-45%), Polen de importancia menor (I=3-15%), Polen menor (M≤ 3%) y Polen Presente (*≤1%).

TIPOS POLÍNICOS	MUESTRAS - PRIMAVERA 2019							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
PTERIDOPHYTA								
Espora trilete		*						
GIMNOSPERMAS								
CUPRESSACEAE								
Tipo 1						*	*	
PINACEAE								
Tipo 1					*			
MONOCOTILEDÓNEAS								
ARACEAE								
aff.Araceae		*						
ASPARAGACEAE								
<i>Yucca</i>	M	M	*	I	I	I	*	M
BROMELIACEAE								
Tipo 1				*	*			
<i>Tillandsia</i> spp.				*				
CYPERACEAE								
Tipo 1							*	
POACEAE								
Tipo 1		*					*	
Monosulcado-microreticulado-ligeramente estriado Tipo 1							*	
EUDICOTILEDÓNEAS								
ACANTHACEAE								
<i>Ruellia</i>					*	*		*
ANACARDIACEAE								
Tipo 1	M	M	*	*	M			
Tipo 2		*	*	*	I	M	M	M
Tipo 3		*	*	M	*	*	*	*
Tipo 4		*						
ASTERACEAE								
<i>Ambrosia</i> spp.	*					*		
<i>Helianthus</i> spp.			*	*	*			*
<i>Taraxacum</i> spp.					*			
Tipo 1	M	*	*	*	*			*
Tipo 2		*						
Tipo 3				I		*	*	
BETULACEAE								
<i>Alnus</i> spp.					*	*		
Tipo 1						*		
BIGNONIACEAE								
Tipo 1		*	M	*			*	
BRASSICACEAE								
Tipo 1	M	*			*			
Tipo 2				I	M	M		*
BURSERACEAE								
Tipo 1		*			*			

TIPOS POLÍNICOS	MUESTRAS - PRIMAVERA 2019							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
CACTACEAE								
<i>Opuntia</i>	M	*	M	*	S	*	M	M
Tipo 1						*		
CASUARINACEAE								
<i>Casuarina</i> spp.						*		
CONVOLVULACEAE								
Tipo 1					*			
CUCURBITACEAE								
Tipo 1				*				
EUPHORBIACEAE								
Tipo 1		I	S	I	I	I	I	I
Tipo 2							*	
Tipo 3								*
<i>Ricinus</i> spp.					*			
FABACEAE								
<i>Acacia</i> spp.	*	*	*	*	*	*	M	*
<i>Caesalpinia</i> spp.		*					*	*
Caesalpinioideae			*	*	M	*		
aff. <i>Cassia</i>					*		*	
aff. <i>Inga</i>					*			
<i>Mimosa</i> Tipo 1	*	*	*	*	*		*	*
<i>Mimosa</i> Tipo 2					I	*		
Mimosoideae					*	*		
aff. <i>Lonchocarpus</i>							*	*
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst.	P	P	S	S	S	P	P	P
aff. <i>Prosopis juliflora</i>			*					
<i>Senna</i> Tipo 1				*				
<i>Senna</i> tipo 2				*				
FAGACEAE								
<i>Quercus</i> spp.	*	*			*			*
MALPIGHIACEAE								
Tipo 1			*			*		
Tipo 2								*
MORACEAE								
Tipo 1					*	*		
MYRTACEAE								
Tipo 1	M	M		M	M	*	M	*
OLEACEAE								
<i>Fraxinus</i> spp.			*		*			
ONAGRACEAE								
<i>Oenothera</i>					*			
POLYGONACEAE								
aff. Polygonaceae			*					*
RUBIACEAE								
Tipo 1			*	*	*	*	*	*
Tipo 2			*					
RUTACEAE								
aff. Rutaceae							*	
SOLANACEAE								
<i>Datura</i> spp.		*		*		*		

TIPOS POLÍNICOS	MUESTRAS - PRIMAVERA 2019							
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
<i>Physalis</i> spp.				*	*	*		
Tipo 1				*				
URTICACEAE								
Tipo 1	*							
VERBENACEAE								
Tipo 1				*				
ZYGOPHYLLACEAE								
aff. <i>Larrea</i>	I	I	S	I	I	S	S	I
MORFOTIPOS								
Diporado-psilado Tipo 1	*							
Periulcerado-escabrado-Tipo 1							*	
Tribrecolporado-escabrado-microperforado Tipo 1								*
Tricolpado-escabrado Tipo 1		*						
Tricolpado-foveolado Tipo 1							*	
Tricolpado-foveolado-Tipo 2			*					
Tricolpado-psilado Tipo 1	*							
Tricolporado-psilado-Tipo 1	*							
Tricolporado-psilado-con patrón microreticulado Tipo 1							*	
Tricolporado-reticulado-homobrocado Tipo 1			*					
Triporado-estriado- Tipo 1	*							
Triporado-microverrugado Tipo 1			*					
INDETERMINADOS								
Tipo 1	*							
Tipo 2		M						
Tipo 3				*	*		*	
Tipo 4				*				
Tipo 5				*				
Tipo 6				*				
Tipo 7					*	*		
ORIGEN BOTÁNICO	MO	MO	MU	MU	BI	MO	MO	MO
MO=MONOFLORAL								
MU=MULTIFLORAL BI=BIFLORAL								
RIQUEZA Y DIVERSIDAD DE POLEN								
Riqueza	20	23	23	31	35	27	26	24
α Shannon-Wiener [$H' = 1.71$]	1.00	1.25	1,51	1.92	2.2	1.39	1.48	1.08
Uniformidad [$J' = 0.38$]	0.14	0.15	0.20	0.22	0.26	0.15	0.17	0.12
Simpson [$1-D = 2.92$]	0.41	0.53	0.70	0.76	0.83	0.62	0.68	0.44
Uniformidad [$S'=0.03$]	0.08	0.09	0.14	0.13	0.16	0.09	0.11	0.07

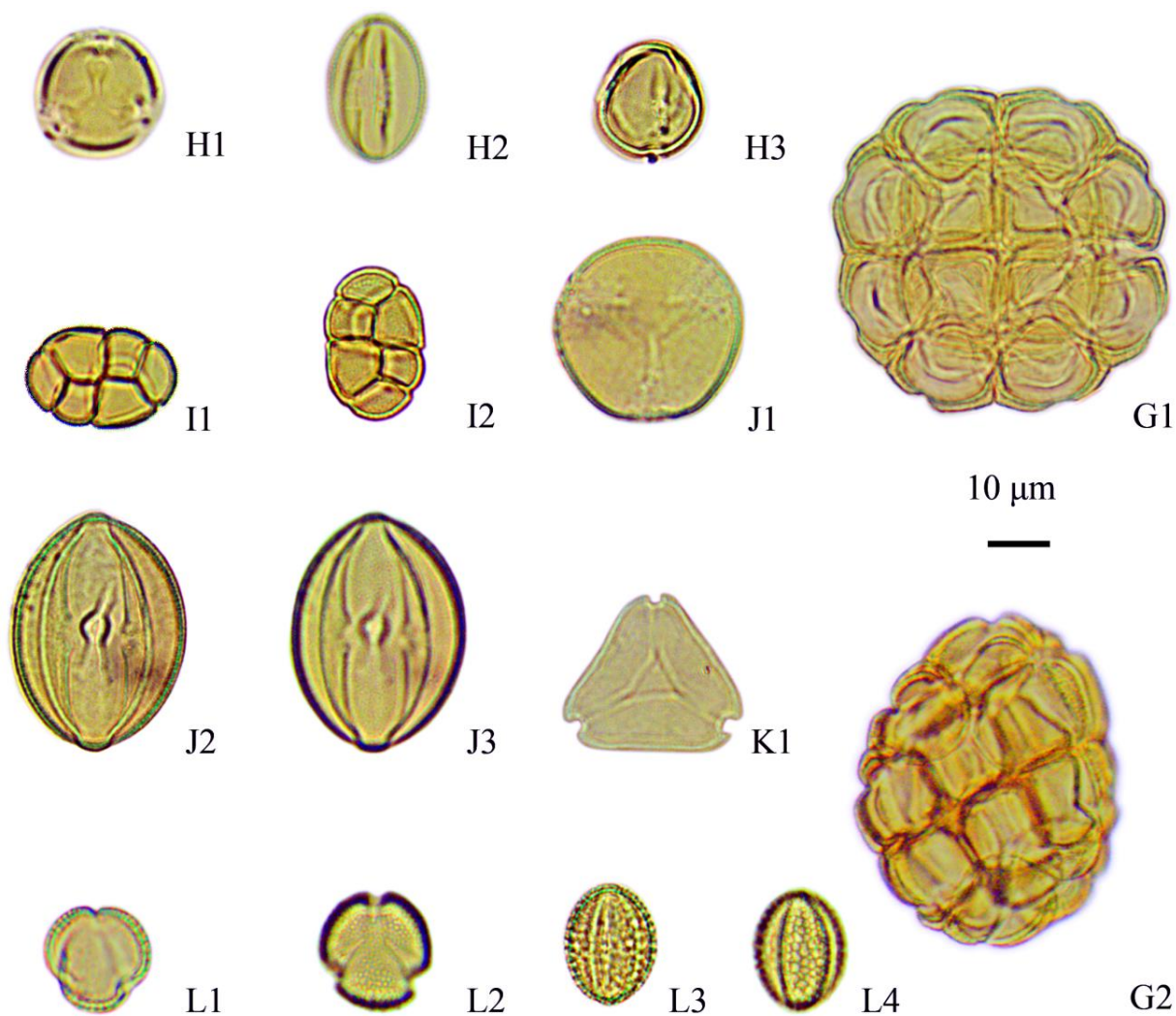


Figura 4. Micrografías de los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras de miel. Fabaceae: G1 y G2 = *Acacia* spp.; H1, H2 y H3 = Fabaceae Tipo 1; I1 e I2 = *Mimosa* Tipo 2; J1, J2 y J3 = *Prosopis laevigata*. Myrtaceae: K1 = Myrtaceae Tipo 1. Rubiaceae: L1-L4 = Rubiaceae Tipo 1.

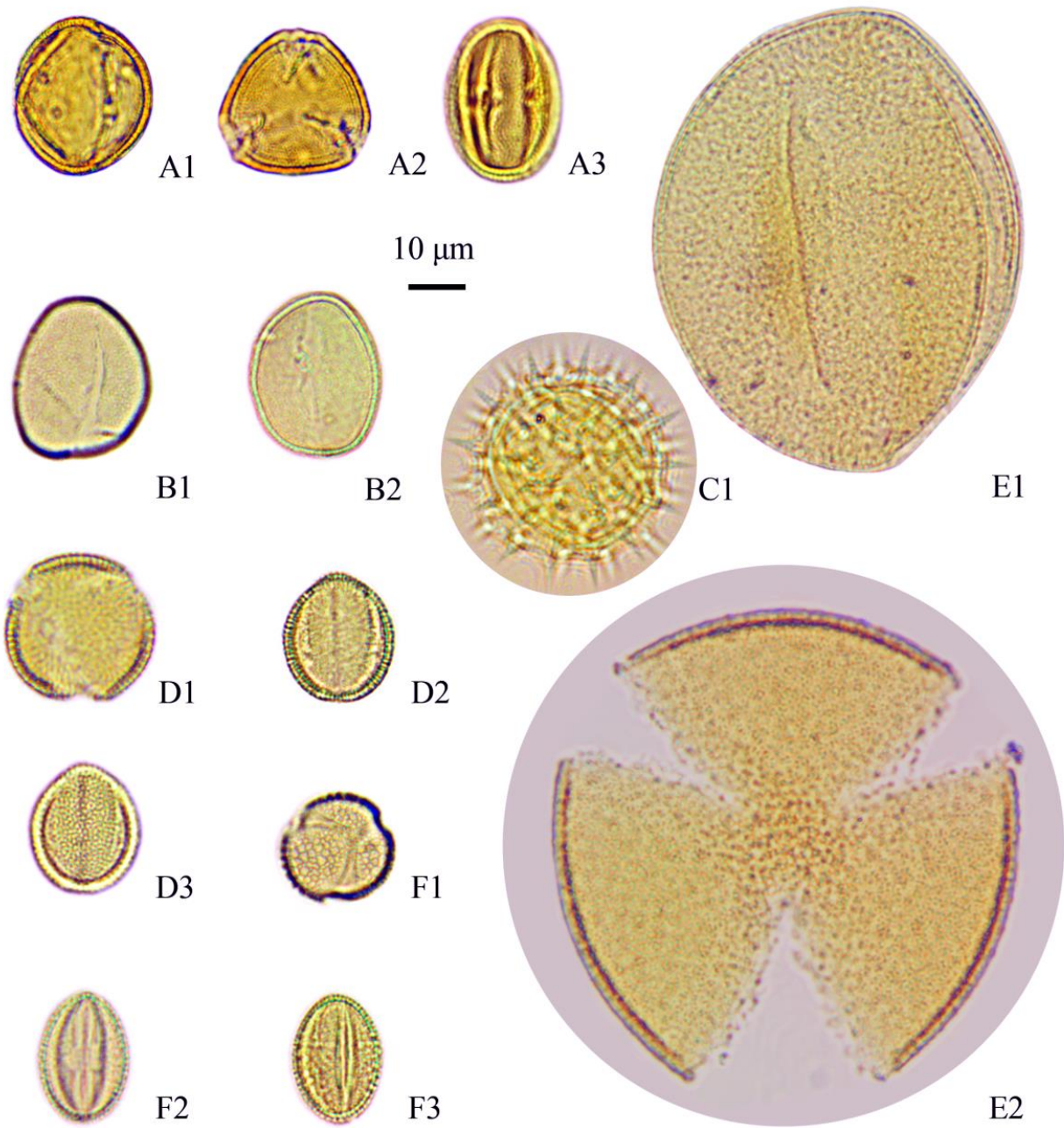


Figura 5. Micrografías de los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras de miel analizadas. Anacardiaceae A1, A2 y A3=Anacardiaceae Tipo 2. Asparagaceae: B1 y B2=Yucca spp. Asteraceae: C1=Asteraceae Tipo 3. Brassicaceae: D1, D2 y D3=Brassicaceae Tipo 2. Cactaceae: E1 y E2=Opuntia spp. Euphorbiaceae: F1, F2 y F3=Euphorbiaceae Tipo 1.

1.5.2. Descripción del polen de Mezquite (*Prosopis* spp.)

Las descripciones del polen de herbario de *P. juliflora* y *P. laevigata*, fueron la referencia para determinar a nivel específico, el tipo polínico predominante en las mieles de este trabajo.

***Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst 1962. (Figura 6, A1-A6).**

Colección Herbario-Hortorio CHAPA del Colegio de Postgraduados.

Descripción. Mónada, isopolar, radiosimétrico. Subprolado a prolado. Tricolporado; endoabertura con costa cerrada y bordes ligeramente definidos, el diámetro de la endoabertura es más o menos igual al ancho de la ectoabertura. Exina tectada, psilada a ligeramente escabrada, con estructura columelar. Relación sexina:nexina 4:1 a 5:1. Contorno polar no-angular circular.

Dimensiones: Eje Polar= 36.4 μm (31.5- 39.9 μm) \pm 2.31. Eje Ecuatorial= 25.6 μm (23.3- 29.1 μm) \pm 1.46. Grosor de la Exina=1.7 μm (1.5- 1.9 μm) \pm 0.10. Area Polar= 0.1 μm (0.1- 0.2 μm) \pm 0.02 (pequeña).

***Prosopis juliflora* (Sw.) DC. 1825. (Figura 6, B1-B6).**

Colección Herbario-Hortorio CHAPA del Colegio de Postgraduados.

Descripción. Mónada, isopolar, radiosimétrico. Subprolado a prolado. Tricolporado; endoabertura con costa cerrada y bordes ligeramente definidos, el diámetro de la endoabertura es más o menos igual al ancho de la ectoabertura. Exina tectada, escabrada, con estructura columelar. Relación sexina: nexina 4:1 a 5:1. Contorno polar no-angular circular.

Dimensiones. Eje Polar=37.1 μm (32.5-42.2 μm) \pm 2.90. Eje Ecuatorial= 26.7 μm (20.1-32.8 μm) \pm 2.67. Grosor de la Exina= 1.8 μm (1.6-2.0 μm) \pm 0.10. Area Polar= 0.1 μm (0.1-0.2 μm) \pm 0.02 (pequeña).



Figura 6. *Prosopis laevigata* = A1-A6. A1 y A2 Vista ecuatorial-aberturas; A3. Tricolporos; A4 y A5 Vista polar-ornamentación; A6. Vista oblicua frecuente de encontrar. *Prosopis juliflora* = B1-B6. B1 y B2. Vista ecuatorial-aberturas; B3. Tricolporos; B4 y B5. Vis Vista polar-ornamentación; B6. Vista oblicua frecuente de encontrar.

1.5.3. Análisis de riqueza y diversidad de tipos polínicos.

La riqueza total de tipos polínicos en las ocho muestras fue de 85. La riqueza por muestra varió de 20 tipos polínicos (M1) a 35 (M5) (Figura 7). El índice de diversidad de Shannon-Wiener (H') fue de 1.00 (M1) con una uniformidad (J') de 0.14 a 2.2 (M5) y uniformidad (J') de 0.26. El índice de Simpson ($1-D$) varió de 0.41 con una uniformidad (S') de 0.14 (M1) a 0.83 con una uniformidad (S') de 0.08 (M5) (Cuadro 1, Figura 7).

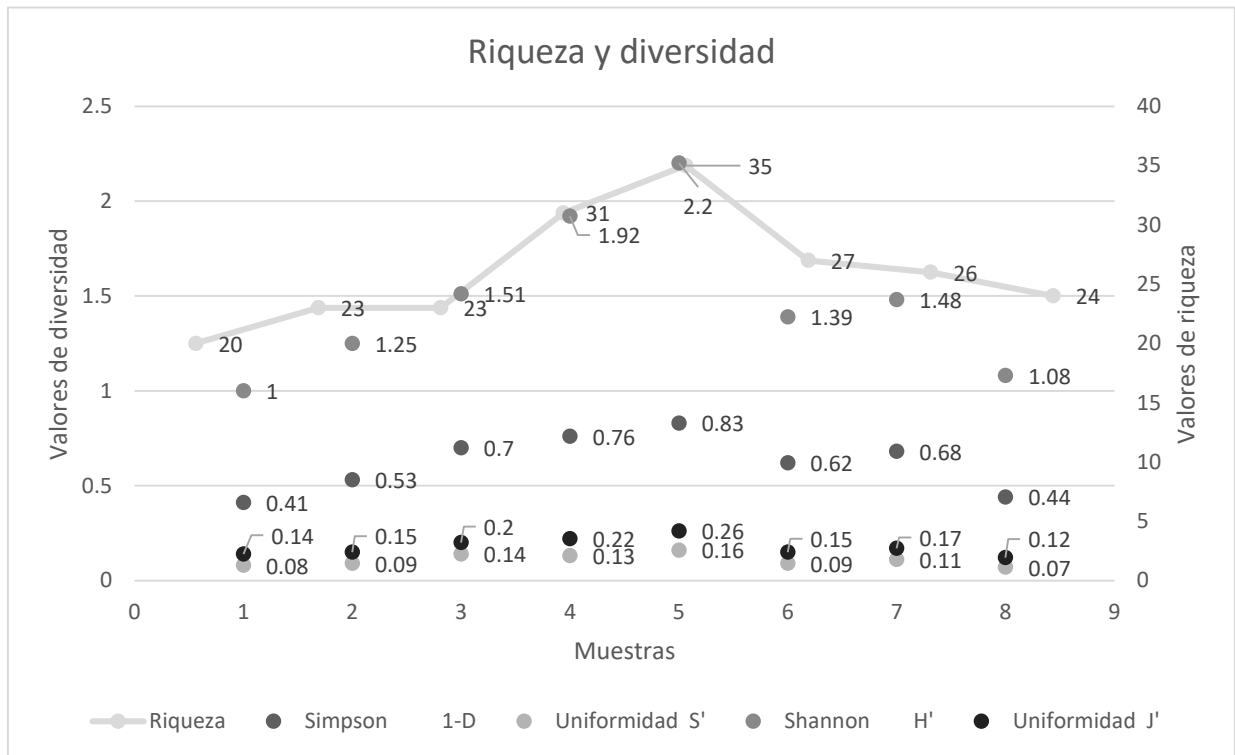


Figura 7. Valores de riqueza y Diversidad de especies alpha en las ocho muestras analizadas.

1.5.4. Similitud de los conjuntos palinológicos en las muestras de miel.

El análisis de similitud entre las muestras de miel, indicó que los conjuntos palinológicos similares significativamente fueron M5 y M6 ($I_j = 0.44$) y M3 y M8 ($I_j = 0.42$). M5 y M6 compartieron 19 tipos polínicos (*Acacia*, *Alnus*, *Anacardiaceae* Tipo 2, *Anacardiaceae* Tipo 3, *Brassicaceae* Tipo 2,

Caesalpinioideae, Euphorbiaceae Tipo 1, Indeterminado Tipo 7, aff. *Larrea*, *Mimosa* Tipo 2, Mimosoideae, Moraceae Tipo 1, Myrtaceae Tipo 1, *Opuntia*, *Physalis*, *Prosopis laevigata*, Rubiaceae Tipo 1, *Ruellia* y *Yucca*); mientras que M3 y M8 ($I_j = 0.42$) compartieron 14 tipos polínicos (*Acacia*, Anacardiaceae Tipo 2, Anacardiaceae Tipo 3, Asteraceae Tipo 1, Euphorbiaceae Tipo 1, *Helianthus*, aff. *Larrea*, *Mimosa* Tipo 1, *Opuntia*, aff. Polygonaceae, *Prosopis laevigata*, Rubiaceae Tipo 1, Tricolporado-reticulado-homobrocado y *Yucca* spp.). Las muestras más disímiles entre sí, fueron M1 y M6 ($I_j = 0.18$) con siete tipos polínicos compartidos (*Acacia*, *Ambrosia*, aff. *Larrea*, Myrtaceae Tipo 1, *Opuntia* spp., *Prosopis laevigata* y *Yucca* spp.). (Cuadro 2, Figura 8).

Cuadro 2. Inferior-izquierda: Índice de similitud (I_j) de las ocho muestras. Superior-derecha: tipos polínicos compartidos(tpc).

IJ/TPC	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1		11	8	9	11	7	8	9
M2	0.34		12	14	14	10	12	13
M3	0.23	0.35		15	15	11	11	14
M4	0.21	0.35	0.38		19	15	14	14
M5	0.25	0.32	0.35	0.40		19	13	16
M6	0.18	0.25	0.28	0.35	0.44		12	12
M7	0.21	0.32	0.29	0.33	0.27	0.29		14
M8	0.26	0.38	0.42	0.34	0.37	0.31	0.39	

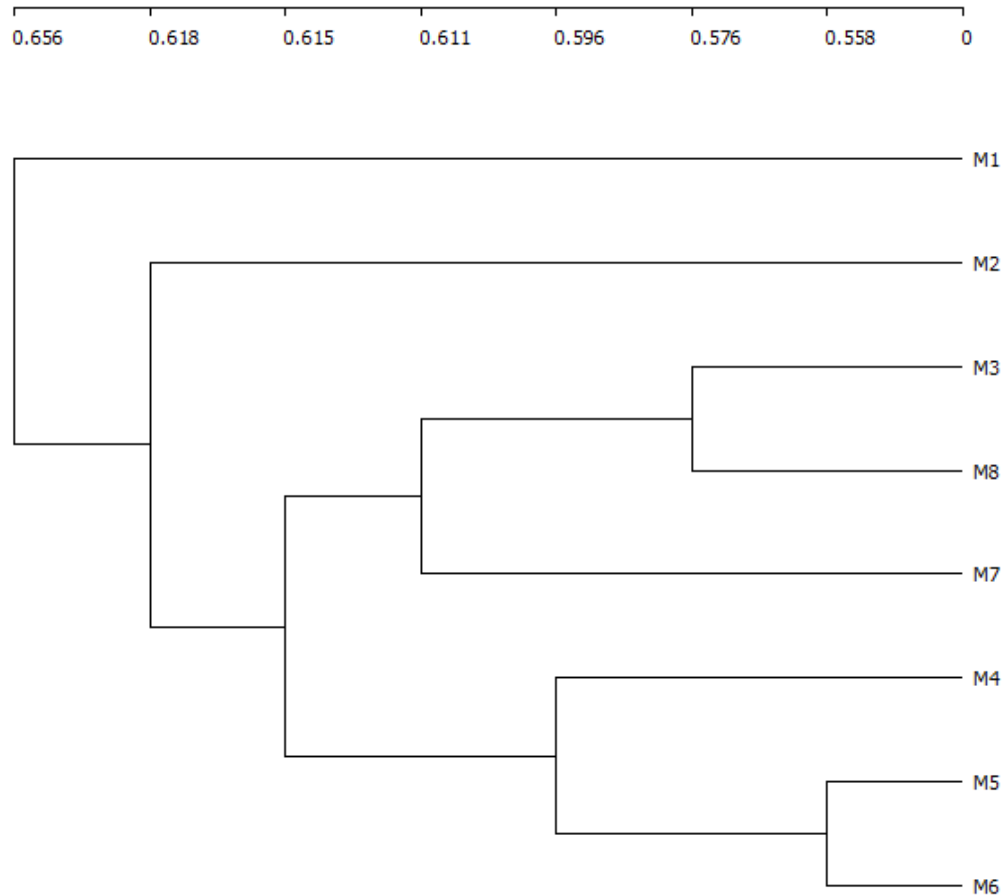


Figura 8. Dendrograma de similitud/disimilitud entre las muestras de miel analizadas con el índice de Jaccard y el método de enlace simple.

1.5.5. Similitud entre los conjuntos palinológicos de las mieles de Guanajuato y otras mieles de México.

En la revisión de los registros palinológicos publicados de mieles de diversas regiones de México, se identificaron 572 tipos polínicos: uno en división (0.17%), uno en clase (0.17%), 156 a nivel familia (27.27%), tres en subfamilia (0.52%), uno en tribu (0.17%), 147 a nivel de género (25.87%), 249 a nivel especie (43.53%) y 14 (2.44%) con afinidad hacia alguna especie, género o familia.

Los tipos polínicos se distribuyeron en 87 familias botánicas, de las cuales Asteraceae y Fabaceae fueron las más ricas, con 84 y 81 respectivamente. Otras familias importantes fueron: Malvaceae (29), Poaceae (22), Euphorbiaceae (19),

Anacardiaceae, Convolvulaceae y Myrtaceae (14), Polygonaceae y Rubiaceae (13), Sapindaceae (11) y Acanthaceae, Lamiaceae y Rutaceae (10).

Se contabilizaron 267 géneros diferentes, de los cuales destacaron *Acacia* spp. y *Mimosa* spp., con nueve tipos polínicos cada uno, seguido de *Ipomoea* spp. (6 tp), *Commelina* spp., *Cordia* spp. y *Salvia* spp. (4 tp) y *Caesalpinia* spp., *Cecropia* spp., *Ceiba* spp., *Citrus* spp., *Croton* spp., *Eugenia* spp., *Fraxinus* spp., *Heliocarpus* spp., *Lantana* spp., *Leucaena* spp., *Polygonum* spp., *Sida* spp., *Spondias* spp. y *Taraxacum* spp. (3 tp).

Los tipos polínicos que se determinaron a nivel de especie y que estuvieron presentes en más estudios melisopalinológicos consultados fueron: *Zea mays* L. (9) y *Trema micrantha* (L.) Blume. (5). Los géneros presentes en más estudios fueron: *Quercus* spp. (8), *Mimosa* spp. (7), *Acacia* spp. (6), *Salvia* spp. (6), *Bursera* spp. (5), *Croton* spp. (5), *Lonchocarpus* spp. (5), y *Solanum* spp. (5).

El índice de Jaccard señaló que la similitud más estrecha de las mieles de Guanajuato analizadas en el presente estudio, fue con las mieles de Durango ($I_J = 0.1$) y de Guerrero2 ($I_J = 0.04$); la especie que compartieron fue *Prosopis laevigata*. No se encontró similitud con el resto de los conjuntos de polen de las mieles mexicanas incluidas en el análisis (Cuadro 3).

De manera general, se observó que los espectros polínicos de mieles con mayor similitud fueron los registrados en los estudios melisopalinológicos de Tabasco1 y Tabasco 2 ($I_J = 0.25$), y compartieron siete tipos de polen identificados a nivel de especie: *Bursera simaruba* Sarg., *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Cocos nucifera* L., *Mimosa albida* Humb. & Bonpl. ex Willd., *Mimosa orthocarpa* Spruce ex Benth., *Spondias mombin* L. y *Trema micrantha* (L.) Blume. En menor grado, los conjuntos de polen de estas mieles fueron similares a los de Oaxaca. Similarmente, destacaron las mieles de la Ciudad de México y Morelos2 ($I_J = 0.20$) con una especie compartida: *Taraxacum officinale* F.H. Wigg., así como los

conjuntos de polen de mieles de Guerrero3 y Puebla, con un índice de ($I_J = 0.13$) y una especie compartida: *Coffea arabica* L. (Cuadro 3, Figura 9).

Cuadro 3. Inferior-izquierda: índice de similitud (I_J) entre los estudios melisopalinológicos de México. Superior-derecha: especies compartidas

IJ/SP P	B.C	CDMX	DGO	GTO	GRO1	GRO2	GRO3	MOR	MOR	N.L.	OAX.	PUE.	TAB.	TAB.	VER.	YUC.
								1	2				1	2		
B.C		1	0	0	2	2	1	1	0	0	2	0	0	1	0	2
CDMX	0.02		1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1
DGO.	0	0.08		1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
GTO.	0	0	0.1		0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GRO.1	0.03	0.06	0	0		4	1	2	0	0	4	0	0	2	0	2
GRO.2	0.03	0.03	0.03	0.04	0.11		1	2	0	3	3	0	0	1	0	0
GRO.3	0.02	0.11	0	0	0.06	0.03		1	0	0	2	1	1	2	0	3
MOR1	0.02	0.06	0	0	0.08	0.05	0.06		1	0	3	0	0	1	0	3
MOR2	0	0.20	0.09	0	0	0	0	0.07		0	0	0	0	0	0	0
N.L.	0	0	0	0	0	0.06	0	0	0		0	0	0	0	1	0
OAX.	0.03	0.03	0	0	0.12	0.06	0.07	0.09	0	0		1	5	7	3	9
PUE.	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0	0	0.04		0	0	0	0
TAB.1	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0.12	0		7	3	7
TAB.2	0.02	0.06	0	0	0.08	0.03	0.12	0.04	0	0	0.23	0	0.25		3	5
VER.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.02	0.07	0	0.08	0.10		5
YUC.	0.02	0.01	0	0	0.02	0.02	0.04	0.03	0	0.02	0.09	0	0.07	0.06	0.05	

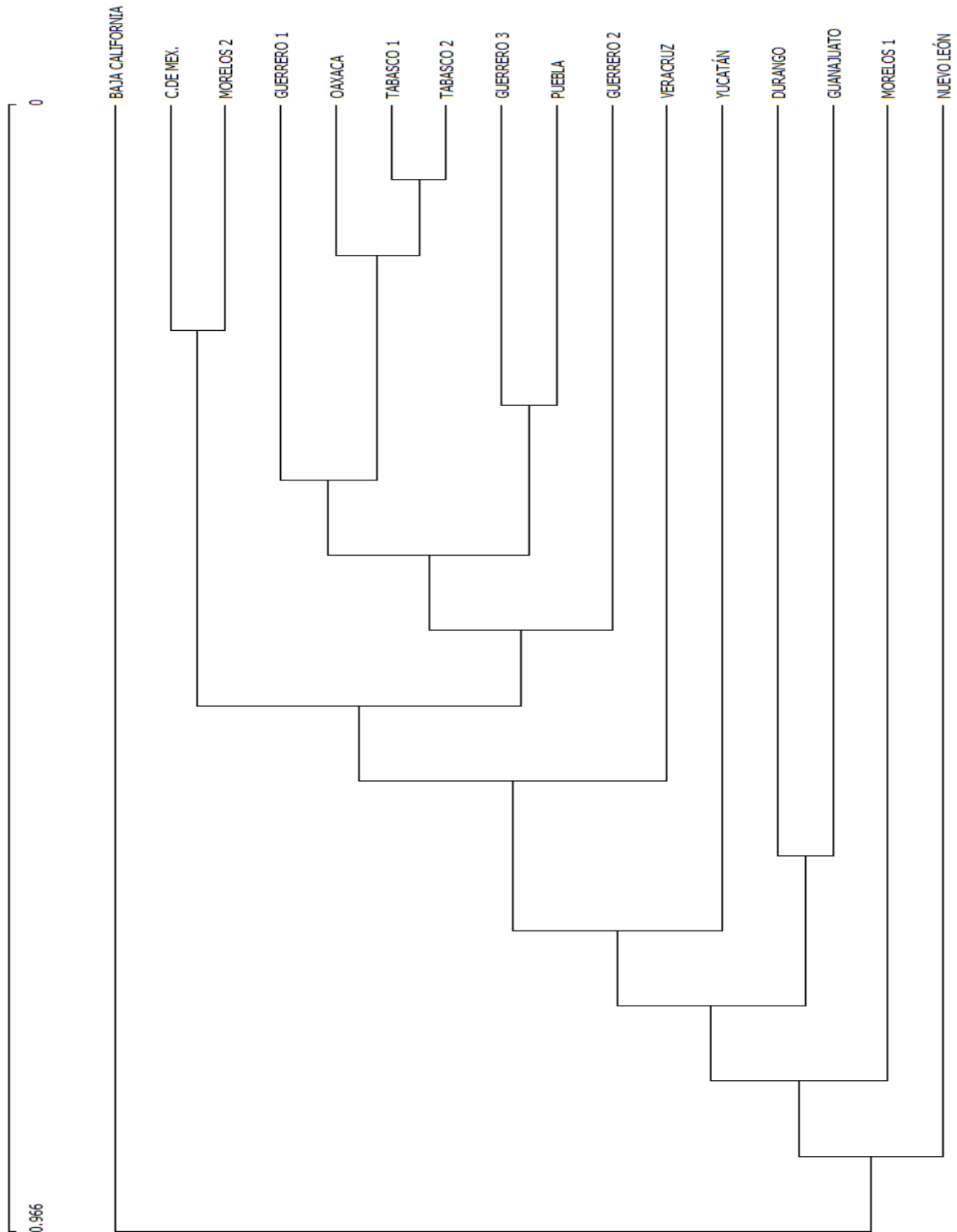


Figura 9. Dendrograma de similitud/disimilitud entre los estudios melisopalínológicos de México. Índice de Jaccard y método de enlace simple

1.5.6. Área de influencia de pecoreo – buffer.

Los tipos de vegetación y uso de suelo detectados dentro del área buffer delimitada alrededor de los apiarios de donde provienen las muestras analizadas, se clasificaron en ocho tipos: 1) Agricultura de riego anual y semipermanente, 2) Agricultura de temporal anual, 3) Cuerpo de agua, 4) Matorral crasicaule, 5) Mezquital desértico 6) Pastizal inducido, 7) Vegetación secundaria arbustiva de mezquital desértico y 8) Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural. La estimación del área de cada tipo de uso de suelo y vegetación se muestran en porcentaje por muestra y se comparan con los porcentajes de polen de *Prosopis laevigata* obtenidos en el análisis cuantitativo melisopalinológico (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de los tipos de vegetación y uso de suelo por muestra, en el área de influencia de pecoreo.

NO. DE MUESTRA/ USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	% DE POLEN DE MEZQUITE	AGRICULTURA DE RIEGO ANUAL Y SEMIPERMANENTE	AGRICULTURA DE TEMPORAL ANUAL	CUERPO DE AGUA	MATORRAL CRASICAULE	MEZQUITAL DESÉRTICO	PASTIZAL INDUCIDO	VEG. SEC. ARBUSTIVA, DE MEZQUITAL DESÉRTICO	VEG. SEC. ARBUSTIVA DE PASTIZAL NATURAL
M1	75.25	0.00	76.27	0.00	20.57	0.00	0.00	0.00	3.16
M2	66.33	0.00	55.76	0.96	7.04	0.00	0.00	0.00	36.25
M3	42.92	0.00	51.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.32
M4	43.67	0.00	86.93	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	13.07
M5	33	0.00	56.95	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	39.06
M6	54.58	0.00	66.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	33.16
M7	47.42	22.21	37.41	0.00	0.00	40.38	0.00	0.00	0.00
M8	73.5	0.00	84.97	0.00	0.00	0.00	0.00	8.91	6.12

1.6. DISCUSIÓN

La riqueza total de tipos polínicos (85) registrada en mieles del norte de Guanajuato, destacó por ser más alta que la encontrada en otros análisis palinológicos de mieles de la misma región apícola. En mieles del sur de la Ciudad de México se encontraron 24 tipos polínicos (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007); en el sur de Durango encontraron 22 tipos polínicos (González Castillo et al. 2017), en Morelos determinaron 41 tipos polínicos (Quiroz García y Arreguín Sánchez 2008) y en Puebla encontraron 49 tipos polínicos (Ramírez Arriaga y Martínez Hernández 2007). Lo anterior, puede ser debido a que la riqueza florística del estado es considerada moderadamente alta (Samudio y Galván-Villanueva 2011). Tal riqueza es una fuente de recursos vegetales abundantes para el pecoreo de las abejas.

Los tipos polínicos con mayor frecuencia de aparición en las muestras fueron *Prosopis laevigata* (55%), aff. *Larrea* (18%), Euphorbiaceae Tipo 1 (8%), *Opuntia* spp. (3%), *Yucca* spp. (3%), Anacardiaceae Tipo 2 (2%) y Asteraceae Tipo 3 (2%).

El tipo polínico aff. *Larrea* se determinó así ya que sus características morfológicas concuerdan con la descripción del polen de *Larrea tridentata* de Navarro (2019); sin embargo, aunque esta especie está presente en el estado, es considerada una especie rara y por tanto, vulnerable a la extinción (Jerzy Rzedowski y Calderón de Rzedowski 1994), por lo que debido al porcentaje encontrado de este tipo polínico en las muestras (polen secundario), es necesario corroborar su presencia en campo a través de colectas botánicas.

Los tipos polínicos *Acacia* spp. y *Yucca* spp., podrían corresponder a las siguientes especies según lo reportado por Rivera Vázquez y Mandujano Bueno (2016): *Acacia* spp. a *Acacia farnesiana* y Anacardiaceae Tipo 2 a *Schinus molle* L. De acuerdo a observaciones de campo, *Yucca* spp. puede corresponder a *Yucca filifera* Chabaud., Euphorbiaceae Tipo 1 a *Jatropha dioica* Seseé y Asteraceae Tipo 3 a *Gymnosperma glutinosum* Less.

El tipo polínico *Opuntia* spp. fue difícil de identificar a nivel especie, ya que en el estado se registran 37 especies silvestres (Scheinvar, Matias, y Olalde 2011) y algunos cultivares.

El polen de *Prosopis* spp. presente en las muestras, se determinó como *Prosopis laevigata*. Las diferencias morfológicas entre el polen de *Prosopis laevigata* y *Prosopis juliflora*, fueron principalmente en la ornamentación de la exina y el tamaño del grano (eje polar). *P. laevigata* presentó exina psilada y un eje polar menor (31.5- 39.9 μm); mientras que en *P. juliflora*, la exina se observó escabrada y el eje polar fue mayor (32.5-42.2 μm).

La riqueza dentro de muestras (M1-M8) varió entre 20 y 35 tipos polínicos. El caso de las muestras M4 y M5, con mayor riqueza, contribuyó a su clasificación como multiflorales; mientras que las muestras M1, M2, M6, M7, y M8 fueron clasificadas como monoflorales y se obtuvieron bajos valores de riqueza. La excepción fue el caso de la M3, con el mismo número de tipos polínicos que la M2, pero clasificada como multiflora. Esto último se puede explicar con los valores de diversidad. La M3 tuvo un índice de diversidad mayor ($H' = 1.51$, $J' = 0.20$; $\lambda = 0.70$) que la M2 ($H' = 1.25$, $J' = 0.15$; $\lambda = 0.53$). Esto sugiere que la distribución de los tipos polínicos dentro de las muestras, es más homogénea en la muestra más diversa. Como consecuencia, los recursos florales y nectaríferos de las especies están más uniformemente repartidas para el pecoreo de abejas.

Son pocos los estudios melisopalinológicos en México que han estimado la diversidad de especies registrada en las mieles. En este trabajo, el índice de Shannon (H') varió en un rango de 1.00 a 2.20, con una uniformidad (J') de 0.14 a 0.26. En mieles multiflorales de otros estados, se han registrado valores de diversidad H' y uniformidad ligeramente más altos. En la Ciudad de México (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007) el valor de este índice (H') para la miel de la delegación Tláhuac fue de 1.76 con una uniformidad (J') de 0.66; y para la miel de Xochimilco H' fue de 1.17 con 0.50 de uniformidad(J'). En las mieles de Guerrero (Ramírez Arriaga et al. 2016) H' varió en un rango de 1.7 a 2.1, con un

valor de uniformidad (J') de 0.90. En la mieles de Nuevo León (Rocha Estrada et al. 2017), H' varió en un rango de 2.32 a 2.61 y una uniformidad (J') de 0.82 a 0.87. En miel del norte de Puebla (Ramírez Arriaga y Martínez Hernández 2007) H' fue 1.74 con una uniformidad (J') de 0.66.

Caso contrario para mieles monoflorales en donde los valores de diversidad (H') y uniformidad (J') fueron ligeramente bajos. En mieles de regiones subtropicales de Oaxaca (Ramírez Arriaga, Navarro Calvo, y Díaz Carbajal 2011), H' varió en un rango de 0.7 a 1.8, con uniformidades (J') de 0.3 a 0.6.

Se observa que los valores de diversidad y uniformidad son menores en mieles monoflorales, que en multiflorales. Para el primer caso, los valores son bajos porque existe un recurso nectarífero predominante en la estructura de la comunidad vegetal, que intensifica las labores de pecoreo de las abejas sobre la especie más abundante. Lo anterior puede ser corroborado con el estudio polínico de mieles del estado de Tabasco, en donde encontraron que un comportamiento de pecoreo heterogéneo sobre las especies nectaríferas, está relacionado con un índice de diversidad bajo, y viceversa (Castellanos Potenciano, Ramírez Arriaga, y Zaldivar Cruz 2012).

En el caso de las mieles del norte de Guanajuato, el recurso nectarífero predominante registrado en las muestras fue *P. laevigata*. La muestra M1, tuvo el mayor porcentaje de polen de esta especie (75.25%) y el menor valor de riqueza y diversidad de tipos polínicos (Riqueza=20 H' =1.00 J' =0.14; 1-D= 0.41, S' =0.08). La muestra M5, registró el menor porcentaje de polen de mezquite (33%), y los valores más altos de riqueza, diversidad y uniformidad (Riqueza= 35 H' =2.20 J' =0.26; 1-D=0.83, S' =0.16). El menor valor de uniformidad se ubicó en la M8 (H' =1.08, J' =0.12) con 73.50% de polen de *Prosopis laevigata*.

El trabajo recalca y confirma la relevancia del mezquite como fuente principal de polen y néctar (Rodríguez Saucedo et al. 2014) en el periodo de producción de

primavera, ya que cinco de las ocho muestras fueron clasificadas como monoflorales de *Prosopis laevigata*.

A pesar de que, en la mayoría de las muestras el polen de *P. laevigata* fue dominante con respecto a otros tipos polínicos, algunas se quedaron en el límite del porcentaje requerido por la NOM-004-SAG/GAN-2018, para clasificarlas como monoflorales ($\geq 45\%$); tal fue el caso de las muestras M3 (42.92 %) y M4 (43.67 %).

El índice de Simpson (1-D) varió en un rango de 0.41 a 0.83, con una uniformidad de $S'=0.08$ y $S'=0.16$ respectivamente. Los valores más cercanos a uno (M3, M4 y M5), indicaron una mayor diversidad y los más cercanos a cero (M8, M7, M6, M1 y M2), una menor diversidad.

El análisis espacial buffer- área de influencia, permitió cotejar que las mieles que no se clasificaron como monoflorales, fue debido a la baja de disponibilidad de este recurso en los alrededores de los apiarios. Cabe señalar, que destacaron los porcentajes correspondientes a la actividad agrícola de temporal y de vegetación secundaria, información que concuerda con la intensa actividad agrícola en el estado y el grado de perturbación de la vegetación natural (Carranza González 2001).

La muestra M1, presentó el mayor porcentaje de polen de *P. laevigata* ya que el tipo de vegetación que predomina en los alrededores del apiario es matorral crasicaule y vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural. En el primer tipo de vegetación dominan cactáceas arbustivas del género *Opuntia* (L.) Mill., *Myrtillocactus* Console y *Stenocereus* (A.Berger) Riccob. y árboles leñosos con géneros representativos como *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Yucca filifera* Chabaud, *Mimosa biuncifera* Benth., *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg., *Prosopis laevigata* y otros más y, en el segundo tipo de vegetación, hay una gran diversidad de especies de pastos, mezclados con individuos aislados de especies arbustivas como las mencionadas anteriormente (Zamudio Ruiz 2012).

La mayoría de las frecuencias relativas de *Prosopis laevigata* en las muestras, son proporcionales al porcentaje del tipo de vegetación asociado; excepto la muestra M7, por lo que se propone cotejar nuevamente este valor.

En el caso de la muestra M3, en que el porcentaje del tipo de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural fue alto, pero la miel se determinó como multifloral, puede deberse a que en los últimos años las comunidades de mezquite se han visto reducidas por el crecimiento de las ciudades y el incremento de las actividades productivas (Rodríguez Saucedo et al. 2014).

Por otro lado, el análisis de similitud/disimilitud de los espectros polínicos entre las muestras de miel, se distinguieron en dos grupos. El grupo más similar lo conformaron las muestras M5 y la M6 ($I_J = 0.44$), con 19 tipos polínicos compartidos, lo que evidentemente se relaciona con el tipo de vegetación que comparten. En los apiarios de las dos muestras predomina la vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural con porcentajes muy cercanos (M5 = 39.06 %; M6 = 33.16 %); sin embargo, la primera fue clasificada como bifloral y la segunda como monofloral. El segundo grupo más parecido, lo conformaron las muestras M3 y M8 ($I_J = 0.42$), ya que compartieron 14 tipos polínicos. Ambas muestras registraron la presencia del tipo de vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural, aunque en porcentajes diferentes (M3 = 48 %; M8 = 6%); sin embargo, la distancia entre los apiarios de procedencia de estas muestras, pudo contribuir a la similitud entre sus conjuntos palinológicos, ya que se localizan relativamente cerca uno del otro. La M8 posee un porcentaje muy alto de *Prosopis laevigata*, ya que en el área de pecoreo se registró 9% de vegetación secundaria arbustiva de mezquital desértico, en donde predomina este recurso.

Las muestras más disímiles con respecto a su contenido de polen fueron la M1 y M2, ya que en los apiarios a los que corresponden dichas muestras, se registró la presencia de matorral crasicaule con valores de 21 y 7 %, respectivamente.

En cuanto al análisis de similitud/disimilitud entre los conjuntos de polen de mieles de México, destacó que las mieles de Guanajuato presentaron mayor similitud con las mieles de Durango. En éstas, el polen de *P. laevigata* también se clasificó como predominante (85 %) y secundario (38 %) (González Castillo et al. 2017). Cabe señalar que el tipo de vegetación del área de estudio de las mieles analizadas en Durango, perteneciente a la región de los Valles, tiene recursos florísticos similares a los del altiplano mexicano. En sus matorrales de clima templado destacan especies arbustivas de porte alto como el huizache chino (*Vachellia schaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger), mezquite (*P. laevigata*) y nopal duraznillo (*Opuntia durangensis* Britton & Rose), y herbáceas perennes como *Borreria verticillata* (L.)G.Mey., *Bouvardia ternifolia* Schltldl., *Eleocharis densa* Benth., *Eleocharis ignota* S. González & Reznicek , *Karinia mexicana*(Britton) Reznicek & McVaugh, *Sprekellia formosissima* (L.)Herb., *Stevia ovata* Willd., *Stevia serrata* Cav. y *Xanthocephalum benthamianum* Hemsl. (Gonzalez Elizondo, González Elizondo, y Márquez Linares 2006).

Aunque la composición de los conjuntos palinológicos de las mieles analizadas aquí, fue menos similar a la composición palinológica del resto de mieles de México, se encontró que las familias mejor representadas en la mayoría de las mieles fueron Asteraceae y Fabaceae (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007; González Sandoval et al. 2016; Ramírez Arriaga et al. 2016; Alaniz Gutiérrez et al. 2017; Rocha Estrada et al. 2017; Vázquez Fuentes et al. 2019). Esto está influenciado por el hecho que estas familias son dos de las más diversas en México, la primera con 3,057 especies y, la segunda, con 1903 (Villaseñor y Ortiz 2014), y a que muchas plantas de estas familias han evolucionado para atraer preferentemente a las abejas, ofreciéndoles néctar y polen como recompensa en los servicios de polinización que realizan las abejas (Martínez Hernández et al. 1993). La familia Fabaceae presentó una mayor riqueza de tipos polínicos en este estudio, al igual que los estudios melisopalínológicos de la Ciudad de México (Piedras Gutiérrez y Quiroz García 2007), Durango (González Castillo et al. 2017), Morelos (Quiroz García y Arreguín Sánchez 2008) y Oaxaca (Ramírez

Arriaga, Navarro Calvo, y Díaz Carbajal 2011). Las familias Convolvulaceae, Cyperaceae, Euphorbiaceae, Solanaceae y Rubiaceae también fueron importantes en el espectro polínico. En Guanajuato, estas son familias que destacan por tener un gran número de géneros y especies (Samudio y Galván-Villanueva 2011).

El análisis de similitud/disimilitud entre los conjuntos de polen de mieles de México, indicó que probablemente se puedan encontrar similitudes entre el contenido de polen de las mieles de acuerdo al tipo de vegetación de la región en que se producen. Las mieles se agruparon en al menos tres regiones: a) Sur, que incluye los registros de polen de mieles de Oaxaca y Tabasco; b) Centro, con los registros de Ciudad de México, Guerrero, Morelos y Puebla; y c) Centro-Norte, en donde se localizan los registros de Durango, Baja California y, los resultados de este estudio del norte del estado de Guanajuato.

1.7. CONCLUSIONES

Las mieles analizadas, se comercializan por los apicultores como mieles de floración de mezquite (*Prosopis* spp.), es de gran calidad y muy valorada a nivel nacional e internacional. El análisis palinológico mostró que, si bien el polen más abundante en todas las muestras fue de *P. laevigata*, no todas se clasificaron como mieles monoflorales de mezquite, se encontró una miel bifloral y dos estrictamente multiflorales (NOM-004-SAG/GAN-2018). El mezquite (*P. laevigata*) fue el recurso vegetal principal para las abejas, en la elaboración de miel de primavera. Las mieles biflorales y estrictamente multiflorales, destacaron la riqueza de otros recursos disponibles para la producción de miel en las zonas semiáridas del país.

El análisis buffer fue de gran importancia para la interpretación de la clasificación de mieles, y como indicador de la disponibilidad de recursos apibotánicos.

El índice de Shannon- Wiener (H), se registró en algunos de los trabajos melisopalinológicos de México, lo cual permitió comparar la diversidad de tipos polínicos de las mieles del norte de Guanajuato, con respecto a los reportados en las mieles de otras regiones de México. Por otro lado, índice de Simpson (1-D), permitió estimar la diversidad en una comunidad florística dominada por una sola especie.

La comparación del espectro polínico registrado en las mieles del norte de Guanajuato, con los encontrados en otras mieles mexicanas, permitió vislumbrar las particularidades del origen botánico de estas mieles, y comenzar a entender la compleja diversidad de mieles que se elaboran en México dependiendo de su ubicación y tipo de vegetación.

Las descripciones del polen *P. laevigata* y *P. juliflora* generadas a partir del material de herbario, fueron indispensables para determinar el polen de las mieles como de *P. laevigata*; así como también lo son las colectas botánicas en los estudios melisopalinológicos para disminuir el error en la identificación de los recursos vegetales y poder determinar los tipos polínicos a nivel de especie.

Los conocimientos de los apicultores sobre la flora melífera deben ser tomados en cuenta y formar parte de los estudios melisopalinológicos; esto puede facilitar el proceso de colecta botánica e identificación de los tipos polínicos. Además, se recomienda mencionar de manera general los datos que caractericen al grupo o persona que produjo la miel susceptible de análisis. Las prácticas de manejo, también dotan de ciertas características a la miel y forman parte del conocimiento biocultural de nuestro país.

Aún queda un largo camino para la caracterización de las mieles monoflorales de nuestro país. En el caso específico de las mieles de mezquite que se producen en las regiones semiáridas y áridas de México, incluido en dicha región el estado de Guanajuato, es necesario seguir caracterizándolas mediante estudios melisopalinológicos y complementar con estudios de sus características físico-

químicas y sensoriales, que permita a los apicultores acercarse a los procesos de certificación de calidad de su miel y ofrecer garantías a los consumidores.

Además, debido a que ya existe una legislación con las bases técnicas y metodológicas para la producción y calidad de la miel (NOM-004-SAG/GAN-2018), en donde uno de los análisis requeridos para la diferenciación por su origen botánico es el melisopalínológico; es necesario que se facilite el acceso a los apicultores a este tipo de estudios con la infraestructura necesaria, tarifas accesibles; así como formar a más especialistas.

1.8. LITERATURA CITADA

- Alaniz Gutiérrez, Luis, Carlos Enrique Ail Catzim, Rogel Villanueva Gutiérrez, José Delgadillo Rodríguez, Martín Eduardo Ortiz Acosta, Edmundo García Moya, y Tomás Salvador Medina Cervantes. 2017. “Caracterización palinológica de mieles del valle de Mexicali, Baja California, México”. *Polibotánica*, núm. 43: 1–29.
- Alfaro Bates, Rita Guadalupe, Jorge Ángel González Acereto, Juan Javier Ortiz Díaz, Flor Alicia Viera Castro, Ana Isabel Burgos Pérez, Enrique Martínez Hernández, y Elia Ramírez Arriaga. 2010. *Caracterización palinológica de las mieles de la Península de Yucatán*. Mérida, Yucatán, México: Universidad Autónoma de Yucatán, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.
- Carranza González, Eleazar. 2001. “Contribución al conocimiento de las plantas del género *Ipomoea* L. (Convolvulaceae) en el estado de Guanajuato, México. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Complementario XVIII.”
- Castañón Chavarría, Luis Enrique de Jesús. 2009. *Mieles diferenciadas de la Península de Yucatán y su mercado*. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad : Corredor Biológico Mesoamericano México. Distrito Federal, México. <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/6513.pdf>.
- Castellanos Potenciano, Blanca Patricia, Elia Ramírez Arriaga, y Juan Manuel Zaldivar Cruz. 2012. “Análisis del contenido polínico de mieles producidas por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el Estado de Tabasco, México”. *Acta Zoológica Mexicana (N.S.)* 28 (1): 13–36. <https://doi.org/10.21829/azm.2012.281813>.

- Codex Alimentarius. 2019. "NORMA PARA LA MIEL CXS 12-1981". [moz-extension://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who-codexalimentarius%2Fsh-proxy%2Fen%2F%3Flnk%3D1%26url%3Dhttps%25253A%25252F%25252Fworkspace.fao.org%25252Fsites%25252Fcodex%25252FStand](https://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who-codexalimentarius%2Fsh-proxy%2Fen%2F%3Flnk%3D1%26url%3Dhttps%25253A%25252F%25252Fworkspace.fao.org%25252Fsites%25252Fcodex%25252FStand).
- Erdtman, G. 1960. "The Acetolysis Method—A Revised Description." *Svensk Botanisk Tidskrift*, núm. 54: 561–64.
- Erdtman, G. 1952. *Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms*. Almqvist & Wiksell; Chronica Botanica Co. Vol. 1. Stockholm; Waltham Mass., U.S.A.: Almqvist & Wiksell; Chronica Botanica Co. <https://doi.org/10.1080/11035895209453507>.
- Espindola Vergel, Pascal, y Luis Alaniz Gutiérrez. 2016. "Estudio palinológico de tres muestras de miel de Pueblo Hidalgo, Guerrero." *Tlamati Sabiduría* 7 (2). <http://tlamati.uagro.mx/t7e2/85.pdf>.
- García Amaro, Enriqueta. 2004. "Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen". *Instituto de Geografía*, enero. <http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1>.
- González Castillo, María P., David Ramírez Noya, Salvador Acosta Castellanos, Martha Rosales Castro, y Sandra J. Alvarado Aguilar. 2017. "Caracterización palinológica de miel colectada por *Apis mellifera* Linnaeus (Hymenoptera: Apidae) en tres localidades del municipio de Durango, Dgo., México". *Entomología mexicana* 4: 79–83.
- Gonzalez Elizondo, M. Socorro, Martha González Elizondo, y Marco A. Márquez Linares. 2006. *Vegetación y Ecorregiones de Durango*. México: Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR) Instituto Politécnico Nacional. <https://www.researchgate.net/publication/322244135>.
- González Sandoval, Reynaldo, Cesario Catalán Heverástico, Víctor Manuel Domínguez Márquez, Cándido Luna León, Elías Hernández Castro, Agustín Damián Nava, Blas Cruz Lagunas, y Francisco Alberto Palemón. 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.
- Granados Argüello, R.I., R. Villanueva Gutiérrez, E. Martínez Hernández, L.E. García Mayoral, y J.E. González de la Torre. 2020. "Análisis melisopalínológico de mieles de *Apis mellifera* L. en la Zona Centro de Veracruz, México". *Polibotánica* 0 (50): 147–63. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.11>.

- Grosso, Guillermo Salamanca, Mónica Patricia Osorio Tangarife, y Laura María Reyes Méndez. 2017. “Propiedades fisicoquímicas de mieles monoflorales de encenillo de la zona altoandina en Boyacá, Colombia”. *Química Nova* 40 (8): 854–64. <https://doi.org/https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170084>.
- Halbritter, Heidemarie, Silvia Ulrich, Friðgeir Grímsson, Martina Weber, Reinhard Zetter, Michael Hesse, Ralf Buchner, Matthias Svojtka, y Andrea Frosch-Radivo. 2018. *Illustrated Pollen Terminology. Illustrated Pollen Terminology*. Segunda. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-71365-6>.
- Herbert, E W J. 1992. “Honey bee nutrition”. En *The hive and the honey bee*, editado por J E Graham, 197–233. USA: Dadant & Sons Inc.Hamilton, II.
- Herrero, Baudilio, Rosa María Valencia-Barrera, Roberto San Martín, y Valentín Pando. 2002. “Characterization of honeys by melissopalynology and statistical analysis”. *Canadian Journal of Plant Science* 82 (1): 75–82. <https://doi.org/10.4141/P00-187>.
- INEGI. 2013. “Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Serie V (Capa Union), escala: 1:250 000.” Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2013. http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/usv250s5ugw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no.
- . 2015. *Anuario estadístico y geográfico de Guanajuato*. https://portalsocial.guanajuato.gob.mx/sites/default/files/documentos/2015_INEGI_Anuario_estadistico_y_geografico_de_guanajuato.pdf.
- . 2017. “Anuario Estadístico y Geográfico de Guanajuato”. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825092146.pdf.
- . 2020. “Marco geoestadístico - Catálogo único de claves de áreas geoestadísticas estatales, municipales y localidades”. 2020. <https://www.inegi.org.mx/app/ageeml/>.
- Labougle Rentería, J.M., y J.A. Zozaya Rubio. 1986. “La Apicultura en México”. *Ciencia y Desarrollo*, núm. 69: 17–36.
- Louveaux, J., Anna Maurizio, y G. Vorwohl. 1970. “Methods of Melissopalynology”. *Bee World* 51 (3): 125–38. <https://doi.org/DOI:10.1080/0005772X.1970.11097312>.
- Magurran, A.E. 1988. “Ecological diversity and its measurement”. New Jersey: Princeton University Press.

- Martínez Hernández, Enrique, José Ignacio Cuadriello Aguilar, Oswaldo Téllez Valdéz, Elia Ramírez Arriaga, María Susana Sosa Nájera, Julia Eva Melchol Sánchez, Margarita Medina Camacho, y María del Socorro Lozano García. 1993. *Atlas de las plantas y el polen utilizados por las cinco especies principales de abejas productoras de miel en la región del Tacaná, Chiapas, México*. Editado por UNAM. Publicación especial del Instituto de Geología.
- Martínez Hernández, Enrique, y Elia Ramírez Arriaga. 1998. “La importancia comercial del origen botánico de las mieles por medio de su contenido de granos de polen (Melisopalinología).” *Apitec* 10: 27–30. <https://www.biblioteca.org.ar/libros/2239.htm>.
- Montenegro, G., R. Pizarro, G. Avila, R. Castro, y C. Ríos. 2003. “Origen Botánico y Propiedades Químicas de las Mieles de la Región Mediterránea Arida de Chile”. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura* 30 (3): 161–74. <file:///C:/Users/Viole/AppData/Local/Temp/dcart.pdf>.
- Navarro Gómez, José de Jesús. 2019. “Caracterización de la miel de mezquite de *Apis mellifera* L. y un acercamiento a otros recursos florales de las mezquiteras en México.” Universidad Autónoma Chapingo.
- “NOM-004-SAG/GAN-2018.Producción de miel y especificaciones”. 2020. Ciudad de México, México: Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de abril de 2020. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020.
- Pacheco López, Neith;, Teresa del R.; Ayora Talavera, Norberto; García Cruz, Tania; González Flores, Jesús; Patrón Vázquez, Ángeles; Sánchez Contreras, y Ana Ramos Díaz. 2016. “Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel”. En *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México:Desafíos y oportunidades para la exportación*, editado por Ana Luisa Ramos Díaz y Neith Aracely Pacheco López, CIATEJ-C, 69–96. Mérida, Yucatán, México.
- Palacios Chávez, Rodolfo, Beatriz Ludlow Wiechers, y Rogel Villanueva. 1991. *Flora palinológica de la Reserva de la Biósfera de Sian Ka’an, Quintana Roo, México – Libros ECOSUR. CIQRO*. <https://www.ecosur.mx/libros/producto/flora-palinologica-de-la-reserva-de-la-biosfera-de-sian-kaan-quintana-roo-mexico/>.
- Piedras Gutiérrez, Berenice, y David Leonor Quiroz García. 2007. “Estudio melisopalinológico de dos mieles de la porción sur del Valle de México”. *Polibotánica*, núm. 23: 57–75.
- Pielou, E.C. 1977. *Mathematical Ecology*. Editado por Wiley. 2a ed.

- Quiroz García, David Leonor, y María de la Luz Arreguín Sánchez. 2008. “Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) en el estado de Morelos, México”. *Polibotánica*, núm. 26: 159–73.
- Ramírez Arriaga, Elia, Angélica Martínez Bernal, Nadia Ramírez Maldonado, y Enrique Martínez Hernández. 2016. “Palynological analysis of honeys and pollen loads of *Apis mellifera* (Apidae) from the central and northern regions of the state of Guerrero, Mexico”. *Botanical Sciences* 94 (1): 141–56. <https://doi.org/10.17129/botsci.217>.
- Ramírez Arriaga, Elia, y Enrique Martínez Hernández. 2007. “Melitopalynological Characterization of *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Apidae:Meliponini) *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) Honey Samples in Northern Puebla State, Mexico”. *Journal of the Kansas Entomological Society* 80 (4): 377–91. [https://doi.org/10.2317/0022-8567\(2007\)80\[377:mcosmg\]2.0.co;2](https://doi.org/10.2317/0022-8567(2007)80[377:mcosmg]2.0.co;2).
- Ramírez Arriaga, Elia, Lidia Amelia Navarro Calvo, y Eloína Díaz Carbajal. 2011. “Botanical characterisation of Mexican honeys from a subtropical region (Oaxaca) based on pollen analysis”. *Grana* 50 (1): 40–54. <https://doi.org/10.1080/00173134.2010.537767>.
- Rivera Vázquez, Ricardo, y Andrés Mandujano Bueno. 2016. *Flora nectarífera y polinífera de Guanajuato. Libro técnico Núm.7*. Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México.
- Rocha Estrada, Alejandra, Marco A. Alvarado Vázquez, Marco A. Guzmán Lucio, Hugo C. Rodríguez García, Sergio M. Salcedo Martínez, y Jorge L. Hernández Piñero. 2017. “Estudio polínico de mieles de Cadereyta Jiménez y Santiago, Nuevo León”. *CIENCIA UANL*, núm. 84: 31–38.
- Rodríguez Saucedo, Elvia Nereyda, Gustavo Enrique Rojo Martínez, Benito Ramírez Valverde, Rosa Martínez Ruiz, Milagros de la Caridad Cong Hermida, Salvador Martín Medina Torres, y Hugo Humberto Piña Ruiz. 2014. “Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México”. *Ra Ximhai* 10 (3): 173–93. <https://drive.google.com/file/d/0B3tidJTICU5eMDljU0RlBzF1Qm8/edit>.
- Ruoff, Kaspar, Werner Luginbühl, Verena Kilchenmann, Jacques Olivier Bosset, Katharina von der Ohe, Werner von der Ohe, y Renato Amadò. 2007. “Authentication of the botanical origin of honey using profiles of classical measurands and discriminant analysis”. *Apidologie* 38 (5): 438–52. <https://doi.org/10.1051/apido:2007027>.
- Rzedowski, J. 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edici. México.
- Rzedowski, Jerzy, y Graciela Calderón de Rzedowski. 1994. “Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes. Zygomycetaceae. Fascículo 30.” moz-

extension://6cb4c911-82c8-475f-960c-a8fbc9dd0290/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Fwww1.inacol.edu.mx%2Fpublicaciones%2Fresumeness%2FFLOBA%2FFlora%252030.pdf.

Samudio, Sergio, y Raquel Galván-Villanueva. 2011. "La diversidad vegetal del estado de Guanajuato, Fascículo complementario XXVII." En *Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes*, editado por Jerzy Rzedowski y Graciela Calderón. Instituto de Ecología. https://www.researchgate.net/publication/259800574_La_diversidad_vegetal_del_estado_de_Guanajuato.

Sawyer, R. 1988. "Honey identification". Cardiff Academic Press, Cardiff, Wales,.

Scheinvar, L., E. Matias, y G. Olalde. 2011. "Especies silvestres de nopales mexicanos. Bases de datos SNIB-CONABIO, proyecto GE005." México, D. F.

Seaby, R.M.H., y P.A. Henderson. 2007. "Species Diversity and Richness IV. Measuring and understanding biodiversity." Hampshire: Pisces Conservation.

Seeley, Thomas D. 1985. *Honeybee Ecology: A Study of Adaptation in Social Life*. Editado por Princeton University Press. Princeton, New Jersey.

Shannon, C.E., y W. Weaver. 1949. "The Mathematical Theory of Communication." University of Illinois Press, Urbana.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2019. "Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. Miel, producción, precio y valor 2019." https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/.

Simpson, E. H. 1949. "Measurement of diversity". *Nature*. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.

Vázquez Fuentes, Y.G., D.L. Quiroz García, J.S. Acosta Castellanos, y R. Fernández Nava. 2019. "Análisis palinológico de mieles de *Apis mellifera* L. (Apidae), Estado de Morelos, México." *Polibotánica*, núm. 48: 87–98. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.7>.

Villaseñor, José Luis. 2016. "Catálogo de las plantas vasculares nativas de México". *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87 (3): 559–902. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.017>.

Villaseñor, José Luis, y Enrique Ortiz. 2014. "Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México". *Revista Mexicana de Biodiversidad*, núm. 85: 134–42. <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>.

Zaldívar Cruz, Juan Manuel, Claudia Ivette Córdova Córdova, Elia Ramírez Arriaga, y Enrique Martínez Hernández. 2013. "Botanical characterisation of honey (*Apis mellifera* L.) from four regions of the state of Tabasco, Mexico, by

means of melisopalynological techniques”. *Universidad y Ciencia.Trópico húmedo* 29 (1): 163–78. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792013000200006&script=sci_arttext&tlng=pt.

Zamudio Ruiz, Sergio. 2012. “Diversidad de Ecosistemas del Estado de Guanajuato. Regionalización Ecológica.” En *La Biodiversidad en Guanajuato: Estudio de Estado. Volúmen II.*, editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/instituto de Ecología del Estado de Guanajuato., 21–55. México.

CONCLUSIONES GENERALES

Se han identificado las limitantes de la melisopalinología para la determinación del origen botánico en las mieles; como lo son, requerir de conocimientos especializados, inversión de tiempo y contar con una amplia referencia palinológica.

Si tomamos en cuenta el último punto mencionado, en nuestro país existen estudios melisopalinológicos solo para algunos estados, hay pocos catálogos polínicos de flora apícola con micrografías y descripciones palinológicas completas y palinotecas. Lo anterior, dificulta y ralentiza el proceso para los análisis polínicos de la miel, además de que es indicador del incipiente conocimiento del espectro polínico y, por ende, de la flora apícola utilizada por las abejas para la elaboración de las mieles mexicanas.

Es importante que los estudios melisopalinológicos, respalden sus resultados con colectas botánicas y con el conocimiento de los apicultores; además de presentar descripciones palinológicas acompañadas por lo menos, de micrografías en microscopio de luz y, si es posible, también en microscopio electrónico de barrido.

A pesar de que ha habido esfuerzos por estandarizar los métodos cuantitativos y de procesamiento de muestras en los estudios melisopalinológicos, aún se observa mucha variabilidad de metodologías en los estudios mexicanos, que dificultan los análisis comparativos.

Todas estas deficiencias se aclararán, conforme aumenten los esfuerzos por diferenciar las mieles por su origen botánico a nivel local y regional hasta abarcar todo el territorio y, con esto, también se ampliarán las referencias palinológicas de las mieles.