

Origen floral de mieles de abeja del estado de Jalisco producidas en primavera

Diego M. Cortez-Valladolid¹, Ana Patricia del Castillo-Batista², José Octavio Macías-Macías³, Francisca Contreras-Escareño⁴ y Claudia Alvarado^{1*}

¹Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Camino arenero 1227. El Bajío, 45019, Zapopan Jalisco, México.

²Departamento de Ecología y Recursos Naturales-IMECBIO, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Avenida Independencia Nacional 151, 48900, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

³Departamento de Ciencias de la Naturaleza, Centro de Investigaciones en Abejas, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Arreola Silva 883, 49000 Zapotlán el Grande, Jalisco, México.

⁴Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de la Costa Sur, Universidad de Guadalajara. Avenida Independencia Nacional 151, 48900, Autlán de Navarro, Jalisco, México.

*Autor de correspondencia: calvarado@ciatej.mx

Resumen

Palabras clave:

Jalisco,
melisopalinología,
miel, origen botánico.

Jalisco es reconocido como productor de miel multifloral a nivel nacional, sin embargo, el origen floral de estas mieles ha sido poco estudiado. El conocimiento de la flor de procedencia de la miel reviste importancia en dos sentidos, por el impacto de la flor en las propiedades organolépticas y terapéuticas que son heredadas a la miel, y también para conocer aquellos recursos que sostienen la apicultura en la región. El objetivo del presente trabajo fue conocer el origen botánico de seis muestras de miel producida en seis apiarios del estado de Jalisco, durante la época de primavera. El análisis de las muestras de miel permitió identificar tanto a plantas nativas como de uso agrícola y ornamental, entre los que destacaron el mezquite (*Prosopis* sp.), palo dulce (*Coursetia* sp.), eucalipto (*Eucalyptus* sp.), sauce (*Salix* spp.), aguacate (*Persea americana*) y bayas (*Rubus* spp.). De acuerdo con las frecuencias del polen, sólo dos mieles se clasificaron como monoflorales por presentar un taxón dominante, ambas de mezquite. Las especies de la familia Fabaceae, como es el caso del mezquite y el palo dulce, se reafirman como recursos de importancia apícola para la entidad.



Introducción

Las abejas melíferas (*Apis mellifera* L.) representan uno de los grupos polinizadores más importantes. A través de una serie de adaptaciones biológicas y ecológicas especializadas, son atraídas a las flores por las recompensas ofrecidas (néctar-polen) y como resultado estas son polinizadas, contribuyendo con el equilibrio de los ecosistemas (Armbruster, 2012). La apicultura favorece la actividad y alimentación humana por medio de la polinización de cultivos agrícolas y la producción de miel, la cual es apreciada y utilizada por los humanos con fines alimenticios, terapéuticos y cosméticos, beneficios asociados a su origen botánico (Molan, 1996).

La amplia diversidad florística de Jalisco, es un reflejo de las variadas condiciones fisiográficas y climáticas (Rodríguez-Contreras, 2017), que posibilitan el desarrollo de la apicultura y la producción de mieles muy diferentes. Sin embargo, las características particulares de estas mieles no han sido descritas ni clasificadas. En recientes fechas la apicultura se ha visto comprometida debido al incremento en la producción de cultivos intensivos como el agave tequilero (*Agave tequilana* Weber), aguacate (*Persea americana* Mill.) y las bayas (*Fragaria* sp., *Rubus* spp. y *Vaccinium* sp.) (Lorente, 1992; Novoa, 1994; Quintero-Domínguez, 2019).

La melisopalinología es la identificación taxonómica y recuento de los pólenes contenidos en la miel después de un tratamiento de acetólisis y su análisis microscópico. Su estudio permite conocer la flora melífera aprovechada por las abejas para la producción de miel (Molan, 1996; Von Der Ohe *et al.*, 2004). Una vez que se conoce el origen botánico de la miel, es posible describir y tipificar sus características en función al tipo de vegetación, época del año y localidad, con el fin de procurar su conservación o realizar acciones de trashumancia o movimiento de colmenas (Louveaux, Maurizio & Vorwohl, 1976; Von der Ohe *et al.*, 2004; Abou-Shaara, 2014).

El estado de Jalisco se ha ubicado entre los cinco mayores productores de miel a nivel nacional (SIAP, 2019), pese a esto, los trabajos de flora melífera y melisopalinología reportados son escasos, desactualizados y basados principalmente en observaciones directas de las visitas de *A. mellifera* a las flores. Dichos estudios destacan la importancia de la vegetación nativa y de los cultivos agrícolas y ornamentales (De la Mora, 1988; Lorente, 1992; Novoa, 1994; Quintero-Domínguez, 2019). Es de vital importancia actualizar la información basada en el estudio del polen de la miel lo que permitiría clasificar las mieles, tomar ventaja de sus características organolépticas, así como de determinar los recursos florísticos que sostienen la apicultura en la región.

El objetivo del presente trabajo fue conocer el origen botánico de la miel y los recursos florísticos preferidos por *A. mellifera* en temporada de secas, en seis localidades del estado de Jalisco.

Metodología

Área de estudio y características

El estado de Jalisco se localiza en la región Centro-Occidente de México, cuenta con una superficie de 80,222 km² y está dividido por 125 municipios integrados en 12 regiones (IEEG, 2022). El presente estudio se llevó a cabo durante los meses de marzo y abril de 2021, correspondientes a la temporada de miel de primavera o época de secas. Para la selección de los sitios y apiarios fue requisito que contaran con alguna de las siguientes dos características: 1) apiarios fijos cercanos o dentro de áreas de producción de cultivos intensivos o 2) apiarios de productores que realizaran práctica de trashumancia en regiones con floración de temporada de secas. Finalmente se trabajó con seis apiarios ubicados en cinco municipios de interés apícola para esa época del año, cuyas características se muestran en la Tabla 1 y la Figura 1.

Los apiarios M44, M45, M48 y M49 correspondieron a la primera categoría, encontrándose dentro o colindantes de cultivos intensivos de limón, aguacate, frutillas y caña respectivamente. El M49 se encontró específicamente a un costado de cañaveral y al pie de una montaña con flora silvestre típica. Los apiarios M39 y M43 fueron de trashumancia, el primero ubicado en la región Lagunas y el segundo en colindancia con Zacatecas, ambas regiones con flora de primavera ampliamente conocida por los apicultores de la región.

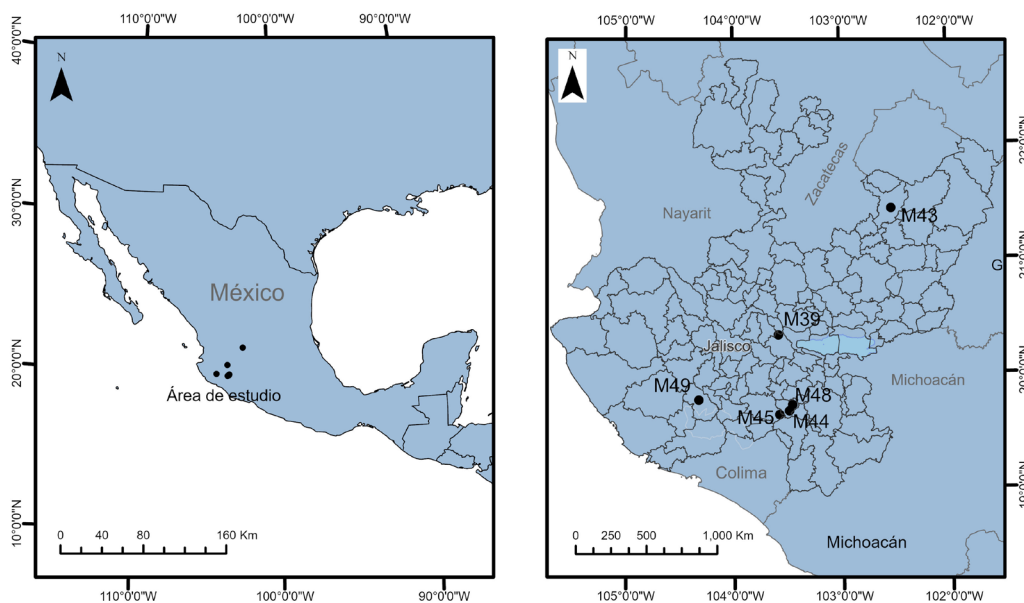


Figura 1. Ubicación geográfica del estado de Jalisco y sitios muestreados. M39, Acatlán de Juárez; M43, Teocaltiche; M44 y M48, Zapotlán el Grande; M45, San Gabriel; M49, Autlán de Navarro



Tabla 1. Datos geográficos de los apiarios muestreados

Muestra	Región	Municipio	Latitud	Longitud	Elevación (m)	Tipo de vegetación
M39	Lagunas	Acatlán de Juárez	20° 20' 13.164"	-103° 35' 12.404"	1,342	Pastizal, bosque espinoso, bosque tropical caducifolio
M43	Altos Norte	Teocaltiche	21° 26' 10.809"	-102° 31' 47.312"	1,663	Pastizal, bosque espinoso, matorral xerófilo
M44	Sur	Zapotlán el Grande	19° 43' 41.127"	-103° 27' 36.931"	1,521	Bosque de pino y encino, bosque tropical caducifolio
M48			19° 40' 29.265"	-103° 29' 20.824"		
M45	Sur	San Gabriel	19° 38' 31.120"	-103° 34' 48.237"	2,200	Bosque de pino y encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de oyamel
M49	Sierra de Amula	Autlán de Navarro	19° 46' 21.946"	-104° 19' 30.287"	887	Bosque espinoso, bosque tropical caducifolio, bosque de pino y encino

Muestreo y extracción de miel

Por cada apiario se colectó un bastidor de alza melaria de una colmena seleccionada al azar, de colonias populosas, libres de enfermedades y con miel operculada. Los panales operculados fueron retirados de cada bastidor para extracción de 1 kilogramo de miel por medio de prensado con ayuda de un mortero. La miel obtenida se filtró con un colador de acero inoxidable y dejó reposar por 24 horas, posteriormente se retiraron las impurezas acumuladas en la superficie, se filtró nuevamente y se resguardó en contenedores de plástico a temperatura ambiente para su posterior análisis.

Melisopalinología

El análisis melisopalinológico se realizó de acuerdo con los métodos de la Comisión Internacional de Botánica de Abejas (ICBB) descritos por Louveaux *et al.* (1978) con modificaciones de acuerdo con la NOM-004-SAG/GAN-2018 (SAG/GAN, 2018). Se tomaron 30 g de miel por muestra, la cual fue sometida a tratamiento de acetólisis para elaboración de laminillas permanentes y posterior observación microscópica. Previo a la acetólisis, se tomó muestra para preparación de laminillas en fresco para observación de granos que pudieran ser destruidos por el tratamiento.

El análisis melisopalinológico consistió en la observación microscópica y descripción morfológica de los granos de polen contenidos en la miel. Los tipos polínicos fueron identificados a nivel de familia, género y/o especie por comparación con el catálogo polínico realizado en el presente estudio, la colección



palinológica del herbario ZEA del CUCSUR, así como las bases de datos PalDat, The Global Pollen Project (Martin & Harvey, 2017) y literatura especializada en palinología y melisopalinología. Los tipos polínicos fueron observados y capturados con un microscopio Optika modelo B-383PLi (Bergamo, Italia).

Análisis estadísticos

Para la determinación y denominación del origen botánico de miel, así como los principales recursos florísticos aprovechados por las abejas, se contaron 500 granos de polen por muestra en un conteo por transectos al azar de 100 granos por transecto (Von der Ohe *et al.*, 2004), excluyendo los taxones de plantas anemófilas y/o carentes de nectarios. Los porcentajes de cada tipo polínico presente en las muestras fueron calculados y graficados mediante el programa Tilia Graph (Grimm, 2020).

Origen botánico y flora de importancia apícola

Para la determinación del origen botánico de la miel, los tipos polínicos contados se categorizaron en cinco clases de frecuencia siguiendo los criterios descritos por Louveaux *et al.* (1978) y la NOM-004-SAG/GAN-2018 (SAG/GAN, 2018): polen predominante ($\geq 45\%$); polen secundario (16-44%); polen de importancia menor (3-16%); polen menor (1-3%) y polen presente ($< 1\%$). De acuerdo con las frecuencias presentadas, se denominaron mieles monoflorales las muestras que presentaron un taxón dominante $\geq 45\%$, mientras que las mieles multiflorales a su vez fueron sub-clasificadas como biflorales, con dos taxones de diferentes familias presentes entre el 16 y 45%; oligoflorales, con dos o más taxones de la misma familia entre el 16 y 45% y estrictamente multiflorales, con cuatro o más taxones de diferentes familias entre el 10 y 16% (SAG/GAN, 2018).

Por otra parte, la flora de importancia apícola fue establecida con las frecuencias porcentuales presentadas por cada taxón del análisis melisopalinológico y su importancia en la alimentación de las abejas (recurso polínico, nectarífero o nectarífero-polinífero) mediante búsqueda de información con la identificación taxonómica obtenida. Los recursos florísticos fueron clasificados en tres tipos de representatividad para las abejas con base en los criterios propuestos por Ramalho *et al.*, (1985): “principales” aquellos con frecuencias $\geq 10\%$, “secundarios” taxones entre 5 y 10% y “alternativos” entre 2 y 5%, mientras que el conjunto de todos los taxones $\geq 2\%$ se denominaron recursos “representativos”.



Resultados y Discusión

Melisopalinología

Durante el análisis palinológico de las seis muestras de miel se observaron en total 99 tipos polínicos correspondientes a 47 familias botánicas y 93 géneros. La muestra M44 del municipio de Zapotlán el Grande presentó la mayor diversidad con 49 tipos polínicos, mientras que la muestra M43 de Teocaltiche presentó la menor con 19 tipos. *Salix* spp., *Eucalyptus* spp. y *Prosopis* spp. fueron los taxones más comunes al presentarse en cinco de las seis muestras de miel, mientras que *Persea americana* y *Prunus* sp. resultaron con la menor representación (Tabla 2).

Tabla 2. Taxones y porcentaje de frecuencia presentes en muestras de miel del Estado de Jalisco en temporada de secas 2021. Polen presente < 1.0% (+). Se incluye tipo de recurso floral: N= Nectarífera, P= Polinífera, R= Propóleo, A= Polen anemófilo, M= Mielato. Se incluye tipo de estrato H= Herbáceo, A = Arbóreo, B= Arbustivo.

Taxón	Primavera 2021						Recurso	Estrato
	M39	M43	M44	M45	M48	M49		
Acanthaceae								
<i>Justicia</i> sp.	--	--	--	--	--	0.2	--	H
<i>Ruellia</i> sp.	--	--	--	--	--	0.2	--	H
Amaranthaceae								
<i>Alternanthera</i> sp.	--	--	--	--	--	0.8	N	H
<i>Amaranthus</i> sp.	--	--	--	+	+	0.2	N, P	H
<i>Amaranthus spinosus</i>	--	--	--	--	0.2	--	N, P	H
Anacardiaceae								
<i>Mangifera indica</i>	--	--	--	--	--	+	N, P	A
<i>Schinus molle</i>	--	--	13.52	--	--	--	N, P, M	A
<i>Spondias</i> sp.	--	0.6	--	--	--	--	M	A
Apiaceae								
Apiaceae Tipo I	--	--	+	--	--	--	--	H
Araceae								
Araliaceae								
<i>Dendropanax arboreus</i>	--	--	--	2.6	0.2	--	M	A
Asteraceae								
<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	--	--	--	44	--	--	N, P	B
<i>Podachaenium eminens</i>	1.17	--	2.66	--	--	--	--	B
<i>Sonchus</i> sp.	--	--	0.41	--	--	--	N, P, M	H
Tipo I	0.39	0.2	0.2	+	2.6	2.4	--	H
Tipo II	--	--	0.2	--	0.8	+	--	H
Tipo III	--	--	--	--	0.2	+	--	H
Basellaceae								



<i>Basella</i> sp.	--	--	--	--	+	--	--	H
Betulaceae								
<i>Alnus</i> Tipo I	--	--	+	+	--	--	P	A
<i>Alnus</i> Tipo II	--	--	--	+	--	--	P	A
Bignoniaceae								
<i>Tabebuia</i> spp.	--	--	--	--	--	0.2	N, P	A
Boraginaceae								
<i>Tournefortia</i> sp.	--	--	+	--	0.8	--	N, P	H
Brassicaceae								
<i>Raphanus</i> sp.	0.98	--	14.34	+	--	--	M	H
Burseraceae								
<i>Bursera</i> Tipo I	--	--	+	--	--	+	N, P, M	A
<i>Bursera</i> Tipo II	--	--	--	--	--	+	N, P, M	A
Cactaceae								
<i>Epiphyllum anguliger</i>	--	--	--	--	--	0.2	N	B
<i>Opuntia</i> sp.	--	--	--	+	--	--	P, N	B
<i>Pachycereus pecten-aboriginum</i>	--	--	--	--	--	+	N	B
<i>Pereskiaopsis</i> sp.	0.59	--	--	--	--	--	--	B
Campanulaceae								
<i>Lobelia laxiflora</i>	--	--	--	+	--	--	N	H
Chloranthaceae								
<i>Hedyosmum mexicanum</i>	+	--	--	--	--	--	N	A
Clethraceae								
<i>Clethra mexicana</i>	--	--	--	10.2	--	--	N, P, M	H
Combretaceae								
<i>Bucida buceras</i>	--	--	1.02	+	--	--	M	A
Cucurbitaceae								
<i>Cucumis sativus</i>	--	--	--	--	--	1.4	N, P	H
<i>Cucurbita</i> sp.	--	--	--	--	--	0.2	--	H
<i>Cyclanthera</i> sp.	--	--	0.2	--	--	--	M	H
<i>Sechium edule</i>	0.2	--	0.2	--	--	+	N, P	H
Euphorbiaceae								
<i>Euphorbia milii</i>	--	--	+	--	--	--	--	A
<i>Euphorbia</i> Tipo I	0.39	0.4	+	0.2	+	0.2	N, P	A
<i>Ricinus communis</i>	4.88	--	3.28	--	0.6	1.8	N, P	B
Fabaceae								
<i>Aeschynomene</i> sp.	--	--	--	--	+	--	N	H
<i>Apoplanesia paniculata</i>	3.71	--	--	--	--	4.2	--	A
<i>Coursetia</i> sp.	--	--	--	--	--	42.7	--	A
<i>Melilotus indica</i>	--	6.2	0.2	--	--	--	--	H
<i>Mimosa</i> sp.	--	0.4	2.25	4	--	--	N, P, M	B
<i>Pithecellobium dulce</i>	0.2	--	--	--	--	0.6	N, P, R	A



<i>Prosopis</i> spp.	84.18	47.2	1.84	--	0.2	38.3	N, P, R	A
<i>Senna</i> sp.	+	--	--	--	--	+	N, P	A
<i>Vachellia</i> sp.	0.59	--	1.02	--	--	+	N, P, M, R	A
Lamiaceae								
<i>Salvia</i> sp.	0.2	0.2	--	--	--	--	M	H
<i>Salvia iodantha</i>	--	--	--	+	--	--	N	H
<i>Salvia mexicana</i>	--	--	--	0.8	--	--	N	H
<i>Stachys</i> sp.	--	--	--	--	0.4	--	--	H
Lauraceae								
<i>Persea americana</i>	0.2	--	0.2	7.4	--	--	N	A
Liliaceae								
Liliaceae Tipo I	--	--	0.41	--	0.2	--	--	H
Lythraceae								
<i>Cuphea</i> sp.	--	--	+	--	--	--	N	H
<i>Punica granatum</i>	--	--	3.48	0.6	--	--	--	A
Malvaceae								
<i>Abutilon ellipticum</i>	--	--	--	--	+	--	N, P	B
<i>Anoda cristata</i>	--	--	--	+	--	--	--	H
<i>Heliocarpus</i> sp.	0.75	--	+	--	+	--	N, P	A
<i>Tilia</i> sp.	--	--	--	+	--	--	N, P	A
<i>Triumfetta</i> sp.	--	--	--	--	--	1.6	N, P	A
Martyniaceae								
<i>Martynia</i> sp.	--	--	--	--	--	0.2	--	H
Meliaceae								
<i>Azadirachta indica</i>	--	--	+	--	--	--	N	A
<i>Trichilia</i> spp.	--	--	+	--	--	--	N	A
Moraceae								
<i>Ficus</i> sp.	+	--	--	--	--	--	P, A	A
<i>Trophis</i> sp.	--	--	+	--	--	--	P, A	A
Myrtaceae								
<i>Eucalyptus</i> sp.	0.2	0.4	39.55	--	42	0.2	N, P, M	A
<i>Eugenia</i> sp.	--	--	1.84	--	--	--	N, P, M	A
Nyctaginaceae								
<i>Bougainvillea</i> sp.	--	+	--	--	--	--	--	B
<i>Pisonia</i> sp.	--	--	+	--	--	--	N	B
Oleaceae								
<i>Fraxinus uhdei</i>	--	--	+	+	--	+	P	A
Onagraceae								
<i>Lopezia racemosa</i>	--	+	+	0.2	--	--	N, P	H
<i>Fuchsia</i> sp.	--	--	--	+	--	--	N, P	H
<i>Oenothera</i> sp.	--	--	--	--	+	--	N, P	H
Papaveraceae								



<i>Argemone ochroleuca</i>	1.37	2.6	0.61	--	0.2	0.2	N, P	B
Passifloraceae								
<i>Passiflora foetida</i>	--	0.2	--	--	--	--	--	H
Phytolaccaceae								
<i>Phytolacca</i> sp.	--	+	0.2	--	--	--	N, P	B
Pinaceae								
<i>Pinus</i> sp.	--	+	+	+	--	+	P, A	A
Poaceae								
<i>Aegopogon</i> sp.	--	--	--	+	--	--	P, A	H
<i>Poaceae</i> Tipo I	--	--	--	+	+	--	P, A	H
<i>Poaceae</i> Tipo II	--	--	--	--	--	--	P, A	H
<i>Zea mays</i>	--	--	+	--	--	+	P, A	H
<i>Ranunculus</i> sp.	--	--	--	1	--	--	N, P	H
Rhamnaceae								
<i>Ziziphus mexicana</i>	--	--	--	0.2	--	0.2	P	B
Rosaceae								
<i>Fragaria</i> sp.	--	--	+	--	2.6	--	N, P	H
<i>Prunus serotina</i>	--	--	+	8.6	2	--	N, P, M	B
<i>Rosaceae</i> Tipo I.	--	4	+	--	0.4	+	--	H
<i>Rubus</i> spp.	--	--	2.46	--	35	--	N, P	B
Rutaceae								
<i>Citrus</i> sp.	--	--	0.92	--	--	0.2	N	A
Salicaceae								
<i>Salix</i> sp.	--	28.2	7.58	20.2	11.6	0.6	N, P, R	A
Sapindaceae								
<i>Paullinia</i> sp.	--	--	--	+	--	--	N	B
<i>Thouinia serrata</i>	--	--	0.2	--	+	0.4	M	A
Scrophulariaceae								
<i>Buddleja</i> sp.	--	--	+	+	--	--	M	H
Solanaceae								
<i>Capsicum annuum</i>	--	--	--	--	--	2.6	N, P	H
<i>Solanum</i> sp.	--	9.4	+	--	--	--	N, P	H
Verbenaceae								
<i>Glandularia bipinnatifida</i>	--	--	--	+	--	--	N-P	H
<i>Lippia graveolens</i>	--	+	--	--	--	--	--	H
Vitaceae								
<i>Vitis</i> sp.	--	--	0.2	--	--	0.2	--	H
Zygophyllaceae								
<i>Kallstroemia maxima</i>	--	--	--	--	--	+	M	H
No identificados								
No identificado I	--	--	1.01	+	--	--	--	--
No identificado II	--	--	--	+	--	--	--	--
No identificado III	--	--	--	+	--	--	--	--



Las familias Fabaceae, Asteraceae, Brassicaceae, Clethraceae, Anacardiaceae, Myrtaceae, Rosaceae y Salicaceae fueron las más representativas entre las seis muestras de miel con un porcentaje de frecuencia entre 10.2 y 88.65 %. De forma consecutiva se encontraron las familias Euphorbiaceae, Lauraceae y Solanaceae con una aparición entre el 5.27 y 9.4% (Figura 2, Tabla 2). La familia Fabaceae registró el mayor número de tipos polínicos (11), seguido de las familias Asteraceae y Malvaceae (6), aunque esta última con frecuencias bajas en las muestras. Las familias Asteraceae, Fabaceae y Myrtaceae se encontraron en todas las mieles, seguido de las familias Salicaceae (4), Rosaceae (4) y Euphorbiaceae (3) (Anexo I).

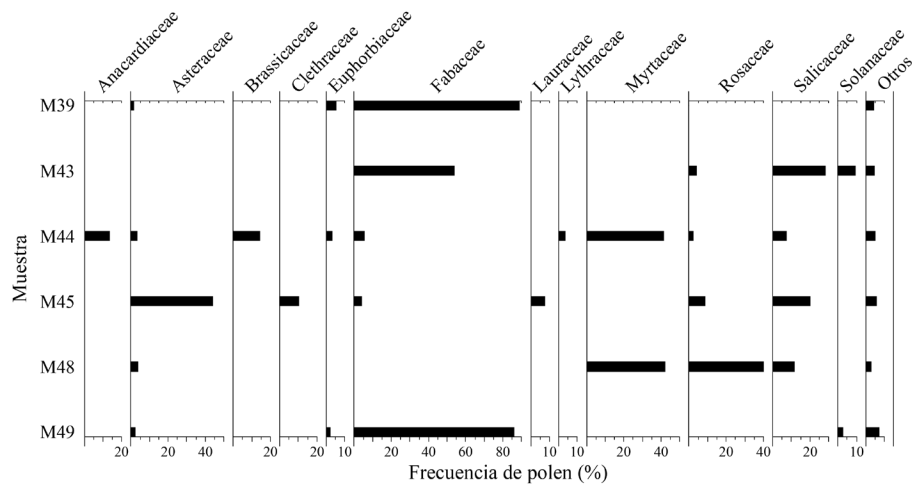


Figura 2. Frecuencias de polen de las principales familias botánicas presentes en seis muestras de miel de temporada de secas del estado de Jalisco

De acuerdo con los criterios normativos, 14 taxones destacaron como recursos principales para la producción de miel (Figuras 3 y 4, Tabla 2). *Prosopis* spp. como taxón dominante por presentar contenidos mayores a 45%; *Coursetia* sp., *Barkleyanthus salicifolius*, *Rubus* spp., *Eucalyptus* spp. y *Salix* sp.1 y sp.2, clasificados como taxones secundarios por presentar frecuencias entre 16 y 45%, mientras que *Clethra mexicana*, *Melilotus indicus*, *Persea americana*, *Prunus* sp., *Raphanus* sp., *Salix* sp.2, *Schinus molle* y *Solanum* sp. se clasificaron de importancia menor, presentes entre 3 y 16%.

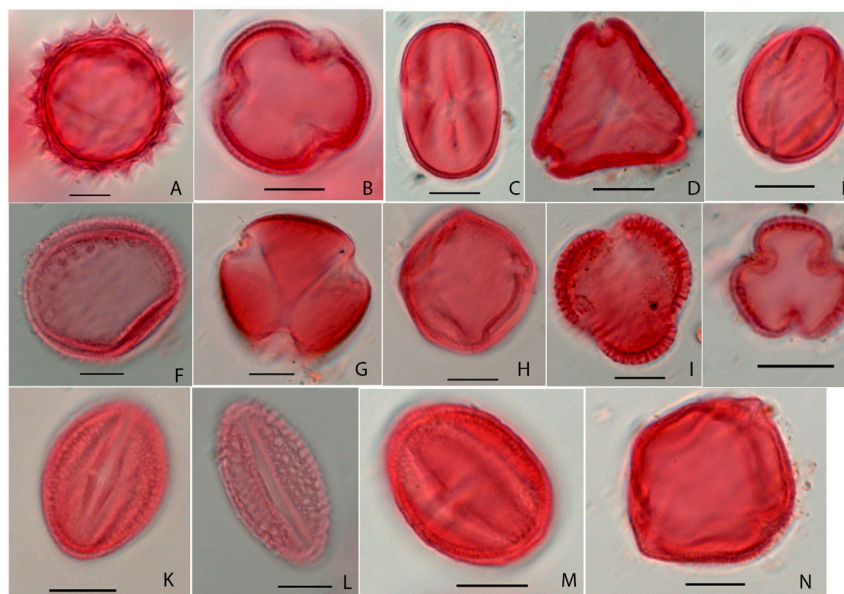


Figura 3. Morfología polínica de los taxones principales presentes en las muestras de miel de temporada de secas en el estado de Jalisco. **A.** *Barkleyanthus salicifolius*. **B.** *Clethra mexicana*. **C.** *Coursetia* sp. **D.** *Eucalyptus* spp. **E.** *Melilotus indicus*. **F.** *Persea americana*. **G.** *Prosopis* spp. **H.** *Prunus* sp. **I.** *Raphanus* sp. **J.** *Rubus* spp. **K.** *Salix* sp.1. **L.** *Salix* sp.1. **M.** *Schinus molle*. **N.** *Solanum* sp.

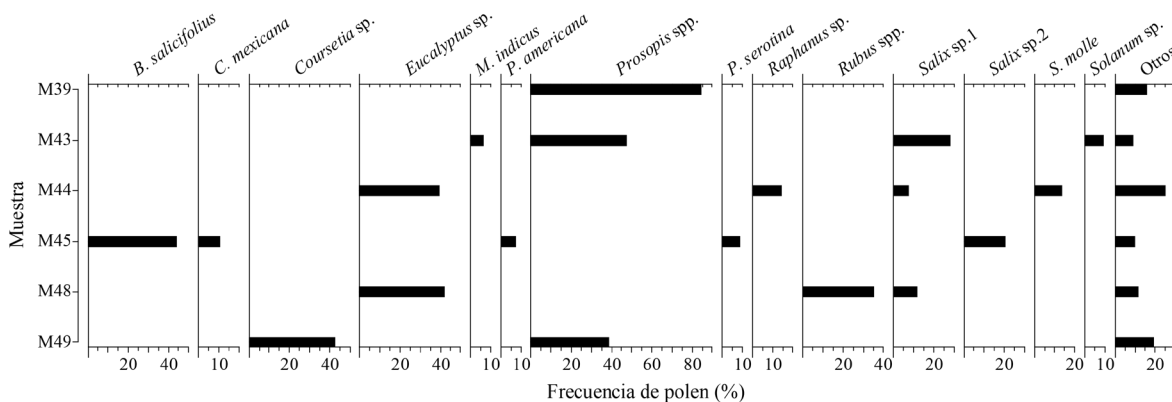


Figura 4. Representatividad de géneros botánicos en muestras de miel de temporada de secas 2021 del estado de Jalisco

La diversidad de tipos polínicos encontrada en las muestras de miel del presente estudio concuerda con el tipo de vegetación predominante y la vegetación observada en los sitios de producción, lo que refleja la riqueza florística del estado y la influencia de la actividad agrícola. Como parte de esta diversidad florística se encontraron plantas nativas del bosque espinoso (*Prosopis* sp.), bosque mesófilo de montaña y bosque de pino y encino (*B. salicifolius*, *C. mexicana*, *P. serotina* y *Salix* sp.), bosque tropical caducifolio (*Coursetia* sp.), elementos ruderales (*M. indicus*, *Solanum* sp. y *Raphanus* sp.) y plantas de ornato o cultivo introducidas (*Eucalyptus* spp., *P. americana*, *Rubus* spp. y *S. molle*) (CONABIO, 2012; Rodríguez-Contreras, 2017).



Flora de importancia apícola y estrato vegetal

De los taxones encontrados en la miel, 24 fueron considerados como recursos alimenticios representativos para las abejas durante la temporada de secas por presentar frecuencias mayores al 2%, correspondientes principalmente al estrato arbóreo, seguido del herbáceo y por último el arbustivo (Tabla 2). De estos, nueve fueron subclasificados como principales: *B. salicifolius*, *C. mexicana*, *Coursetia* sp., *Prosopis* spp., *Eucalyptus* spp., *Rubus* spp., *Salix* spp. y *S. molle*; cuatro secundarios: *M. indicus*, *P. americana*, *Prunus serotina* y *Solanum* sp. y diez alternativos: *Dendropanax arboreus*, *Podachaenium eminens*, *Ricinus communis*, *Apoplanesia paniculata*, *Punica granatum*, *Argemone ochroleuca*, Rosaceae Tipo I, *Fragaria* sp., *Capsicum annuum* y *Mimosa* sp. La presencia y frecuencia de estos taxones en la miel está relacionada con los patrones fenológicos y número de especies en floración encontrados en las localidades durante el tiempo de estudio y la relación existente entre *A. mellifera* y las flores de estos taxones como fuentes importantes de néctar y polen, donde la abeja destaca como uno de los principales polinizadores (Molan, 1996; Abou-Shaara, 2014), por tal motivo fueron considerados como flora de importancia apícola.

Origen botánico de miel

Con base en las frecuencias polínicas presentadas, las mieles M39 y M43 se denominaron monoflorales de mezquite por presentar un tipo polínico dominante (*Prosopis* sp.). Las mieles M45 y M48 resultaron ser biflorales por presentar dos tipos polínicos secundarios, la M48 de eucalipto y frutillas (*Eucalyptus* sp. y *Rubus* spp.) y la M45 de senecio y sauce (*B. salicifolius* y *Salix* sp2). La miel M49 se denominó oligofloral por presentar dos taxones de la misma familia mezquite y palo dulce (*Prosopis* sp. y *Coursetia* sp.) con frecuencias entre 16 y 45%. La miel M44 estrictamente multifloral por contener más de dos tipos polínicos de diferente familia entre 16 y 45% (Figura 3, Tabla 2).

Las mieles monoflorales M39 y M43, provenientes de apiarios de trashumancia ubicados en Acatlán de Juárez y Teocaltiche, mostraron abundancia de polen de *Prosopis* spp., recurso asociado a la preferencia de *A. mellifera* por dicha flora. Se trata de regiones áridas con plantas adaptadas a las condiciones existentes en las que el mezquite es el elemento más conspicuo, el cual presenta su máxima floración en temporada de primavera (Golubov Mandujano *et al.*, 2017). Estas regiones son muy conocidas por los apicultores, quienes movilizan sus colmenas hacia estas zonas debido a la alta floración en temporada de secas, cuando



otras regiones carecen de recursos. *Prosopis* spp. se ha presentado como recurso predominante y secundario en mieles de primavera de Baja California, Durango y Sonora (Burboa, 2004; Alaniz *et al.*, 2017; Martínez-Jiménez, 2020), lo que concuerda con los resultados del presente trabajo. La miel M49 del municipio de Acatlán también presentó mezquite en frecuencias secundarias (38.3%), lo que evidencia su presencia generalizada como vegetación nativa y su importancia apícola previamente reportada por otros autores (Lorente, 1992; Novoa, 1994).

En referencia a las mieles M44, M45, M48 y M49, los porcentajes polínicos resultantes mostraron que, a pesar de que los apiarios se encontraban dentro o cerca de cultivos agrícolas intensivos, las abejas buscaron recursos adicionales. Las frecuencias de polen de los cultivos en cuestión fueron M44: 0.92% polen de cítricos, M45: 7.4% polen de aguacate, M48: 35% polen de frutillas y M49 no presentó polen de caña. Entre las razones que explican dicho comportamiento se encuentran que *B. salicifolius* (senecio), *Eucalyptus* sp. (eucalipto), *Salix* sp. (sauce), *Prosopis* spp. (mezquite) y *Coursetia* sp. (palo dulce), que aparecen en las muestras en altas proporciones, resultan ser recursos preferidos por *A. mellifera* (Bond & Brown, 1979; Willmer *et al.*, 1994; Ish-Am & Eisikowitch, 1998; Dötterl *et al.*, 2014). Este comportamiento selectivo evidencia la influencia de la calidad y disponibilidad de los recursos florales en la composición botánica de la miel. Otro factor que puede intervenir en la preferencia de las abejas es que los cultivos intensivos son frecuentemente fumigados y los compuestos detectados por las abejas que procuran evitarlos.

En particular, para la muestra M49, proveniente de Autlán de Navarro, cuyo apiario se ubicó frente a cultivo de caña, no se observó polen de dicha planta ya que esta es cosechada antes de la floración. Además de este fenómeno fenológico, fue evidente la preferencia manifestada por las abejas hacia los recursos de mezquite y palo dulce, en detrimento de las flores asociadas a los cultivos presentes en la zona de estudio.

En términos generales, los taxones encontrados en las mieles de cultivos fijos han sido descritos previamente como flora de importancia apícola en el estado de Jalisco (De la Mora, 1988; Lorente, 1992; Novoa, 1994; Quintero-Domínguez, 2019). *A. Rubus* spp. se ha reportado en miel del municipio de Poncitlán en frecuencias de importancia menor (8.5%) y secundario (23.8%) para las temporadas de secas y lluvias respectivamente, coincidiendo con el incremento de cultivo de frambuesa y zarzamora en la zona (Quintero-Domínguez, 2019). Araujo y Redonda (2019) reportaron frecuencias tanto de menor importancia como secundario de *Salix* spp. en miel de temporada de lluvias en el estado de Michoacán. Por otra parte, *Eucalyptus* sp. ha sido reportado en concentraciones entre 1.5



y 41.83% en miel de los estados de Jalisco y Michoacán (Araujo & Redonda, 2019; Quintero-Domínguez, 2019), los cuales coinciden con el presente trabajo en que el apiario estaba situado cercano a asentamientos urbanos donde forma parte de la flora ornamental.

La miel M45 fue clasificada como bifloral de *B. salicifolius* y *Salix* sp.; sin embargo, presentó características organolépticas típicas de miel de aguacate, con una representación baja de polen (7.4%). Las bajas frecuencias de polen de aguacate en la miel han sido reportadas en estudios internacionales previos y son atribuidos a una baja producción de polen en las flores de *P. americana*, aunada al comportamiento de dicogamia sincronizada, protoginia y sincronía diurna de la floración (Ish-Am & Eisikowitch, 1998; Terrab *et al.*, 2004; Dag *et al.*, 2005). Diversos autores han propuesto reformar los criterios de clasificación para la miel de aguacate dadas las particularidades de la misma (Terrab *et al.*, 2004).

Los resultados de la palinología mostraron, por una parte, respaldo al conocimiento tradicional de los apicultores que mueven sus colmenas en búsqueda de floraciones durante temporadas de escasez de recurso, obteniéndose productos que así lo reflejan. Por otra parte, se documentó la importancia de la flora nativa en la producción de miel en la región, incluso a pesar de existir cultivos agrícolas próximos a los apiarios, mostrando preferencias diferenciadas en el comportamiento de *A. mellifera*.

Conclusiones

Basados en los resultados obtenidos, los recursos nectaríferos-poliníferos aprovechados por *A. mellifera* para la producción de miel en el estado de Jalisco en temporada de secas resultaron mayoritariamente basados en la vegetación nativa de la región, aunque se observaron también plantas introducidas de uso agrícola y ornamental. Las especies de la familia Fabaceae se reafirman como grandes recursos de importancia apícola para el estado, particularmente el mezquite (*Prosopis* spp.) y palo dulce (*Coursetia* sp.). El origen botánico de las mieles en los sitios donde se practica trashumancia resultó ser monoflorales de mezquite; mientras que, en los sitios fijos con cultivos agrícolas cercanos, las mieles fueron principalmente biflorales. A partir de lo encontrado, se recomienda continuar con estudios integrales para abarcar mayor número de muestras, el período anual completo de producción de miel y también ampliar los trabajos para determinar asociaciones entre el origen floral y las características fisicoquímicas y organolépticas. En este contexto, la diferenciación de las mieles permitiría un acercamiento con el consumidor, ya que se facilita su vínculo con propiedades sensoriales y terapéuticas, redirigiendo a mercados selectos y de mayor valor agregado.



Conflicto de interés

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Financiamiento

El presente trabajo contó con el financiamiento del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a través del proyecto 297012.

Agradecimientos

Se agradece a CONACYT por la beca de maestría 1057804 de Diego M. Cortez-Valladolid. Los autores agradecen el apoyo de los apicultores Ivel Orozco, Rodolfo Flores, Raúl Bravo y Salvador Hernández por la donación de material para el presente trabajo.

Referencias

- Abou-Shaara, H.F. (2014). The foraging behaviour of honeybees, *Apis mellifera*: A review. *Veterinarni Medicina*, 59(1), 1-10. doi.org/10.17221/7240-VET-MED
- Alaniz-Gutiérrez, L., Ail-Catzim, C.E., Villanueva-Gutiérrez, R., Delgadillo-Rodríguez, J., Ortiz-Acosta, M.E., García-Moya, E. & Cervantes, M. (2017). Caracterización palinológica de mieles del Valle de Mexicali, Baja California, México. *Polibotánica*, 43(22),1-29. doi.org/10.18387/polibotanica.43.12
- Araujo-Mondragón, F., & Redonda-Martínez, R. (2019). Melliferous flora of the central-eastern region of the municipality of Pátzcuaro, Michoacán, Mexico. *Acta Botanica Mexicana*, 126,1–20. doi.org/10.21829/abm126.2019.1444
- Armbruster, W.S. (2012). Evolution and ecological implications of “specialized” pollinator rewards. En S. Patiny (ed.), *Evolution of Plant–Pollinator Relationships* (Systematics Association Special Volume Series, pp. 44-67). Cambridge University Press. doi.org/10.1017/CBO9781139014113
- Bond, H.W., & Brown, W.L. (1979). The Exploitation of Floral Nectar in *Eucalyptus incrassata* by Honeyeaters and Honeybees. *Oecologia*, 44,105-111. doi.org/10.1007/BF00346407



- Burboa-Zazueta, M.G. (2004). *Identificación y caracterización de compuestos fenólicos presentes en la miel de mezquite (Prosopis spp.) y palo fierro (Olneya tesota): marcadores químicos del origen botánico* (Tesis de Doctorado, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C.). Repositorio institucional CIAD. <https://ciad.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1006/460>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2012). *Malezas de México*. <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/2inicio/home-malezas-mexico.htm> (visitado el 8 de febrero de 2022).
- Dag, A., Afik, O., Yeselson, Y., Schaffer, A., & Shafir, S. (2006). Physical, chemical and palynological characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) honey in Israel. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(4), 387–394. doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.01081.x
- De la Mora-González, C.H. (1988). *Flora de utilidad apícola en Jalisco* (Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara). Repositorio institucional UdeG. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/1325>
- Dötterl, S., Glück, U., Jürgens, A., Woodring, J., & Aas, G. (2014). Floral reward, advertisement and attractiveness to honeybees in dioecious *Salix caprea*. *PLoS ONE*, 9, 1–11. doi.org/10.1371/journal.pone.0093421
- Golubov, J., Mandujano, M.C., Martínez, A.J., & López-Portillo, J. (2010). Bee diversity on nectarful and nectarless honey mesquites. *Journal of Insect Conservation*, 14, 217–226. doi.org/10.1007/s10841-009-9248-8
- Grimm, E.C. (2020). *Tilia Software, version 3.0.1*. Illinois State Museum, Springfield IL.
- Instituto de Información Estadística de Jalisco. (2022). *Geografía y Medio Ambiente*. <https://iieg.gob.mx> (visitado 6 de febrero, 2022).
- Ish-Am, G., & Eisikowitch, D. (1998). Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 73(2), 195–204. doi.org/10.1080/14620316.1998.11510965
- Lorente-Adame, M.P. (1992). *Plantas de importancia apícola en tres localidades de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco, México*. (Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara). Repositorio institucional UdeG. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2528>
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1978). Methods of Melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. doi.org/10.1080/0005772x.1978.11097714
- Martin, A.C., & Harvey, W.J. (2017). The Global Pollen Project: a new tool for pollen identification and the dissemination of physical reference collections. *Methods Ecol Evol*, 8, 892–897. doi:10.1111/2041-210X.12752



- Martínez-Jiménez, J.T. (2020). *Caracterización Palinológica de los recursos florales utilizados por Apis mellifera (Apidae) en la región de los Valles, Durango, México* (Tesis Maestría en Biociencias, Instituto Politécnico Nacional). Repositorio institucional IPN. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/28345?show=full>
- Molan, P.C. (1996). Authenticity of honey. En P.R. Ashurst, & M.J. Dennis (eds), *Food Authentication* (pp. 259-303). Springer, Boston MA. doi.org/10.1007/978-1-4613-1119-5_8
- Novoa-Lara, C.P. (1994). *Flora de importancia apícola de Cofradía del Rosario, municipio de Amacueca, Jalisco, México* (Tesis de Licenciatura, Universidad de Guadalajara). Repositorio institucional UdeG. <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/2709>
- PalDat – a palynological database (2000 onwards, www.palдат.org)
- Quintero-Domínguez, R. (2019). *Determinación del espectro polínico corbicular y de miel de abeja (Apis mellifera), de Huejotitán, Jalisco* (Tesis de Doctorado, Universidad de Guadalajara).
- Ramalho, M., Imperatriz-Fonseca, V.L., Kleinert-Giovannini, A., & Cortopassi-Laurino, M. (1985). Exploitation of floral resources by *Plebeia remota* Holmberg (Apidae, Meliponinae). *Apidologie*, 16(3), 307-330. doi.org/10.1051/apido:19850306
- Rodríguez, A. (2017). Ecorregiones terrestres. En Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (ed.), *La Biodiversidad en Jalisco. Estudio de Estado*. (Vol. 2, pp. 27-60). CONABIO.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Norma Oficial Mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones*. Diario Oficial de la Federación.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019). *Panorama Agroalimentario 2019. Un cambio productivo, inclusivo y sustentable para alimentar a México*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Terrab, A., Pontes, A., Heredia, F.J., & Díez, M.J. (2004). Palynological and geographical characterization of avocado honeys in Spain. *Grana*, 43(2), 116–121. doi.org/10.1080/00173130310017634
- Von Der Ohe, W., Persano-Oddo, L., Piana, M.L., Morlot, M., & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35(1), 18-25. doi.org/10.1051/apido:2004050
- Willmer, P.G., Bataw, A.A.M., & Hughes, J.P. (1994). The superiority of bumblebees to honeybees as pollinators: insect visits to raspberry flowers. *Ecological Entomology*, 19(3), 271–284. doi.org/10.1111/j.1365-2311.1994.tb00419.x

