



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN ZOOTECNIA
POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

CALIDAD DE MIEL DE ABEJA Y PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA APICULTURA EN CAMPECHE Y QUINTANA ROO, MÉXICO

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

PRESENTA
TERESA CASTILLO MARTÍNEZ

Bajo la supervisión de: J. Guadalupe García Muñiz, Ph.D.



Chapingo, Estado de México, marzo 2021



APROBADA



**CALIDAD DE MIEL DE ABEJA Y PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA
APICULTURA EN CAMPECHE Y QUINTANA ROO, MÉXICO**

Tesis realizada por **TERESA CASTILLO MARTÍNEZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



Ph.D. J. Guadalupe García Muñiz

CO-DIRECTOR:



Dr. Jorge Aguilar Ávila

ASESOR:



Ph.D. Rodolfo Ramírez Valverde

LECTOR EXTERNO:



Dr. Jorge Euclides Tello Durán

CONTENIDO

| | |
|---|------|
| LISTA DE CUADROS | ii |
| LISTA DE FIGURAS | iii |
| AGRADECIMIENTOS..... | v |
| DATOS BIOGRÁFICOS..... | vi |
| RESUMEN GENERAL..... | vii |
| GENERAL ABSTRACT..... | viii |
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL | 1 |
| CAPÍTULO 2. CALIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA DE MIEL MEXICANA DE ABEJA <i>Apis mellifera</i> PARA EXPORTACIÓN A LA UNIÓN EUROPEA. REVISIÓN..... | 7 |
| CAPÍTULO 3. SUGARS AND °BRIX IN HONEY FROM <i>Apis mellifera</i> , <i>Melipona beecheii</i> , AND COMMERCIAL HONEY FROM A LOCAL MARKET IN MEXICO | 29 |
| CAPÍTULO 4. PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA APICULTURA EN CAMPECHE Y QUINTANA ROO, MÉXICO..... | 44 |
| CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES..... | 65 |

LISTA DE CUADROS

CAPÍTULO 2

| | |
|--|----|
| Cuadro 1. Parámetros de calidad e inocuidad de miel de abeja <i>Apis mellifera</i> , según la NMX-F-036-NORMEX-2006 y el Codex Alimentarius (2019). | 11 |
| Cuadro 2. Regulaciones aplicables para residuos de antibióticos en miel de abeja. | 16 |
| Cuadro 3. Metodología para la preparación de la muestra de miel de abeja, con el fin de determinar residuos de antibióticos. | 19 |
| Cuadro 4. Condiciones del cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) para el análisis de antibióticos en miel de abeja. | 22 |

CAPÍTULO 3

| | |
|--|----|
| Table 1. Origin and distribution of the honey samples analyzed in this study. ... | 32 |
| Table 2. Descriptive statistics for the composition of sugars and °Brix in honey from <i>Apis mellifera</i> , <i>Melipona beecheii</i> , and product marketed as honey in a local market in Mexico. | 36 |

CAPÍTULO 4

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Distribución de apicultores contenidos en la muestra de estudio. | 49 |
| Cuadro 2. Atributos de los apicultores en los estados de Campeche y Quintana Roo, México. | 52 |
| Cuadro 3. Generación de empleo en la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México. | 54 |
| Cuadro 4. Características de las unidades de producción apícola en los estados de Campeche y Quintana Roo, México. | 56 |

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

- Figure 1. Concentration of fructose and glucose in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as honey in a local market in Mexico..... 37
- Figure 2. Fructose + glucose concentration and fructose: glucose ratio in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as bee honey in a local market in Mexico. 39
- Figure 3. °Brix in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as bee honey in a local market in Mexico..... 39
- Figure 4. Solutions to the fitted regression lines of °Brix on the concentration of fructose (left panel) and glucose (right panel) in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees..... 40
- Figure 5. Solutions to the fitted regression lines of °Brix on the concentration of fructose + glucose and the fructose:glucose ratio in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees..... 40

CAPÍTULO 4

- Figura 1. Diversificación de la producción apícola en los estados de Campeche y Quintana Roo, México..... 57
- Figura 2. Importancia de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México. 58
- Figura 3. Percepción de los apicultores respecto a su unidad de producción en los estados de Campeche y Quintana Roo, México..... 59
- Figura 4. Porcentaje de ingresos de los apicultores proveniente de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México..... 60

DEDICATORIA

A mis padres Lidia Martínez Olivera y Marcial Castillo Vivanco, por otorgarme el don de la vida, enseñarme a conducirme con honestidad y hacerme saber que las cosas que realmente valen la pena requieren de esfuerzo y sacrificio.

A mis hermanos, sobrinos y amigos que han estado presente en mi vida y me han acompañado a lo largo de mi formación académica y profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme disfrutar la vida y brindarme la confianza para alcanzar mis metas.

A la Universidad Autónoma Chapingo y en particular al Posgrado en Producción Animal, por la oportunidad que me brindó para realizar y culminar mis estudios de doctorado.

Al Pueblo de México, que a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), me brindó el apoyo económico para poder realizar mis estudios de doctorado y la presente investigación.

Al Ph.D. José Guadalupe García Muñoz, Dr. Jorge Aguilar Ávila y Ph.D. Rodolfo Ramírez Valverde, por compartir sus conocimientos, experiencias, por sus acertadas observaciones y sugerencias, y sobre todo por su valioso tiempo para llevar a cabo ésta investigación. Además, por la confianza, excelentes consejos, y por acompañarme siempre en mi formación académica y profesional.

A la M.C. Cecilia García Osorio, por el apoyo brindado para los análisis de laboratorio y por sus valiosas aportaciones para enriquecer ésta investigación.

Al Dr. Jorge Euclides Tello Durán de la Universidad Nacional de Colombia, por ayudarme a fortalecer mis conocimientos en el área apícola, por compartir sus experiencias, por todo el apoyo que me ha brindado y por sus valiosas aportaciones para enriquecer ésta investigación.

A todos los profesores que contribuyeron en mi formación.

A los apicultores y a las empresas apícolas de los estados de Campeche y Quintana Roo, en particular a Apicultores de Champotón S.P.R. de R.I.

A los extensionistas de las Agencias de Gestión de Innovación para el Desarrollo de Proveedores Coordinadas por la Universidad Autónoma Chapingo a través del CUESTAAM, gracias a quienes se logró recabar la información que forma parte importante de esta investigación.

Muchas gracias

DATOS BIOGRÁFICOS

Teresa Castillo Martínez

Lugar y fecha de nacimiento: San Juan Coatzospam,
Oaxaca; 07 de marzo de 1979.

CURP: CAMT790307MOCSRR07

Profesión: Ingeniero Agrónomo Especialista en
Zootecnia

Cédula profesional: 4432630



FORMACION ACADÉMICA

2017-2020 Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera. Universidad
Autónoma Chapingo.

2005-2006 Maestría en Ciencias en Producción Animal. Universidad Autónoma
Chapingo.

1999-2004 Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia. Universidad
Autónoma Chapingo.

Diplomados en Apicultura, diseño de empresas y en gestión de redes de
innovación.

CONTRIBUCIÓN EN APICULTURA

Sistematización “Cadena de valor miel”: Sistematización de experiencias de la
cadena de valor miel en los estados de Campeche y Quintana Roo, México
(2013). GIZ-Ministerio de Cooperación Económica y Desarrollo Alemana,
Programa PROGRAMME Selva Maya, CCAD, CONAP y CONANP.

RESUMEN GENERAL

CALIDAD DE MIEL DE ABEJA Y PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA APICULTURA EN CAMPECHE Y QUINTANA ROO, MÉXICO¹

El objetivo de la presente investigación fue generar indicadores de puntos críticos en la producción y calidad de miel de abeja en Campeche y Quintana Roo, México. Se hizo una revisión de literatura sobre los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja mexicana para su exportación a la Unión Europea (UE). El contenido de azúcares es el parámetro de calidad más importante para determinar la pureza o adulteración de la miel de abeja. En esta investigación se analizó el contenido de azúcares y °Brix en muestras de mieles de *Apis mellifera* y *Melipona beecheii*, provenientes de varios estados de la República Mexicana, así como en muestras de miel comercial de mercado municipal en Texcoco, Estado de México. Se analizó la información de apicultores (n = 1,460) de Campeche y Quintana Roo, y se generaron indicadores socioeconómicos de la apicultura. La miel de abeja para su exportación a la UE debe contener menos de 20 % de humedad, fructosa más glucosa $\geq 60 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de miel, sacarosa $\leq 5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ de miel, Hidroximetilfurfural máximo 10 mg kg^{-1} de miel; asimismo, la miel debe estar libre de antibióticos, pesticidas y de organismos genéticamente modificados. El contenido de fructosa más glucosa en mieles de *Apis mellifera* y *Melipona beecheii* cumplieron con los estándares de la NMX-F-036- NORMEX-2006 y Codex Alimentarius; sin embargo, la miel comercializada en mercado municipal no cumplió con los estándares de las normas. La apicultura en Campeche y Quintana Roo es fuente generadora de ingresos y empleo, y es practicada por apicultores de edad avanzada, con bajo nivel de escolaridad, la mayoría de los apicultores tienen menos de 31 colmenas, es una actividad complementaria, y representa de 26 a 50 % de los ingresos totales de los apicultores en estos dos estados de la Península de Yucatán.

Palabras clave: *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, calidad e inocuidad de miel de abeja, azúcares en miel de abeja, importancia de la apicultura.

¹Tesis de Doctorado en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Teresa Castillo Martínez
Director: José Guadalupe García Muñiz

GENERAL ABSTRACT

HONEY QUALITY AND BEEKEEPING SOCIOECONOMIC PROFILE IN CAMPECHE AND QUINTANA ROO, MEXICO²

The objective of this research was to generate indicators of critical points in the production and quality of honey in Campeche and Quintana Roo, Mexico. A literature review was conducted on Mexican honey's quality and safety parameters for export to the European Union (EU). The sugar content is the most important quality parameter to determine the purity or adulteration of honey. In this research, the sugar content and °Brix were analyzed in samples of honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii*, from various Mexican Republic states, and commercial honey samples from the municipal market in Texcoco, State of Mexico. The information from beekeepers (n = 1,460) from Campeche and Quintana Roo was analyzed, and beekeeping's socioeconomic indicators were generated. Honey for export to the EU must contain less than 20 % moisture, fructose plus glucose $\geq 60 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ of honey, sucrose $\leq 5 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ of honey, Hydroxymethylfurfural maximum 10 mg kg^{-1} honey; likewise, honey must be free of antibiotics, pesticides, and genetically modified organisms. The content of fructose plus glucose in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* met the standards of the NMX-F-036-NORMEX-2006 and Codex Alimentarius. However, the honey marketed in the municipal market did not meet the standards of the regulations. Beekeeping in Campeche and Quintana Roo is a source of income and employment; elderly beekeepers practice it with low education levels, most of them with less than 31 hives per beekeeper. It is a complementary activity and represents 26 to 50 % of beekeepers' total income in these two states of the Yucatan Peninsula.

Key words: *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, quality and food safety of bee honey, sugars in bee honey, importance of beekeeping.

²Doctoral Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autónoma Chapingo

Author: Teresa Castillo Martínez

Advisor: José Guadalupe García Muñiz

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La apicultura en México tiene un alto valor social y económico (Contreras-Escareño et al., 2013) y es una de las principales actividades generadoras de divisas del sector pecuario del país (Magaña, Sanginés, Lara, Salazar, & Leyva, 2017). De ella dependen aproximadamente 43 mil apicultores, que en conjunto poseen 2 millones de colmenas (SADER, 2020). La presencia de apicultores con experiencia en el manejo de las abejas, así como las condiciones agroclimáticas y florísticas favorables del país ha permitido que México se ubique como el décimo país productor de miel (después de China, Turquía, Canadá, Argentina, Irán, Estados Unidos de América, Ucrania, India y Rusia) y séptimo exportador en el mundo (después de China, India, Argentina, Ucrania, Brasil y Alemania) (FAO-FAOSTAT, 2019). La producción media anual de miel de abeja en México entre 2010 a 2019 fue 58,414.0 t y el volumen de exportación durante el mismo periodo fue 33,782.0 t. Estos volúmenes de producción y exportación de miel de abeja generaron para México un ingreso promedio anual de 107.4 millones de dólares (FAO-FAOSTAT, 2019). Los principales destinos de la miel mexicana son Alemania, Estados Unidos de América, Reino Unido y Arabia Saudita. Más recientemente se ha estado promoviendo la comercialización de miel mexicana hacia nuevos destinos, dando como resultado la exportación a países no tradicionales como Bélgica, Japón y Colombia, entre otros (SADER, 2021).

Los principales estados productores y exportadores de miel en México son Yucatán, Campeche y Quintana Roo, los cuales constituyen la región de la península de Yucatán (Güemes, Villanueva, Echazarreta, Gómez, & Pat, 2006). Estos tres estados aportan en conjunto 33 % de la producción nacional de miel de abeja (SIAP, 2019). También destacan Jalisco, Chiapas, Veracruz y Oaxaca con 9.6, 8.9, 7.8 y 7.5 %, respectivamente (SIAP, 2019).

La miel de abeja se reconoce por sus propiedades nutricionales, ya que está compuesta de azúcares simples como glucosa (40 %) y fructosa (35 %),

minerales, aminoácidos, vitaminas, ácidos orgánicos y pigmentos vegetales (Machado De-Melo, de Almeida-Muradian, Sancho, & Pascual-Maté, 2017). Los azúcares de la miel de abeja no requieren transformación por los jugos gástricos para ser digeridos, ya que de forma natural la miel de abeja contiene enzimas que facilitan su digestión por las personas que la consumen (Subovsky, Castillo, Sosa, & Cano, 2002). Sin embargo, factores como uso inadecuado de medicamentos y de productos no permitidos para el control de plagas y enfermedades de las abejas, ubicación del apiario, manejo de la colmena, proceso de cosecha, extracción y almacenamiento de la miel, pueden dar lugar a problemas de calidad e inocuidad que limitan su exportación (Bogdanov, Imdorf, Charriere, Fluri, & Kilchenmann, 2003; Novelo, Tamayo, Vargas, & Sauri, 2011).

Las condiciones actuales del mercado mundial de la miel de abeja requieren la adopción de sistemas de producción más eficientes, con estrictos controles de calidad (Oyarzun, Figueroa, & Tartanac, 2005; Schütz, Lehnert, & Nüssel, 2015). Estos procedimientos deben considerar las actividades que se realizan desde la obtención de la materia prima hasta la venta del producto (SAGARPA-SENASICA, 2015). Al respecto, Porter (2008) indica que los productos de un sector o una empresa permanecen en el mercado, si satisfacen las necesidades de los clientes. Para lograr la sostenibilidad de la actividad apícola en México, es necesario establecer estrategias que permitan mejorar la productividad de la colmena, así como la calidad e inocuidad de la miel de abeja. Para ello es necesario considerar estrategias que integren la participación de todos los actores que conforman la red de valor, tales como empresas comercializadoras, autoridades públicas, universidades y centros de investigación; además de clientes y proveedores (Bruns, Hundt, & Hamer, 2015).

A pesar de que México ocupa el séptimo lugar en exportación de miel, únicamente exporta 57.8 % de su producción (FAO-FAOSTAT, 2019), debido a que no siempre se cumplen los estándares de calidad e inocuidad para

exportación y al aumento del consumo interno (SIAP, 2016a). Esta situación también se presenta en Campeche y Quintana Roo, aun cuando existen características florísticas que favorecen la producción de miel de calidad, y condiciones naturales que permiten que los apiarios sean fijos (SIAP, 2016b). En apiarios fijos se puede facilitar la implementación de innovaciones que ayuden a mejorar la producción de miel y la calidad de la misma. Sin embargo, existe poca información sobre las condiciones de las unidades de producción apícola y de los apicultores de Campeche y Quintana Roo, que indiquen cuáles son los puntos críticos para el fortalecimiento de la apicultura en estos dos estados de la Península de Yucatán.

Por otra parte, los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja que demandan los países importadores se desconocen en gran parte por los actores involucrados en la cadena de valor de la miel en México. Los importadores de la Unión Europea, en especial Alemania, establecen requisitos de calidad e inocuidad de la miel de abeja que difieren en gran parte con los señalados en el Codex Alimentarius (2019). El desconocimiento sobre los requisitos de calidad e inocuidad hace que se complique la implementación de sistemas de trazabilidad de la agroindustria exportadora a las unidades de producción apícola.

OBJETIVOS

Objetivo general

Generar indicadores que permitan definir puntos críticos en la producción y calidad de la miel de abeja en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

Objetivos específicos

1. Revisar la literatura sobre parámetros de calidad e inocuidad de miel mexicana de abeja *Apis mellifera* para su exportación a la Unión Europea, así como los efectos en la salud humana por el consumo de miel contaminada y fuentes de contaminación de ésta.

2. Determinar la composición de azúcares y grados Brix en muestras de mieles de *Apis mellifera* y *Melipona beecheii*, provenientes de varios estados de la República Mexicana y de diversas fuentes botánicas, así como en muestras de miel comercial de mercado municipal en Texcoco, Estado de México, para determinar la pureza o adulteración.
3. Calcular indicadores sociales y económicos de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México, con la finalidad de definir los puntos críticos en la sostenibilidad de la apicultura en la Península de Yucatán.

El presente trabajo está compuesto por cinco capítulos: una revisión de literatura (**Capítulo 2**) relacionada con los parámetros de calidad e inocuidad de la miel mexicana de abeja *Apis mellifera*, destinada al mercado de exportación a la Unión Europea. En este capítulo se presentan los requisitos de calidad e inocuidad de la miel de abeja para exportarse a la UE, las características fisicoquímicas, los límites máximos de residuos de antibióticos permitidos y contaminantes no permitidos. En el **Capítulo 3** se presentan los resultados del contenido de azúcares y °Brix en mieles de abejas *Apis mellifera* y *Melipona beecheii* provenientes de varios estados de la República Mexicana y de diversas fuentes botánicas, así como los correspondientes a miel comercial de mercado municipal en Texcoco, Estado de México. En el **Capítulo 4** se presentan los resultados de la caracterización socioeconómica de la apicultura de los estados de Campeche y Quintana Roo, que abarca atributos de los apicultores, atributos de las unidades de producción, generación de ingresos vía apicultura, generación de empleos y la importancia de la actividad para los apicultores. En el **Capítulo 5** se presentan las conclusiones generales de los trabajos de investigación que componen el presente documento de tesis.

LITERATURA CITADA

- Bogdanov, S., Imdorf, A., Charriere, J., Fluri, P., & Kilchenmann, V. (2003). The contaminants of the bee colony. *Swiss Bee Research Centre. Bern, Switzerland*, 1-12.
- Bruns, M., Hundt, B., & Hamer, M. (2015). Gestión de la innovación en redes y grupos agroalimentarios. In Peterson B., Nüssel M., Hamer M., Maldonado S. E., Altamirano C. J. R., Martínez H. P. A. y Valdivia A. R. (Eds.), *Gestión de la calidad y riesgos en las cadenas agroalimentarias*. Colegio de Postgraduados, México. pp. 188-197.
- Codex Alimentarius. (2019). Norma del CODEX para la Miel CODEX STAN 12-1981. Normas internacionales de los alimentos.
- Contreras-Escareño, F., Pérez, A. B., Echazarreta, C. M., Cavazos, A. J., Macías, M. J. O., & Tapia, G. J. M. (2013). Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 4 (3), 387-398.
- FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2019. Estadísticas nacionales e internacionales de producción, comercialización y valor de la miel en el periodo 2010-2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#search/Miel%20natural>. Consultado enero 2021.
- Güemes, R. F., Villanueva, G. R., Echazarreta, G. C., Gómez, A. R., & Pat, F. J. (2006). Production costs of conventional and organic honey in the Yucatán Peninsula of Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 45(3), 106-111.
- Machado De-Melo, A. A., de Almeida-Muradian, L. B., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2017). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57, 5-37.
- Magaña, M. M. A., Sanginés, G. J. R., Lara, L. P. E., Salazar, B. L. de L., & Leyva, M. C. E. (2017). Competitividad y Participación de la miel mexicana en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 43-52.
- Novelo, S. G., Tamayo, J. T., Vargas, L., & Sauri, D. E. (2011). Permanencia de Antibióticos en la miel de tahonal (*Viguiera dentata*) y su impacto en algunos factores de calidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28, 567-574.
- Oyarzun, M. T., Figueroa, Á., & Tartanac, F. (2005). Oportunidad de mejoramiento en la calidad e inocuidad de la cadena productiva de la miel en Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 101 p.
- Porter M., E. (2008). Las cinco fuerzas competitivas que le dan forma a la estrategia. *Harvard Business Review*, 86(1), 58-77.

- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2020). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-miel-mexicana-va-endulzando-el-mundo?idiom=es> [Consultada: 22 enero 2021].
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2021). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecen-exportaciones-de-miel-mexicana-agricultura?idiom=es> [Consultada: 21 febrero 2021].
- SAGARPA-SENASICA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación - Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2015). Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel. 3ª ed. 93 p. México
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2016a). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp [Consultada: 05 de diciembre de 2020].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016b. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/mexico-pais-exportador-de-miel>. [Consultada: 20 de enero de 2021].
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2019). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp [Consultada: 20 de enero de 2021].
- Schütz, V., Lehnert, S., & Nüssel, M. (2015). Definición de la calidad y su importancia. *In* Peterson B., Nüssel M., Hamer M., Maldonado S. E., Altamirano C. J. R., Martínez H. P. A. y Valdivia A. R. (Eds.), *Gestión de la calidad y riesgos en las cadenas agroalimentarias*. Colegio de Postgraduados, México. pp. 34-39.
- Subovsky, M. J., Castillo, A. E., Sosa, L. A., & Cano, N. (2002). Importancia de la calidad de la miel. *Agrotecnia*, 9, 25-28.

Este artículo fue enviado a la revista *Tropical and Subtropical Agroecosystems*

CAPÍTULO 2. CALIDAD E INOCUIDAD ALIMENTARIA DE MIEL MEXICANA DE ABEJA *Apis mellifera* PARA EXPORTACIÓN A LA UNIÓN EUROPEA. REVISIÓN

QUALITY AND FOOD SAFETY OF MEXICAN HONEY FROM *Apis mellifera* BEE FOR THE EUROPEAN UNION EXPORT MARKET. REVIEW

Teresa Castillo-Martínez¹, José Guadalupe García-Muñiz^{1*}, Rodolfo Ramírez-Valverde¹, Jorge Aguilar-Ávila²

¹*Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México. Email: castillo_223@yahoo.com.mx, jgarciamppa@hotmail.com, rrv33@hotmail.com*

²*Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México. e-mail: jaguilar@ciestaam.edu.mx*

**Autor de correspondencia: jgarciamppa@hotmail.com*

Resumen

México es uno de los principales países productores y exportadores de miel de abeja en el mundo, ocupando el décimo lugar en producción y séptimo en exportación. La producción promedio anual de miel en los últimos 10 años ha sido de 58,414 toneladas, y 57.8% de ésta se exporta. Alrededor del 48% de la miel mexicana que se exporta, su principal mercado es la Unión Europea (UE), especialmente Alemania. Debido a la importancia del mercado de exportación para la apicultura mexicana, esta revisión describe los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja que demanda a México el mercado europeo de la miel. El documento se sustenta en un informe de análisis de calidad de miel para la exportación a la UE y respaldo bibliográfico. La miel de abeja debe contener no más de 20% de humedad, no más de 5 g de sacarosa por cada 100 g de miel, no menos de 60 g de fructosa (F) más glucosa (G) por cada 100 g de miel, y la relación F/G debe ser mayor que 1. Las empresas mexicanas exportadoras de miel a la UE señalan que el contenido de Hidroximetilfurfural no debe ser mayor que 10 mg por kg de miel. La miel debe estar libre de antibióticos, pesticidas y otros compuestos ajenos a la misma. Además, en la miel de abeja se debe determinar la presencia de los siguientes tres Organismos Genéticamente Modificados (OGM): 35S-Promotor, Nos-Terminator, y Promotor FMV. La presencia de OGM en las muestras de miel para exportación a la UE debe ser máximo de 0.5%, y el límite de detección, de acuerdo con el reglamento europeo, es de 0.01%. La UE señala que la presencia de OGM en mieles se debe especificar en su etiqueta.

Palabras clave: apicultura, miel de exportación, calidad fisicoquímica de la miel, contaminación de la miel, antibióticos en miel, pesticidas en miel, OGM.

Abstract

Mexico is one of the leading producers and exporters of honey globally, ranking eighth in production and fifth in export. The average annual production of honey in the last 10 years has been 60,000 tons, and 54% is exported. About 48% of the Mexican honey exported, its primary market is the European Union (EU), especially Germany. Due to the importance of the export market for Mexican beekeeping, this review describes the quality and safety parameters of honey demanded from Mexico by the European honey market. The document is based on a honey quality analysis report for export to the EU and bibliographic support. Honey must contain no more than 20% moisture, no more than 5 g of sucrose for every 100 g of honey, not less than 60 g of fructose (F) plus glucose (G) for every 100 g of honey, and the F / G ratio must be greater than 1. Mexican companies exporting honey to the EU indicate that Hydroxymethylfurfural's content should not be greater than 10 mg per kg of honey. Mexican honey for export to the EU must be free of antibiotics, pesticides, and other foreign compounds. We must also determine three Genetically Modified Organisms (GMOs) in honey: 35S-Promoter, Nos-Terminator, and Promoter FMV. The presence of GMOs in honey samples for export to the EU must be a maximum of 0.5%, and the detection limit, according to European regulations, is 0.01%. The EU indicates that the presence of GMOs in honey must be specified on its label.

Keywords: beekeeping, export honey, physicochemical quality of honey, honey contamination, antibiotics in honey, pesticides in honey, GMOs.

1. Introducción

La importancia de la calidad de los productos agroalimentarios ha crecido en los años recientes; al respecto, Schütz *et al.* (2015) mencionan que esto se debe al incremento en la saturación del mercado y a la presión por la competencia. Por otra parte, Oyarzun *et al.* (2005) señalan que la creciente importancia de la calidad e inocuidad de los productos agroalimentarios se debe a las exigencias de los consumidores de países industrializados, lo cual ha derivado en la implementación de sistemas de aseguramiento en calidad y trazabilidad. Con respecto a la miel de abeja, las exigencias primordialmente se basan en términos de la calidad e inocuidad del producto (Rodríguez, 2007), además del origen geográfico y botánico específico, lo que confiere a la miel propiedades organolépticas y farmacológicas específicas (de Alda-Garcilope *et al.*, 2012).

La calidad e inocuidad de la miel de abeja se centra en su autenticidad, frescura, y en la garantía de que el producto esté libre de contaminantes químicos. Muchos de estos contaminantes provienen de residuos de medicamentos usados en el control de plagas y enfermedades de las abejas, y de agroquímicos utilizados en la agricultura. Se busca, además, que la miel esté libre de contaminantes de origen microbiológico (Codex Alimentarius, 2019; Ulloa *et al.*, 2010), así como de componentes provenientes de cultivos transgénicos.

El nivel de competitividad de la apicultura mexicana en el mercado internacional es alto, sólo superado por China y Argentina, en indicadores de trazabilidad y especialización internacional (Martínez-González *et al.*, 2018). Por tanto, en México la calidad e inocuidad de la miel de abeja es prioridad para las empresas comercializadoras, ya que su principal mercado es la exportación (López, 2011). La miel mexicana que se exporta tiene como destino principal la Unión Europea (UE), en donde existen políticas y disposiciones estrictas que deben adoptar los países exportadores de alimentos. Estos países son supervisados constantemente para verificar que cumplen con los estándares de producción y manufactura. La finalidad de dicha supervisión es proteger a los consumidores, asegurando productos sanos e inoos, además de una relación de países confiables, imponiendo barreras sanitarias a quienes no cumplan con los lineamientos y cancelando la importación de productos de alto riesgo (SAGARPA-SENASICA, 2005).

La autenticidad de la miel de abeja se basa en su composición fisicoquímica (Codex Alimentarius, 2019), determinada fundamentalmente por los diferentes azúcares, predominantemente fructosa y glucosa, además de ácidos orgánicos, enzimas y partículas sólidas derivadas de la recolección (Consejo de la Unión Europea, Directiva 2001/110/CE). El color, sabor y aroma de la miel dependen principalmente de la planta de donde proviene el néctar, del suelo, clima y condiciones ambientales específicas del sitio donde se ubica el apiario (Codex Alimentarius, 2019; Machado De-Melo *et al.*, 2017; Piedras y Quiroz, 2007; Subovsky *et al.*, 2002; Ulloa *et al.*, 2010). Su color varía desde casi incoloro hasta pardo oscuro, y su consistencia puede ser fluida o viscosa, total o parcialmente cristalizada (Codex Alimentarius, 2019).

La miel de abeja es un producto que puede sufrir contaminación durante la producción, cosecha, extracción, procesamiento, almacenamiento, y distribución (Al-Waili *et al.*, 2012; Bogdanov *et al.*, 2003). Los parámetros más importantes para evaluar la calidad e inocuidad de la miel de abeja son los componentes fisicoquímicos, ausencia de contaminantes (antibióticos, pesticidas y metales pesados) y su frescura (Codex Alimentarius, 2019). Los indicadores más utilizados para medir la frescura de la miel de abeja son el contenido de 5-hidroximetilfurfural (HMF) y la actividad diastásica (Ulloa *et al.*, 2010). La adulteración de la miel de abeja con glucosa comercial se determina por la presencia de dextrinas (Subovsky *et al.*, 2002). Además, la NMX-F-036-NORMEX-2006 señala otros aditivos, inhibidores y adulterantes que se pueden encontrar en la miel de abeja.

Debido a que la miel de abeja es un producto que no se pasteuriza ni se le adicionan conservadores, es necesario realizar prácticas de manejo, producción, acopio y envasado que permitan obtener un producto de buena calidad e inocuo. Por lo anterior, en este trabajo se describen los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja mexicana que demanda el mercado europeo.

2. Metodología

Este trabajo está sustentado por el informe que emite laboratorios Intertek Alemania, respecto a los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja del estado de Campeche, México, destinada para el mercado de exportación a la UE. Para el respaldo bibliográfico de este trabajo, se llevó a cabo la revisión de las normas mexicanas y Codex Alimentarius para calidad de miel de abeja, los reglamentos de la UE referentes a calidad e inocuidad de miel de abeja, y la búsqueda bibliográfica adicional. Para esto último se utilizaron herramientas y plataformas Google Scholar, Elsevier (ScienceDirect y Scopus), Redalyc, y Scielo, obteniendo un total de 108 documentos; de los cuales se utilizaron 36 para este trabajo. Entre los documentos, destacan artículos científicos, artículos de revisión, tesis y libros referentes a características fisicoquímicas de la miel, contaminación de miel con antibióticos, pesticidas en miel, adulteración de la miel, efectos de la miel contaminada en la salud humana, y organismos genéticamente modificados.

3. Calidad e inocuidad de la miel

De acuerdo con Subovsky et al. (2002), dentro de los componentes fisicoquímicos de la miel de abeja existen azúcares simples como la glucosa y fructosa, y de otros azúcares como la sacarosa, maltosa y melicitosa. También se pueden encontrar otras sustancias como ácidos orgánicos, enzimas, aminoácidos, vitaminas, minerales, y partículas sólidas derivadas de la recolección.

El Codex Alimentarius (2019) señala que la miel no debe contener ningún ingrediente adicional, incluidos aditivos alimentarios, ni tampoco adición alguna que no sea miel. Además, no debe presentar ninguna materia extraña, sabor, aroma o manchas objetables que hayan sido absorbidas durante su procesamiento y almacenamiento. La miel de abeja no deberá haber comenzado a fermentar o producir efervescencia. No se podrá extraer polen ni ningún constituyente particular de la miel, excepto cuando sea imposible evitarlo, para garantizar la ausencia de materias extrañas, inorgánicas u orgánicas.

Parámetros de calidad e inocuidad de miel de abeja

En el Cuadro 1 se presentan los parámetros de calidad e inocuidad de la miel de abeja, según la NMX-F-036-NORMEX-2006 y el Codex Alimentarius (2019).

Cuadro 1. Parámetros de calidad e inocuidad de miel de abeja *Apis mellifera*, según la NMX-F-036-NORMEX-2006 y el Codex Alimentarius (2019).

| Característica | Contenido | |
|---|-----------------------|---------------------------|
| | NMX-F-036-NORMEX-2006 | Codex Alimentarius (2019) |
| Humedad | ≤ 20% | ≤ 20% |
| Azúcares: | | |
| Fructosa y glucosa | ≥ 60 g/100g | ≥ 60 g/100g |
| Sacarosa | ≤ 5 g/100g | ≤ 5 g/100g |
| Metales pesados (Pb, Cd, Zn, As) | Libre | Libre |
| Plaguicidas | Libre | Libre |
| Antibióticos | No especifica | Libre |
| Sólidos insolubles en agua ¹ | < 0.3 g/100g | < 0.1 g/100g |
| Acidez | ≤ 40 meq/kg | ≤ 50 meq/kg |
| Índice de diastasa ² | ≥ 8 | ≥ 8 |
| Hidroxiacetilfurfural (HMF): | | |
| Mieles envasadas de más de 6 meses | ≤ 80 mg/kg | ≤ 80 mg/kg |
| Mieles envasadas de menos de 6 meses | ≤ 40 mg/kg | ≤ 40 mg/kg |
| Microorganismos: | | |
| <i>Salmonella</i> y <i>Shigella</i> | Libre | Libre |
| Cuenta bacteriana total | < 1000 UFC/g | No especifica |
| Hongos y levaduras | < 100 UFC/g | No especifica |

¹arena, cera, polvo y otros sólidos insolubles; ²unidades Schade.

De acuerdo con las especificaciones presentadas en el Cuadro 1, ambas normas de calidad presentan similitud en los parámetros. Sin embargo, para el caso de presencia de antibióticos en miel, la Norma Mexicana no señala dicho apartado; por el contrario, el Codex Alimentarius no especifica niveles de cuantificación bacteriana ni de hongos y levaduras.

Los requisitos que debe cumplir la miel de abeja para ser considerada de buena calidad, y con los estándares de inocuidad presentados en el Cuadro 1, no cubren en su totalidad los requisitos para que la miel de abeja mexicana pueda ser exportada a la UE. En el siguiente apartado se presentan dichas especificaciones.

4. Parámetros de calidad e inocuidad de miel de abeja para exportación a la UE

Además de las especificaciones señaladas en el Codex Alimentarius (2019), el mercado europeo cuenta con reglamentos que señalan las características que debe cubrir la miel de abeja proveniente de México para que pueda ser importada, mismas que se presentan a continuación.

4.1 Contenido de humedad

El contenido de humedad en la miel de abeja es un parámetro relacionado con su vida de anaquel. El contenido de agua en miel afecta su viscosidad, cristalización y la relación glucosa:agua (Bogdanov *et al.*, 2004). El contenido de humedad en miel de abeja debe ser menor que 20% (Consejo de la Unión Europea, Directiva 2001/110/CE, Anexo II).

4.2 Contenido de azúcares

Los estándares utilizados para los contenidos de azúcares en miel de abeja mexicana para su exportación a la UE son los establecidos en el anexo II de la Directiva 2001/110/CE del Consejo de la Unión Europea. Las especificaciones de contenido de azúcares para miel de abeja proveniente de néctar de flores son: fructosa (F) más glucosa (G) mayor o igual que 60 g 100 g⁻¹ de miel, y sacarosa para mieles, en general menor o igual que 5 g 100 g⁻¹ de miel. Retomado de los estudios realizados por Oddo *et al.* (2004), la relación F/G debe ser mayor que 1.

4.3 Hidroximetilfurfural

Los productos que contienen azúcares son muy sensibles a las altas temperaturas y susceptibles de deterioro durante el almacenamiento. Una de las características que indica deterioro de la miel de abeja es la presencia de Hidroximetilfurfural (HMF). El HMF es un aldehído formado a partir de la degradación de azúcares, especialmente por la deshidratación de la fructosa (Subovsky *et al.*, 2004). En miel de abeja, el HMF se produce por almacenamiento a altas temperaturas, por la acidez propia de la miel y porque ésta contiene azúcares simples como fructosa y glucosa (Silva *et al.*, 2008; Subovsky *et al.*, 2004).

El anexo II de la Directiva 2001/110/CE del Consejo de la Unión Europea, establece para mieles procedentes de regiones tropicales, un contenido máximo para HMF de 80 mg kg⁻¹ de miel. Sin embargo, las empresas mexicanas exportadoras de miel a la UE señalan que los clientes exigen máximo 10 mg de HMF kg⁻¹ de miel.

4.4 Color

El color de la miel de abeja depende de los pigmentos naturales, principalmente flavonoides y carotenos, provenientes de las plantas de las cuales se originó el néctar. Además del color, los flavonoides y carotenos de las plantas le confieren a la miel de abeja una elevada capacidad antioxidante (Ciappini *et al.*, 2013). Delmoro *et al.* (2010) indican que el color de la miel de abeja depende de varios factores y su importancia radica desde el punto de vista comercial (el precio se fija de acuerdo con el color).

Para el caso de la miel de abeja destinada al mercado europeo, el color se determina de acuerdo con la escala Pfund (mm). Esta escala tiene las siguientes categorías: *water white* (0-8 mm), *extra white* (9-17 mm), *white* (18-34 mm), *extra light amber* (35-50 mm), *light amber* (51-85 mm), *amber* (86-114), y *dark* (≥ 155 mm).

4.5 Antibióticos

La presencia de residuos de antibióticos en productos de origen animal es una cuestión que afecta a la salud pública (Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2003/181/CE). Para garantizar el cumplimiento en esta materia, la Directiva 96/23/CE del Consejo de la Unión Europea indica que se deben establecer progresivamente los límites mínimos de funcionamiento exigidos (MRPL, por sus siglas en inglés). Éstos corresponden a los límites de cuantificación, así como a los métodos analíticos para determinar sustancias que no tienen establecido el límite permitido y, particularmente, para aquellas cuya utilización no ha sido autorizada ni prohibida. Para el caso de las regulaciones europeas, los límites máximos de residuos de antibióticos en miel de abeja (Consejo de las Comunidades Europeas, Reglamento (CEE) No. 2377/90, 1990) no se encuentran establecidos, ya que no se permite su uso en la apicultura.

Cloranfenicol

En la UE, los MRPL para cloranfenicol, corresponden a las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No. 470/2009; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010; Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2003/181/CE; Comisión de las Comunidades Europeas, Decisión 2005/34/CE). De acuerdo con los lineamientos de la Comisión de las Comunidades Europeas presentados en la Directiva 2003/181/CE, anexo II, la UE establece que los MRPL para esta sustancia en miel de abeja es de 0.3 µg kg⁻¹ de miel. Debido a que la miel mexicana también tiene otros destinos de comercialización, resulta necesario resaltar que el Codex Alimentarius (2019) establece que el cloranfenicol es una sustancia no permitida en la miel de abeja.

Tetraciclinas

Las tetraciclinas pertenecen a un grupo amplio de antibióticos; para la miel de abeja que se exporta a la UE se consideran dentro de este grupo a la oxitetraciclina, tetraciclina, doxiciclina, demeclociclina, metaciclina y minociclina. Para este grupo de tetraciclinas los MRPL (10 µg kg⁻¹ de miel) se establecen en las

regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No. 470/2009; Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2005/34/CE; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010). En contraste, el Codex Alimentarius (2019) establece que no se permite la presencia de residuos de tetraciclinas en miel de abeja.

Estreptomicina

En miel de abeja se determina la presencia de estreptomicina y dihidroestreptomicina. De acuerdo con las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento CE No. 470/2009; Consejo de las Comunidades Europeas, Reglamento (CEE) No 2377/90), se establece que los MRPL son 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel.

Sulfonamidas y Trimetoprima

En este grupo de antibióticos se consideran un total de 26 compuestos, de los cuales 25 son sulfamidas: sulfaguanidina, sulfanilamida, sulfacetamida, succinilsulfatiazol, sulfafenazol, sulfisomidina, sulfadiazina, sulfatiazol, sulfapiridina, sulfamerazina, sulfametazina, sulfametoxidiazina, sulfametoxipiridazina, sulfaclopiridazina, sulfamonometoxina, sulfisoxazol, sulfametoxazol, sulfadoxina, sulfaquinoxalina, sulfadimetoxina, sulfabenzamida, sulfamoxol, sulfaclozina, sulfametizol, sulfisozol y trimetoprima. Los MRPL para estas sustancias son de 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel. Los compuestos que contienen sulfonamidas y trimetoprima, y que se determinan en miel de abeja, así como los límites de cuantificación, corresponden a las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No. 470/2009; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010).

Macrólidos

De este grupo de compuestos, para el caso de la miel de abeja, se determina Tilosina A, Eritromicina A, y Lincomicina. Estos tienen acción terapéutica sobre *Streptococcus* spp. y, si se utilizan en la apicultura, pueden aparecer residuos en la miel. El límite de cuantificación para este compuesto es de 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel y corresponde a las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No. 470/2009; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010). Los resultados presentados por los laboratorios para el caso de Tilosina A incluye metabolitos de Tilosina B, al igual que para Eritromicina A incluye el metabolito de anhidroeritromicina A.

Metabolitos de nitrofuranos

Los nitrofuranos son sustancias antimicrobianas que se utilizan para controlar agentes patógenos en animales. La presencia de residuos de nitrofuranos en productos de origen animal afecta a la salud pública (Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2003/181/CE). En miel de abeja para la exportación a la UE, se determinan residuos totales de 3-amino-2-oxazolidinona (AOZ), 5-metil-morfolino-3-amino-2-oxazolidinona (AMOZ), semicarbazida (SEM), y 1-aminohidantoina (AHD); que son metabolitos de furazolidona, furaltadona, nitrofurazona y nitrofirantián, respectivamente.

Los parámetros examinados en las muestras de miel de abeja corresponden a las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento CE No 470/2009; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010) y corresponde a la decisión de la Directiva 2003/181/CE de la Comisión de las Comunidades Europeas, donde se especifica que los MRPL son de 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel.

4.6 Alcaloides de pirrolizidina

Otro de los grupos más amplios de sustancias posibles en la miel de abeja, y que su determinación es obligatoria para la exportación a la UE, son los alcaloides de pirrolizidina (AP), los cuales son: equimidina, echimidina-N-óxido, heliotrina, intermedina, licopsamina, licopsamina -N-óxido, senecionina, senecionina-N-óxido, senecifilina, senecifilina-N-óxido, senkirkina, monocrotalina, monocrotalina-N-óxido,

lasiocarpina, lasiocarpina-N-óxido, retrorsina, retrorsina-N-óxido y tricodesmina. Los MRPL para estas sustancias son de $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ de miel (Intertek, 2018).

Los AP son toxinas que se pueden encontrar de forma natural en muchas especies de plantas; éstas toxinas afectan a la fauna silvestre, al ganado y al ser humano. Existen posibles riesgos para el ser humano por la ingesta de alimentos de origen vegetal o animal contaminados con AP (OMS/Codex Alimentarius/FAO, 2011).

4.7 Coumafos

El coumafos es una sustancia cristalina, con colores que van de blanco a marrón (parecida a la arena o azúcar), y un olor azufrado. Su uso generalizado es para controlar insectos en ganado o bien como medicamento. Se encuentra en la lista de sustancias peligrosas, como lo señala el NJDHSS (1998). Al respecto, la determinación de este compuesto en la miel de abeja se basa en los límites máximos de residuos (LMR, $100 \mu\text{g kg}^{-1}$ de miel) de las regulaciones legales (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No 470/2009; Comisión Europea, Reglamento (UE) No. 37/2010).

4.8 Organismos genéticamente modificados

Los parámetros de inocuidad para la miel de abeja destinada al mercado europeo consideran a los OGM como contaminantes de la miel (Intertek, 2018). Los tres OGM que se determinan en la miel de abeja son 35S-Promotor, Nos-Terminator, y Promotor FMV. Con base en el Reglamento (CE) No. 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea, la presencia de OGM en la miel debe ser máximo de 0.5% y el límite de detección de ADN modificado genéticamente en ADN de muestras de miel de abeja es de 0.01%. Con la finalidad de proteger la salud humana y la sanidad animal, el reglamento establece que los alimentos que contienen o están compuestos por OGM, o bien han sido producidos a partir de ellos, deben someterse a una evaluación de seguridad antes de ser comercializados en la UE. La trazabilidad y el etiquetado de los OGM se garantizan mediante la Directiva 2001/18/CE y el Reglamento (CE) No. 1830/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo de la Unión Europea.

El énfasis en la contaminación de la miel de abeja radica en los efectos negativos que se pueden presentar en la salud humana, debido a su ingesta. Por tal motivo, en la sección 5 se especifican los daños a la salud humana por el consumo de miel con contaminantes.

5. Daños en el organismo humano por presencia de contaminantes en miel de abeja

La presencia de residuos de contaminantes en productos apícolas puede provocar problemas de salud tanto a humanos como a las mismas abejas (Rodríguez, 2007) además de generar problemas de calidad e inocuidad que afectan la comercialización a nivel internacional (Al-Waili *et al.*, 2012; González *et al.*, 2011). Esto también puede ocasionar problemas socioeconómicos, ya que estaría en riesgo el ingreso monetario de los apicultores.

La contaminación de la miel de abeja puede poner en riesgo la salud humana. Los residuos de plaguicidas pueden provocar problemas de mutaciones y degeneración celular. Los residuos de antibióticos pueden provocar aumento en la resistencia bacteriana (Al-Waili *et al.*, 2012; Johnson *et al.*, 2010), hipersensibilización en los consumidores, reacciones alérgicas, trastornos gastrointestinales y erupciones en la piel. Asimismo, varios casos de botulismo infantil se atribuyen al consumo de miel contaminada (Al-Waili *et al.*, 2012). Esto significa que dicha miel no debe aplicarse tópicamente en heridas o utilizarse de cualquier forma con fines medicinales.

Uno de los antibióticos encontrados con más frecuencia en la miel de abeja son las sulfonamidas. La degradación de estos compuestos es muy lenta (Reybroeck *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2006) y puede llegar a ocasionar problemas serios de salud en humanos, entre los que se destacan las reacciones alérgicas y problemas de toxicidad (Senserson *et al.*, 2006).

Los LMR para sulfonamidas en diferentes productos alimenticios han sido establecidos por los organismos gubernamentales y reguladores (Commission Regulation (ECC) No. 2377/99, 1991) para salvaguardar la salud pública. Sin embargo, para el caso de la miel de abeja, en la UE no existe LMR para sulfonamidas, ya que no está autorizado el uso de antimicrobianos en la apicultura según la Commission Regulation (ECC) No. 2377/99 (1991). Por tanto, se dificulta la exportación de la miel de abeja a dicha región geográfica, ya que en algunos países es legal el uso de dichos productos. Las regulaciones de la UE (Consejo de la Unión Europea, Directiva 2001/110/CE, Anexo II) especifican que la miel de abeja debe estar libre de sustancias orgánicas o inorgánicas extrañas a su composición. Cabe señalar que Bélgica y Reino Unido han establecido los LMR tolerables de sulfonamidas de 20 y 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel, respectivamente, y en Suiza su límite de tolerancia es de 50 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de miel para sulfamidas y sus metabolitos (Bernal *et al.*, 2009; Reybroeck *et al.*, 2012).

El reglamento de inocuidad para miel de abeja en la UE se aplica con rigor y se sancionan los embarques de miel que no cumplen o exceden los límites indicados, lo que conlleva a una disminución en el precio de la miel o bien al rechazo total del producto (Pozo *et al.*, 2004).

Otras de las sustancias que deben determinarse en la miel de abeja son los coumafos, ya que el riesgo que representan para la salud humana es alto. La exposición a los coumafos puede provocar dolor de cabeza, sudoración excesiva, náusea, vómito, diarrea, calambres abdominales, rigidez de los músculos, y hasta causar muerte por envenenamiento organofosfático (NJDHSS, 1998). Los coumafos también pueden ocasionar daños en los nervios, debilidad, mala coordinación de las extremidades, o bien provocar alteraciones de personalidad (depresión, ansiedad o irritabilidad) (NJDHSS, 1998). En un estudio realizado por Christensen *et al.* (2010) se encontró que la exposición de hombres con antecedentes familiares de cáncer de próstata por coumafos, presentaban un mayor riesgo de contraer cáncer de próstata.

Con respecto a los OGM, la FAO señala que es necesario la evaluación de riesgos en la salud humana y la comunicación de éstos a la autoridad sanitaria local. Aunque aún no existen estudios que señalen expresamente los daños en la salud humana por los OGM, existen dos posturas claras referente al etiquetado de los productos alimenticios. En los Estados Unidos de América, se considera que, si los OGM no difieren de sus homólogos tradicionales con respecto a los componentes nutricionales e inocuidad, resultaría innecesario señalar en la etiqueta la presencia de OGM. En cambio, en la UE se considera que el etiquetado es un medio para garantizar el derecho de los consumidores de elegir e informarse sobre los OGM (FAO, 2020).

6. Fuentes de contaminación de la miel de abeja

Existen diferentes fuentes de contaminación de la miel de abeja. Al respecto, Bogdanov (2006) señala que dicha contaminación puede provenir de las prácticas apícolas o del medio ambiente. Los contaminantes que se considera provienen del medio ambiente son los metales pesados como el plomo, cadmio y mercurio, así como los isótopos radioactivos, contaminantes orgánicos, pesticidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas y bactericidas), bacterias patógenas, y organismos genéticamente modificados. González *et al.* (2011) mencionan que la contaminación por antibióticos y sulfas se debe a su utilización para el control de enfermedades de las abejas. La contaminación de la miel de abeja debido a las prácticas apícolas es ocasionada principalmente por el uso de acaricidas (compuestos sintéticos lipofílicos, y sustancias no tóxicas como ácidos orgánicos y aceites esenciales), antibióticos para el control de enfermedades de las crías de abejas (tetraciclinas, estreptomycin, sulfonamidas y cloranfenicol), y en menor proporción el para-diclorobenceno utilizado para el control de la polilla de la cera, así como por el uso de repelentes químicos.

Las abejas constantemente presentan afectaciones causadas por enfermedades infecciosas, que pueden ser producidos por parásitos eucariotas, virus, bacterias y hongos. Una de las enfermedades considerada extremadamente grave y que afecta a larvas y pupas de abejas es la *Loque americana*, que es producida por la bacteria esporulada *Paenibacillus larvae* (Reynaldi *et al.*, 2010). Esta enfermedad es sumamente contagiosa, por lo que puede acabar con la colmena y diseminarse a otras; puede estar latente en una colonia

de abejas y no se considera una epidemia, ya que avanza de forma progresiva, pudiendo aparecer en cualquier época del año (Reynaldi, 2006).

La principal alternativa para controlar la *Loque americana*, además de la *Loque europea* causada por la bacteria *Streptococcus pluton*, es la administración de antibióticos (Al-Waili *et al.*, 2012; Evans, 2003; Ortelli *et al.*, 2004); sin embargo, en la mayoría de los países desarrollados, la única alternativa que implementan para controlar dicha enfermedad es la quema de colmenas (Reynaldi *et al.*, 2010).

En países como Argentina, Estados Unidos de América y Canadá, para el control de *Loque americana* se emplean antibióticos de manera generalizada, junto con un manejo integrado; contrario a lugares como Nueva Zelanda o en países de la UE, donde el uso de antibióticos está restringido (FSANZ, 2006). En la UE, la miel de abeja es regulada por el Consejo de la Unión Europea en la Directiva 2001/110/CE. En lo referente a antibióticos en los alimentos, se encuentra en el Reglamento UE No. 37/2010 de la Comisión Europea, donde se establece que cada antibiótico debe tener unos LMR antes de usarse en una especie productora de alimentos. Sin embargo, en esta normativa no se establecen LMR de antibióticos en la miel de abeja, lo cual indica que en la UE el uso de antibióticos en la apicultura no está permitido.

Para el caso de miel de abeja importada, la UE ha establecido Puntos de Referencia para la Acción (PRA). Los PRA son concentraciones de residuos de antibióticos técnicamente factibles de detectar por los laboratorios especialistas en análisis de alimentos. Cuando un PRA es excedido, el estado miembro está obligado a rechazar el envío. En el Cuadro 2 se resumen los LMR de residuos de antibióticos aplicables para la miel de abeja, donde se destaca que el Codex Alimentarius, en su edición 1981 y 2019, señala la no presencia (NP) de antibióticos en miel.

Cuadro 2. Regulaciones aplicables para residuos de antibióticos en miel de abeja.

| Grupo | Antibiótico | LMR ¹ | | | | | |
|------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------|------------------------|----------------------|--------------------|
| | | Codex Alimentarius ² | UE ³ | EE.UU. ⁴ | Australia ⁵ | Canadá ⁶ | India ⁷ |
| Tetraciclina | Oxitetraciclina | NP | LMR-25 ppb | NP | 300 ppb ⁸ | 300 ppb ⁹ | 10 ppb |
| Amfenicol | Cloranfenicol | NP | RPA ¹⁰ -0.3 ppb | NP | NP | NP | 0.3 ppb |
| Macrólide | Eritromicina | NP | NP | NP | NP | 100 ppb | NP ¹² |
| Beta lactámico | Ampicilina | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| Fluoroquinolonas | Enrofloxacina | NP | NP | NP | NP | NP | NP |
| | Citrofloxacina | NP | NP | NP | NP | NP | NP |

¹LMR: Límite Máximo de Residuos; NP: No permisible.

²Codex Alimentarius: Codex Stan 12/1981/2019

³EU- <http://www.emea.europa.eu/index/indexv1.htm>. Veterinary Medicines and Information Technology Units Committee for Veterinary Medicinal Products

⁴USA- Tolerances for residues of new animal drugs in food in Title 21, Part 556 (21 CFR 556).

<http://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?CFRPart=556>

⁵Australia /New Zealand Food Standards Code <http://www.foodstandards.govt.nz>

⁶Government of Canada, 2005. Working Residue Levels (WRLs) for Antimicrobial Residues in Honey. <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/veterinary-drugs/legislation-guidelines/policies/working-residue-levels-wrls-antimicrobial-residues-honey-policy-administrative-maximum-residue-limits-working-residue-levels-veterinary-drugs-food.html>

⁷According to Export Inspection Council of India's Residue Monitoring Plan (RMP) Honey 2010-2011

⁸Maximum residue level (ppb or part per billion)

⁹AMRL – is administrative MRL means that the scientific evaluation and decisions are complete and that regulatory process to publish this information is in progress. Once the regulatory process is complete the AMRL becomes an MRL

¹⁰RPA – Reference point for action set by EU

¹²LOA- Level of Action- is the concentration of a drug residue in a sample at which it is deemed non-compliant.

Adaptado de Johnson *et al.* (2010)

Los antibióticos son de los contaminantes de los productos apícolas que se pueden controlar, especialmente en miel, pues es el apicultor quien decide el uso de antibióticos en la apicultura, y por tanto su presencia en la miel. Es el apicultor el directamente responsable de la presencia o ausencia de antibióticos en la miel de abeja. Al respecto, a continuación, se detallan algunas investigaciones realizadas en la determinación de residuos de antibióticos en miel de abeja, y en los Apéndices 1 y 2 se resumen los métodos para el análisis de algunos antibióticos en miel de abeja.

En la apicultura, la oxitetraciclina, un antibiótico del grupo de las tetraciclinas, se utiliza para tratar enfermedades bacterianas de la cría de abejas, como *Loque americana*, causada por *Paenibacillus larvae* spp. (Evans, 2003) y *Loque europea*, causada por la bacteria *Streptococcus pluton* (Al-Waili *et al.*, 2012; Ortelli *et al.*, 2004). Un estudio realizado en Grecia por Saridaki-Papakonstadinou *et al.* (2006) para detectar derivados de la tetraciclina en 251 muestras de miel, encontraron que 29% de las muestras tenían residuos de dicho fármaco. En ese mismo estudio, 20.3% de las muestras contenían más de uno de los derivados de la tetraciclina. La mayoría contenían de 0.018-0.055 mg kg⁻¹ de miel y otras tenían arriba de 0.100 mg kg⁻¹ de miel. En otra investigación realizada por Johnson *et al.* (2010) se encontró que 50% de las muestras de miel analizadas estaban contaminadas con oxitetraciclina, en un rango de 27.1 a 250 µg kg⁻¹ de miel, superando los límites establecidos por el EIC (10 µg kg⁻¹ de miel). Para oxitetraciclina, la UE provisionalmente establece los LMR de 25 µg kg⁻¹ de miel.

El incremento en el uso de oxitetraciclina en la apicultura ha desencadenado la resistencia a este antibiótico, por lo cual Evans (2003) señala la necesidad de manejar cuidadosamente las infecciones de *Loque americana* para controlar la resistencia de *Paenibacillus larvae* a antibióticos.

En la UE, el uso de la lincomicina en apicultura está permitido; por consiguiente, la detección de dicha sustancia en la miel es indicador de su mal uso. Al respecto, se han detectado residuos de lincomicina en miel de abeja proveniente de China, importada por la UE (Johnson *et al.*, 2010).

En un estudio realizado por Adams *et al.* (2009) se analizaron muestras de miel por medio de LC-MS/MS, recogidas después de 41 y 129 días postratamiento con 1.2 g de clorhidrato de lincomicina. La concentración media más alta de lincomicina algunos días después del tratamiento fue 24 µg g⁻¹ de miel, con media de 3.5 µg g⁻¹ de miel después de 129 días postratamiento. La lincomicina fue persistente durante el invierno y fue detectada hasta 290 días postratamiento.

Al igual que los antibióticos antes descritos, el cloranfenicol es usado en la apicultura para el control de la *Loque americana* y *Loque europea*. Su uso está prohibido en la UE desde 1994 y en Suiza desde el 2000; sin embargo, este antimicrobiano se ha detectado en mieles provenientes de China (Ortelli *et al.*, 2004).

7. Conclusiones

La calidad e inocuidad de la miel de abeja es fundamental para preservar la salud de los consumidores, además de ser condicionantes para acceder a los mercados de países desarrollados. Sin embargo, como otros productos alimenticios, la miel de abeja es factible de sufrir contaminación durante el proceso de producción. Uno de los problemas más importantes es la contaminación con antibióticos usados en la apicultura para el control de las enfermedades de las abejas. Destacan como los más comunes las sulfonamidas y la oxitetraciclina, utilizados en el control de *Loque americana* y *Loque europea*. El Codex Alimentarius y los estándares de la Unión Europea no presentan límites máximos de residuos de antibióticos, lo cual implica que su uso está prohibido en la apicultura. Alrededor de 48% de la miel mexicana que se exporta su destino final es la Unión Europea (UE), especialmente Alemania, cuyo límite de tolerancia para residuos de antibióticos en el producto es cero. Por tanto, el hecho de que la miel presente contaminación con antibióticos u otros compuestos no permitidos por los reglamentos europeos, limitará su exportación a dicha región. Es por ello, que resulta necesaria la construcción y gestión de sistemas de trazabilidad que garanticen la producción de miel inocua y de calidad.

Apéndice 1

Cuadro 3. Metodología para la preparación de la muestra de miel de abeja, con el fin de determinar residuos de antibióticos.

| Compuesto | Método de preparación de muestra | Referencia | |
|---------------|----------------------------------|--|-------------------------------|
| Tetraciclinas | Peso de la muestra (g) | 1 | Requena, 2014 |
| | Extractante | Acetato de sodio 100 mM (pH 5.0) | |
| | Volumen del extractante (mL) | 3 | |
| | Temperatura (°C) | Temperatura ambiente | |
| | Método | Agitación hasta completa disolución. Extracción en fase sólida (SPE) (Cartuchos Strata X-CW 60 mg/3 mL, 33 µm) (Acondicionamiento con 2 mL metanol y 2 mL de agua bidestilada), secar los cartuchos 2 min a 10 mmHg presión, elución con 2 mL de ácido fórmico al 2% de metanol. Secar el extracto con N a 40 °C, el extracto seco se reconstituye con 100 µL de fase móvil. | |
| | Alícuota (mL) | 3 | |
| Sulfamidas | Peso de la muestra (g) | 5 | Pozo <i>et al.</i> , 2004 |
| | Extractante | Acetonitrilo más Trifluoroacético (TFA) al 0.1% | |
| | Volumen del extractante (mL) | 20 | |
| | Temperatura (°C) | 40 | |
| | Método | Mezcla manual por 30 s, luego se filtra el sobrenadante en un papel Whatmann N° 1. Evaporar el ACN a 40 °C en un rotavapor, al vacío; luego se resuspende en 1 mL de fase móvil (95:5) | |
| | Alícuota (mL) | - | |
| Tetraciclinas | Peso de la muestra (g) | 5 | González <i>et al.</i> , 2011 |
| | Extractante | Diclorometano/metanol | |
| | Volumen del extractante (mL) | 60 | |
| | Temperatura (°C) | Temperatura ambiente | |
| | Método | Se agita la mezcla vigorosamente, se adiciona 10 g de sulfato de sodio anhidro, reposar 5 min, se decanta y se mide el volumen final, se toman 4 mL, se evapora casi a sequedad con aire, se prediluye el extracto con 2 mL de fase móvil (ACN:SDS). | |
| | Alícuota (mL) | 4 | |
| Cloranfenicol | Peso de la muestra (g) | 5 | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Extractante | Agua | |
| | Volumen del extractante (mL) | 5 | |
| | Temperatura (°C) | 50 | |

| | Método | | |
|--------------|------------------------------|--|---------------------------------|
| | | Disolver, agitar 3 min en vórtex, se añade 5 mL de acetato de etilo y se agita 5 min en vórtex, el tubo se centrifuga a 3200 revoluciones por min durante 5 min, la capa superior se transfiere a otro tubo usando pipeta desechable (procedimiento dos veces), el sobrenadante se combina y evapora a sequedad con flujo de N controlado, reconstituido en 5 mL de agua y lista para la limpieza. SPE (SampliQ OPT 3 ml (60 mg)), acondicionar con 3 mL de metanol y 5 mL de agua, pasar por el cartucho de limpieza (0.5 mL min ⁻¹), se lava el cartucho con 5 mL de agua grado HPLC dos veces, la muestra se eluye con 5 mL de metanol:acetato de etilo (20:80), la muestra se eluye (1 mL min ⁻¹). | |
| | Alícuota (mL) | - | |
| Ampicilina | Peso de la muestra (g) | 5 | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Extractante | Fosfato 0.1M (pH-9.2) | |
| | Volumen del extractante (mL) | 20 | |
| | Temperatura (°C) | Temperatura ambiente | |
| | Método | Pesar en tubo de centrifuga de 50 mL, añadir 20 mL de extractante, agitar en vórtex por 5 min hasta que la miel se disuelva por completo. Los tubos se centrifugan a 4000 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente para eliminar las partículas de la solución. La capa superior se transfiere cuidadosamente a otro tubo usando pipetas desechables. Al cartucho de limpieza SPE (SampliQ C18) se acondiciona con 10 mL de metanol, 10 mL de agua y 10 mL de NaCl (2%), equilibrar con 2 mL de solución de extracción, se eluye con 3 mL de ACN (1-2 mL min ⁻¹). Evaporar eluyente con vapor de N de 40-50 °C, el residuo se restituye con 1 mL de ACN:Agua (1:1). | |
| | Alícuota (mL) | - | |
| Tetraciclina | Peso de la muestra (g) | 5 | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Extractante | Sodio EDTA 0.1 M (pH 4) | |
| | Volumen del extractante (mL) | 20 | |
| | Temperatura (°C) | 40 | |
| | Método | Disolver la muestra en 5 mL de solución tampón de Sodio EDTA 0.1 M, agitar 5 min en vórtex, filtrar y | |

preparar para la limpieza. Para la extracción en fase sólida (SampliQ OPT 3 ml (60 mg)), acondicionar con 1 mL de metanol y 1 mL de agua grado HPLC, se lava el cartucho con 10 mL de agua grado HPLC, la muestra se eluye con 1 mL de acetato de etilo, evaporar el disolvente a 40 °C bajo corriente de N, finalmente los residuos se reconstituyen con 1 mL de fase móvil.

Alícuota (mL)

-

Apéndice 2

Cuadro 4. Condiciones del cromatógrafo de líquidos de alta resolución (HPLC) para el análisis de antibióticos en miel de abeja.

| Compuesto | Condiciones del HPLC | Referencia | |
|--|--|---|---------------------------|
| Sulfamidas | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector UV-Vis L-4250 | Pozo <i>et al.</i> , 2004 |
| | Fase móvil | Ac. Trifluoroacético (TFA), 0.1%: ACN+TFA 0.08% | |
| | Columna | RP-18, LiChroCART ® 250-4 HPLC-Cartridge | |
| | Curvas de calibración | Estándares SIGMA®: Sulfametizol, Sulfadimetoxina, Sulfadiacina, Sulfameracina, Sulfanilamida, Sulfatiazol, Sulfaclopiridacina, Sulfametacina. Concentraciones: 0.05; 0.10; 0.20, 0.40; 1.00 mg kg ⁻¹ , diluidas en fase móvil (95:5) | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min ⁻¹) | 1 | |
| | Inyección (µL) | 100 | |
| | Absorbancia (nm) | 254 | |
| | Temperatura (°C) | Temperatura ambiente (20-22) | |
| | Tiempo de retención (min) | Sulfanilamida: 3.8, Sulfadiacina: 8.7, Sulfameracina: 10.6, Sulfatiazol: 11.7, Sulfametizol: 13.1, Sulfametacina: 17.5, Sulfaclopiridacina: 20.5, Sulfadimetoxina: 29.9 | |
| | Sulfatiazol y Tetraciclina | Acoplamiento del HPLC | |
| Fase móvil | | ACN/ dodecyl sulfato de sodio (SDS 0.01 M) y 0.01 M ácido oxálico en agua. Modo isocrático | |
| Columna | | Econosphere C 18 de 5, 25 cm | |
| Curvas de calibración | | 10 y 50 mg kg ⁻¹ . Se corren por separado los estándares y mezcla de ellos | |
| Flujo de la fase móvil (mL min ⁻¹) | | 2 | |
| Inyección (µL) | | - | |
| Absorbancia (nm) | | 270 | |
| Tiempo de retención (min) | | 26 y 45 Sulfatiazol: 3.592 Tetraciclina: - | |
| Tetraciclinas | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector UV-Vis | Requena, 2014 |
| | Fase móvil | Agua bidestilada con 0.1% de ácido dórmico:ACN (95:5) | |
| | Columna | Kinetex XB-C18 1.7 u 50x2.10 mm | |
| | Curvas de calibración | Clortetraciclina hidrocloreto, Doxiciclina hiclato, | |

| | | | |
|-------------------------------------|---|--|---------------------------------|
| | | Oxitetraciclina hidrocloreuro y Tetraciclina hidrocloreuro (En metanol) | |
| | | 0.1 y 1 $\mu\text{g mL}^{-1}$ | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min^{-1}) | 0.4 | |
| | Inyección (μL) | 5 | |
| | Absorbancia (nm) | - | |
| | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 30 | |
| | Tiempo de retención (min) | Oxitetraciclina: 3.92, Doxiciclina: 4.13, Tetraciclina: 4.87 Clortetraciclina: 5.1 | |
| Cloranfenicol | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector UV-Vis | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Fase móvil | ACN:Agua (20:80) | |
| | Columna | Zorbax Eclipse XDB C8 3 μm (150 x 4.6 mm) | |
| | Curvas de calibración | Cloranfenicol 5-100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min^{-1}) | 1 | |
| | Inyección (μL) | 100 | |
| | Absorbancia (nm) | 280 | |
| | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 30 | |
| | Tiempo de retención (min) | 8.7 | |
| Ampicilina | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector UV-Vis con arreglo de diodos | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Fase móvil | ACN: Agua (1:1), Fosfato de K (K_2HPO_4) 25 mM buffer: ACN (70:30) | |
| | Columna | Zorbax ODS C18 5 μm (250x4.6 mm) | |
| | Curvas de calibración | Ampicilina 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min^{-1}) | 0.8 | |
| | Inyección (μL) | 100 | |
| | Absorbancia (nm) | 204 | |
| | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 25 | |
| | Tiempo de retención (min) | 2.6 | |
| Enrofloxacin y ciprofloxacina | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector de fluorescencia | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Fase móvil | ACN: Ácido acético en agua (2%) (16:84) | |
| | Columna | Zorbax ODS C18 5 μm (250x4.6 mm) | |
| | Curvas de calibración | Enrofloxacin y ciprofloxacina 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min^{-1}) | 1 | |
| | Inyección (μL) | 100 | |
| | Absorbancia (nm) | 295-500 | |
| | Temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | 25 | |
| | Tiempo de retención (min) | Enrofloxacin : 6.6, Ciprofloxacina: 5.4 | |
| Eritromicina | Acoplamiento del HPLC | HPLC-detector UV-Vis con arreglo de diodos | Johnson <i>et al.</i> , 2010 |
| | Fase móvil | K_2HPO_4 20 mM:ACN (30:70) | |
| | Columna | Zorbax ODS-C18 5 μm (250x4.6mm) | |
| | Curvas de calibración | 1000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ | |
| | Flujo de la fase móvil (mL min^{-1}) | 1.4 | |

| | |
|---------------------------|-----|
| Inyección (µL) | 100 |
| Absorbancia (nm) | 210 |
| Temperatura (°C) | 25 |
| Tiempo de retención (min) | 4.9 |

Todos los diluyentes que se utilizan en cromatografía líquida deben ser grado HPLC. El uso de acetonitrilo (ACN) para la fase móvil es común para la determinación de todos los antibióticos indicados en el Cuadro 4.

Agradecimientos

Los autores agradecen los comentarios de los revisores y a Apicultores de Champotón S.P.R de R.I. por facilitar los resultados de análisis de laboratorio de muestras de miel de abeja para la exportación a la Unión Europea.

Financiamiento

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al primer autor durante sus estudios de doctorado.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Cumplimiento de normas éticas

El presente trabajo de revisión se llevó a cabo conforme al código de ética de la Universidad Autónoma Chapingo. No incluye experimentos con animales o con seres humanos.

Disponibilidad de datos

Toda la información y datos utilizados para la presente revisión están disponibles con el autor de correspondencia, previa solicitud.

8. Literatura citada

- Adams, S. J., Fussell, R. J., Dickinson, M., Wilkins, S. and Sharman, M., 2009. Study of the depletion of lincomycin residues in honey extracted from treated honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies and the effect of the shook swarm procedure. *Analytica Chimica Acta*, 637(1-2):315-320. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.09.013>
- Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A. and Ansari, M. J., 2012. Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: Human health hazards. *The Scientific World Journal*. Article ID 930849, 9 pages. <https://doi.org/10.1100/2012/930849>
- Bernal, J., Nozal, M. J., Jiménez, J. J., Martín, M. T. and Sanz, E., 2009. A new and simple method to determine trace levels of sulfonamides in honey by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *Journal of Chromatography A*, 1216(43):7275-7280. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.05.046>
- Bogdanov, S., 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37:1-18. <https://doi.org/10.1051/apido:2005043>

- Bogdanov, S., Ruoff, K. and Persano, O. L., 2004. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. *Apidologie*, 35:S4-S17. <https://doi.org/10.1051/apido:2004047>
- Bogdanov, S., Imdorf, A., Charrierre, J. D., Fluri, P. and Kilchenmann, V., 2003. The contaminants of the bee colony. *Swiss Bee Research Centre Dairy Research Station, Liebefeld, Switzerland*. 12 pages.
- Ciappini, M. C., Gatti, M. B. y Di Vito, M. V., 2013. El color como indicador del contenido de flavonoides en miel. *Revista de Ciencia y Tecnología*, 19(1):59-63
- Christensen, C. H., Platz, E. A., Andreotti, G., Blair, A., Hoppin, J. A., Koutros, S., Lynch, C. F., Sandlery, D. P. and Alavanja, M. C., 2010. Coumaphos exposure and incident cancer among male participants in the Agricultural Health Study (AHS). *Environmental Health Perspectives*, 118(1):92-96. <https://doi.org/10.1289/ehp.0800446>
- Codex Alimentarius (2019). Norma del CODEX para la Miel CODEX STAN 12-1981. Normas internacionales de los alimentos. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012s.pdf> [Consultado el 08 de abril de 2020]
- Comisión de las Comunidades Europeas, Decisión 2005/34/CE, de 11 de enero de 2005, por la que se establecen normas armonizadas para las pruebas de detección de determinados residuos en productos de origen animal importados de terceros países.
- Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2005/34/CE de la Comisión, de 17 de mayo de 2005, por la que se modifica la Directiva 91/414/CEE del Consejo a fin de incluir en ella las sustancias activas etoxazol y tepraloxidim.
- Comisión de las Comunidades Europeas, Directiva 2003/181/CE, de 13 de marzo de 2003, en cuanto al establecimiento de límites mínimos de funcionamiento exigidos (MRPL) para determinados residuos en alimentos de origen animal.
- Comisión Europea, Reglamento (UE) No 37/2010, de 22 de diciembre de 2009, relativo a las sustancias farmacológicamente activas y su clasificación por lo que se refiere a los límites máximos de residuos en los productos alimenticios de origen animal.
- Commission Regulation (ECC) No. 2377/99, 1991. Official Journal of the European Communications, L224, 1.
- Consejo de la Unión Europea, Directiva 2001/110/CE, de 20 de diciembre de 2001, relativa a la miel. El Consejo de la Unión Europea. Diario Oficial de las Comunidades Europea (DO L 10, 12.1.2002, p. 47-52)
- Consejo de la Unión Europea, Directiva 96/23/CE, de 29 de abril de 1996, relativa las medidas de control aplicables respecto de determinadas sustancias y sus residuos en los animales vivos y sus productos y por la que se derogan las Directivas 85/358/CEE y 86/469/CEE y las Decisiones 89/187/CEE y 91/664/CEE (DO L 125 de 23.5.1996, p. 10)
- Consejo de las Comunidades Europeas, Reglamento (CEE) No 2377/90, de 26 de junio de 1990, por el que se establece un procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal (DO L 224 de 18.8.1990, p. 1)
- de Alda-Garcilope, C., Gallego-Picó, A., Bravo-Yagüe, J. C., Garcinuño-Martínez, R. M. and Fernández-Hernando, P., 2012. Characterization of Spanish honeys with protected designation of origin “Miel

- de Granada” according to their mineral content. *Food Chemistry*, 135(3):1785-1788. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.06.057>. Solo resumen. Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814612010308?via%3Dihub>> [Consultado el 03 de marzo de 2020]
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A. y Pranzetti, V., 2010. El color en los alimentos: determinación de color en mieles. *Invenio*, 13(25):145-152.
- Evans, J. D., 2003. Diverse origins of tetracycline resistance in the honey bee bacterial pathogen *Paenibacillus larvae*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 83:46-50. Solo resumen. Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201103000399#!>> [Consultado el 08 de enero de 2020]
- FAO (Food and Agriculture Organization), 2020. Los OGM y la salud humana. [en línea] Disponible en: <<http://www.fao.org/3/X9602S/x9602s06.htm#TopOfPage>> [Consultado el 11 de agosto de 2020]
- FSANZ (Food Standards Australia New Zeland), 2006. Maximum residue limits – oxytetracycline (antibiotics). [en línea] Disponible en: <<https://www.foodstandards.govt.nz>> [Consultado el 16 de mayo de 2020].
- González, N. S., Tamayo, C. J., Vargas, y V. L. y Sauri, D. E., 2011. Permanencia de Antibióticos en la miel de tahonal (*Viguiera dentata*) y su impacto en algunos factores de calidad. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 28: 567-574.
- Government of Canada, 2005. Working Residue Levels (WRLs) for Antimicrobial Residues in Honey. [en línea] Disponible en: < <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/drugs-health-products/veterinary-drugs/legislation-guidelines/policies/working-residue-levels-wrls-antimicrobial-residues-honey-policy-administrative-maximum-residue-limits-working-residue-levels-veterinary-drugs-food.html>> [Consultado el 24 de noviembre de 2020].
- Johnson, S., Jadon, N., Mathur, H. B. and Agarwal, H. C., 2010. Antibiotic Residues in Honey. Centre for Science and Environment, New Delhi, India. [en línea] Disponible en: < https://cdn.cseindia.org/userfiles/Antiboitics_Honey.pdf.> [Consultado el 16 de enero de 2020].
- López, P. K., 2011. Mercado mundial de la miel de abeja. PROCOMER (Promotora del comercio exterior). [en línea] Disponible en: <http://servicios.procomer.go.cr/aplicacion/civ/documentos/Miel%20de%20abeja_Jul-2011.pdf> [Consultado el 16 de mayo de 2020].
- Machado De-Melo, A. A. M, de Almeida-Muradian, L. B., Sancho, M. T. and Pascual-Maté, A., 2017. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57:5-37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>
- Martínez-González, E. G., Arroyo-Pozos, H., Aguilar-Gallegos, N., Álvarez-Coque, J. M. G., Santoyo-Cortés, V. H. y Aguilar-Ávila, J., 2018. Dynamics of adoption of good practices in honey production in the Peninsula of Yucatan, Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 9(1):48–67. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v9i1.4366>
- NJDHSS (New Jersey Department of Health and Senior Services), 1998. Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. Coumaphos. 1998.
- NMX-F-036-NORMEX-2006 (Norma mexicana), 2006. Alimentos-miel-especificaciones y métodos de prueba. Dirección general de normas.

- Oddo, L. P., Piro, R., Bruneau, É., Guyot-Declerck, C., Ivanov, T., Piskulová, J., ... and Von der Ohe, W., 2004. Main European unifloral honeys: Descriptive sheets. *Apidologie*, 35(1):S38-S81. doi: 10.1051/apido:2004049
- OMS/Codex Alimentarius/FAO, 2011. Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del codex sobre contaminantes de los alimentos.
- Ortelli, D., Edder, P. and Corvi, C., 2004. Analysis of chloramphenicol residues in honey by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Chromatographia*, 59(1-2):61-61. <https://doi.org/10.1365/s10337-003-0132-5>
- Oyarzun, M. T., Figueroa, Á. y Tartanac, F., 2005. Oportunidad de mejoramiento en la calidad e inocuidad de la cadena productiva de la miel en Chile. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 101 p.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No 470/2009, de 6 de mayo de 2009, por el que se establecen procedimientos comunitarios para la fijación de los límites de residuos de las sustancias farmacológicamente activas en los alimentos de origen animal.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No 1829/2003, de 22 de septiembre de 2003, sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Reglamento (CE) No 1830/2003, de 22 de septiembre de 2003, relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de éstos.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, Directiva 2001/18/CE, de 12 de marzo de 2001, sobre la liberación intencional en el medio ambiente de organismos modificados genéticamente y por la que se deroga la Directiva 90/220/CEE del Consejo - Declaración de la Comisión.
- Piedras, G. B. y Quiroz, G. D. L., 2007. Estudio melisopalínológico de dos mieles de la porción Sur del Valle de México. *Polibotánica*, (53):57-75.
- Pozo, K. J., Manquian, T. N., Neira, C. M. y Mansilla, T. R., 2004. Evaluación de un método de análisis de residuos de sulfamidas, en miel, por cromatografía líquida de alto rendimiento. *Agro Sur*, 32(2):87-93. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2004.v32n2-10>
- Requena, M. M., 2014. Determinación de tetraciclinas en miel por HPLC-MS/MS. Validación del procedimiento analítico. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia, España. 13 p.
- Reybroeck, W., Daeseleire, E., De Brabander, H. F. and Herman L., 2012. Antimicrobials in beekeeping. *Veterinary Microbiology*, 158(1-2):1-11. Solo resumen. Disponible en: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378113512000326>> [Consultado el 05 de febrero de 2020]
- Reybroeck, W., Jacobs, F. J., De Brabander, H. F., and Daeseleire, E., 2010. Transfer of sulfamethazine from contaminated beeswax to honey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58(12):7258-7265. Solo resumen. Disponible en: <<https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/jf1005275>> [Consultado el 03 de marzo de 2020]
- Reynaldi, F. J., Lacunza, J., Alippi, A. M. y Rule, R., 2010. Unión de los antibióticos tilosina, tilmicosina y oxitetraclina a proteínas presentes en abejas, larvas y productos de la colmena de *Apis mellifera* L. *Revista Argentina de Microbiología*, 42:279-283.

- Reynaldi, F. J., 2006. Evaluación de antibióticos para el control de *Loque americana* en colmenas de abejas melíferas. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Universidad Nacional de la Plata, Argentina. 123 p.
- Rodríguez, G. D., 2007. Impacto social de la presencia de residuos químicos de síntesis en los productos de la colmena. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 8(10):1-12.
- SAGARPA-SENASICA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación– Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), 2015. Programa especial de inocuidad de la miel. *Claridades Agropecuarias*, 137:21-26.
- Saridaki-Papakonstadinou, Andredakis, S., Burriel, A. and Tsachev, I., 2006. Determination of tetracycline residues in Greek honey. *Trakia Journal of Sciences*, 4(1):33-36
- Schütz, V., Lehnert, S. y Nüssel, M., 2015. Definición de la calidad y su importancia. In Petersen B., Nüssel M., Hamer M., Maldonado S. E., Altamirano C. J. R., Martínez H. P. A. y Valdivia A. R. (Eds.), *Gestión de la calidad y riesgos en las cadenas agroalimentarias*. Colegio de Postgraduados, México. pp. 34-39.
- Senserson, J. P., Naisbitt, D. J., and Park, B. K., 2006. Role of bioactivation in drug-induced hytpersensitivity reactions. *The AAPS Journal*, 8: E55–E64. Solo resumen. Disponible en: <<https://link.springer.com/article/10.1208/aapsj080107#Bib1>> [Consultado el 03 de septiembre de 2020]
- Silva, S. J. N. D., Schuch, P. Z., Vainstein, M. H., and Jablonski, A., 2008. Determinação do 5-hidroximetilfurfural em méis utilizando cromatografia eletrocinética capilar micelar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28:46-50. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000500008>
- Subovsky, M. J., Castillo, A. E., Sosa, L. A. y Cano, N., 2002. Importancia de la calidad de la miel. *Agrotecnia*, 9:25-28. <http://dx.doi.org/10.30972/agr.09470>
- Subovsky, M. J., Sosa, L. A., Castillo, A., y Cano N., 2004. Evaluación del contenido de hidroximetilfurfural en mieles del nordeste argentino. *Agrotecnia*, 12:32-33. <http://dx.doi.org/10.30972/agr.012454>
- Ulloa, J. A., Mondragón Cortez, P. M., Rodríguez Rodríguez, R., Reséndiz Vázquez, J. A. y Rosas Ulloa, P., 2010. La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente* 2(4):11-18.
- Wang, S., Zhang, H. Y., Wang, L., Duan, Z. J. and Kennedy, I., 2006. Analysis of sulphonamide residues in edible animal products: A review. *Food Additives and Contaminants*, 23(4): 362–384. Solo resumen. Disponible en: <<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/02652030500499359?scroll=top&needAccess=true>> [Consultado el 03 de abril de 2020]

CAPÍTULO 3. SUGARS AND °BRIX IN HONEY FROM *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, AND COMMERCIAL HONEY FROM A LOCAL MARKET IN MEXICO

Sugars and °Brix in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and commercial honey from a local market in Mexico

Castillo Martínez Teresa¹

 0000-0002-0179-0804

García Osorio Cecilia²

 0000-0001-8583-1193

García Muñoz José Guadalupe^{1*}

 0000-0001-8335-2586

Aguilar Ávila Jorge³

 0000-0002-6129-7050

Ramírez Valverde Rodolfo¹

 0000-0002-3185-8494

¹Posgrado en Producción Animal,
Universidad Autónoma Chapingo,
Chapingo, México

²Colegio de Postgraduados,
Campus Montecillo, México

³Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas
de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM),
Universidad Autónoma Chapingo,
Chapingo, México

*Corresponding authors:

Email address:

jgarciamppa@hotmail.com

Abstract

Fructose and glucose are the main sugars in honey, and their concentration is expected to correspond with the specifications of official standards. The objective of the study was to compare the composition of sugars and °Brix in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees, and a product marketed as bee honey in a local market. The sugar content was determined by high-performance liquid chromatography (HPLC) with a refractive index detector, and °Brix was determined with a refractometer. None of the honey analyzed had detectable levels of sucrose. The average concentration of fructose and glucose in honey was 36.4 and 28.9 g 100 g⁻¹ for *Apis mellifera*, and 38.5 and 28.2 g 100 g⁻¹ for honey from *Melipona beecheii*. For honey from the local market, the respective concentrations of these sugars were 7.5 and 17.0 g 100 g⁻¹. The fructose:glucose ratio (F:G) was higher than one in *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* honey, and 0.4 for honey from the local market. The three types of honey compared had similar values for °Brix. It is concluded that the studied honey of *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* have similar qualities that are within international standards. In contrast, the product marketed as bee honey in the local market did not meet official regulations specifications, neither about the minimum concentrations of fructose and glucose nor the F:G ratio, which classifies it as potentially adulterated honey.

Keywords: *Honey quality, Honey adulteration, Africanized bees, Melipona bees*

Introduction

Bee honey is a sweet natural substance produced by worker bees from flower nectar and other extra-floral secretions that bees suck, transport, transform, combine with other substances, dehydrate, concentrate and store in honeycombs.^{1,2} The characteristics of honey vary according to botanical and geographic origin, the climatic conditions where it was produced, and how it was processed and stored.³ The main components of honey are carbohydrates and water.³ Sugars such as fructose, glucose and sucrose are the main carbohydrates present in honey, and together they constitute 95 to 99% of honey's dry matter.⁴ Bee honey also contains other disaccharide carbohydrates such as maltose, isomaltose, oligosaccharides, and tetrasaccharides.⁵ Furthermore, bee honey contains various minor substances, including enzymes, amino acids, organic acids, antioxidants, vitamins and minerals.⁶

Any product that does not comply with those mentioned above cannot be called honey, as is the case with sugar syrups and plant syrup. Also, honey must not contain additives, organic and inorganic substances different from its composition.⁷

The total soluble solids content in honey is expressed in degrees Brix (°Brix), related to the sugar content. The °Brix value obtained using the refractometer represents the percentage of sugars in honey. This parameter is related to the moisture content since the second most abundant honey component is water, which is expressed as a percentage of moisture in honey.⁸

Based on this background, the objective of this research was to determine and compare the composition of sugars and degrees Brix (°Brix) in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees from various Mexican states, in addition to a commercialized product in the local market and that due to its characteristics could be considered as potentially adulterated honey.

Materials and methods

Honey samples collection

The honey samples from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* analyzed were collected in different states of Mexico and from various botanical sources, depending on the site where they were collected (Table 1).

Table 1. Origin and distribution of the honey samples analyzed in this study.

| Region ¹ | State ² | Bee species | n ³ | Botanical source ⁴ |
|---------------------|--------------------|--------------------------|----------------|---|
| Humid tropic | Campeche | <i>Apis mellifera</i> | 2 | Multifloral |
| | Quintana Roo | <i>Apis mellifera</i> | 1 | Multifloral |
| | Yucatán | <i>Apis mellifera</i> | 1 | Multifloral |
| | Yucatán | <i>Melipona beecheii</i> | 2 | Multifloral |
| | Chiapas | <i>Apis mellifera</i> | 2 | Multifloral |
| Dry tropic | Oaxaca | <i>Apis mellifera</i> | 2 | Chalahuite (<i>Inga vera</i>) and multifloral |
| | Guerrero | <i>Apis mellifera</i> | 3 | Coconut (<i>Cocos nucifera</i>) and multifloral |
| Temperate | Guerrero | <i>Melipona beecheii</i> | 1 | Multifloral |
| | Puebla | <i>Apis mellifera</i> | 3 | Mezquite (<i>Prosopis velutina</i>), acahual (<i>Tithonia tubiformis</i>) and palo dulce or palo azul (<i>Eysenhardtia polystachya</i>) |
| | Estado de México | Unknown | 3 | Unknown origin |

¹Region: climatic region of Mexico, ²State: state within Mexico, ³n: number of honey samples, ⁴Botanical source: floral origin of honey samples.

Once the honey was extracted from the different hives, a sample of 250 g of mixed honey was taken. There were 20 samples of honey (14 from *Apis mellifera*, three from *Melipona beecheii*, and three from a product marketed locally as bee honey). To obtain the samples from the local market, three 250 g glass containers filled with honey from a vendor known for offering honey were chosen.

Laboratory analysis

The determination of °Brix was made with de-crystallized honey using a refractometer, at a temperature of 22 °C. High-performance liquid chromatography (HPLC) was used for the determination of sugars, with a refractive index detector. The samples were analyzed in triplicate for sugars and quadruplicate for °Brix.

The reagents used were acetonitrile, methanol, water and standards for glucose, fructose and sucrose; all reagents were HPLC grade. The materials and equipment used were 1.8 mL glass vials, 10 and 5 mL 'class A' volumetric flasks, 47 mm and 0.47 μm NYLON filtration membranes, SPE Chromabond C18 ec 3 mL 500 mg^{-1} cleaning cartridges, acrodisk 0.47 μm , vacuum filtration system, analytical balance and 5 mL plastic syringe.

The procedure followed was the preparation of 40 mL of methanol:water solution A (1:9). The mobile phase was acetonitrile:water (80:20). For the standard solution (DP), 0.1 g of glucose, fructose and sucrose standards were weighed; they were all placed together in a 10 mL flask, dissolved with solution A and brought to gauging, reaching the concentration of 10 mg mL^{-1} . To know the retention time of each standard, 0.1 g of each was weighed individually. For the standard solution, 5 mL of DP was transferred to a 10 mL flask, and it was filled with the mobile phase until reaching the concentration of 5 mg mL^{-1} .

The three previous standards were injected into the HPLC to know the retention time of fructose, glucose, and sucrose. For the quantification of sugars in the honey samples analyzed, a calibration curve of 0.3 to 5 mg mL^{-1} was used.

The honey samples' preparation was carried out using the procedure described by Karkacier et al.⁹ One gram of each sample was weighed on an analytical balance. The sample was diluted with HPLC grade water, transferred to a 10 mL volumetric flask and gauged with the same water. Subsequently, 1 mL of the solution was taken, transferred to a 10 mL flask and washed with HPLC water.

For the solid-phase extraction, the Macherey-Nagel technique was used, which consisted of cleaning the honey sample through cartridge filtration or a cleaning column placed on universal support.¹⁰ The vacuum was generated with a 5 mL syringe's help, attached to a particular hose extension. The cleaning cartridge was conditioned with 6 mL of methanol and then 6 mL of HPLC water at the rate of one drop per second. Methanol was recovered and placed in the toxic waste container. At each stage, care was taken to ensure that the chromatographic bed did not dry. Once the cleaning cartridge was conditioned, 1 mL of the honey samples' ultimate solution was deposited

inside the cartridge. The sample was sucked without drying the chromatographic bed, and the eluate was recovered in a 5 mL flask; 3 mL of HPLC water was added to the column to recover the sugars and mixed with the above eluate. In this last step, the chromatographic bed was brought to dryness. Subsequently, the flask was washed with HPLC water. Finally, 1 mL of the solution resulting from the solid phase extraction was taken, passed through an acrodisk, and placed in the HPLC's autosampler vial for analysis.

Statistical analyses

The MEANS procedure was used to obtain the descriptive statistics, and the SAS MIXED procedure was used for the analysis of variance and covariance.¹¹ For the variables of sugar concentration (fructose, glucose, fructose + glucose), the ratio of fructose:glucose (F:G) and °Brix, the adjusted statistical model was as follows:

$$y_{ijk} = \mu + S_i + EF_j + e_{ijk}$$

Where: y_{ijk} is the registered value for each one of the analyzed variables (fructose, glucose, fructose + glucose, F:G ratio, and ° Brix); μ is the overall mean; S_i is the effect of the i^{th} species of bee ($i = Apis mellifera, Melipona beecheii,$ and *unknown*); EF_j is the random effect of the j^{th} subclass, formed by the combination of the Mexican State where the honey samples were collected and the type of flowering origin of the honey analyzed; \sim NIID($0, \sigma_{EF}^2$); e_{ijk} is the random error \sim NIID($0, \sigma_e^2$). The least-square means for bee species were compared with the Tukey test.

The association between °Brix and the concentrations of fructose, glucose, fructose + glucose, and the F:G ratio was analyzed only for *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* because they both had more available data. For each of the sugar content variables in honey, the °Brix reading relationship was analyzed by fitting a mixed linear model without the overall mean, using the 'noint' option in the model statement. Likewise, the solution to the fixed effects of the model was obtained by specifying the 'solution' option in the model statement of the SAS MIXED procedure.¹¹ The fixed effect solutions corresponded to coefficients of regression of °Brix on the concentration of each one of the modeled sugars in honey. The adjusted statistical model was as follows:

$$y_{ijk} = \beta_{0i}S_i + \beta_{1i}S_iX_{ijk} + \beta_{2i}S_iX_{ijk}^2 + EF_j + e_{ijk}$$

Where: y_{ijk} is the k^{th} record of °Brix, from the i^{th} bee species, and the j^{th} subclass formed by the combination of Mexican State and the type of flowering origin of the honey; β_{0i} , β_{1i} , and β_{2i} are, respectively, the regression coefficients for the intercept, and the linear and quadratic slopes of the regression of °Brix on each of the independent variables analyzed, for the i^{th} bee species; EF_j is the random effect of the j^{th} subclass formed by the combination of Mexican State and the type of flowering origin of the honey \sim NIID($0, \sigma_{EF}^2$); e_{ijk} is the random error \sim NIID($0, \sigma_e^2$).

Results and discussion

Table 2 shows the average sugar concentrations and °Brix readings for the honey analyzed. According to the Official Mexican Standard NMX-F-036- NORMEX-2006, *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* honey met the specifications of 63.88 g 100 g⁻¹ of honey as a minimum for fructose + glucose values and a maximum glucose concentration of 38 g 100 g⁻¹ of honey. However, the sugar concentration in the product marketed in the local market as honey was lower than that specified by the Mexican standard. As for sucrose, no detectable levels were found in any of the samples analyzed. According to the Codex Alimentarius,¹ the honey analyzed from the two species of bees met the specifications regarding the concentration of sugars (fructose + glucose) greater than 60 g 100 g⁻¹ of honey and sucrose less than 5 g 100 g⁻¹ of honey.

Table 2. Descriptive statistics for the composition of sugars and °Brix in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as honey in a local market in Mexico.

| Bee species/Variable | n ¹ | Min. | Max. | Mean | SD ² | CV ³ (%) |
|--|----------------|------|------|------|-----------------|---------------------|
| <i>Apis mellifera</i> | | | | | | |
| Fructose (g 100 g ⁻¹ honey) | 42 | 31.9 | 41.6 | 36.4 | 2.49 | 6.56 |
| Glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 42 | 21.4 | 38.7 | 28.9 | 4.36 | 15.08 |
| Fructose + glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 42 | 53.4 | 77.5 | 65.2 | 6.05 | 9.28 |
| Fructose:glucose ratio | 42 | 1.0 | 1.6 | 1.3 | 0.17 | 12.91 |
| °Brix | 56 | 76.7 | 81.5 | 79.3 | 1.30 | 1.64 |
| <i>Melipona beecheii</i> | | | | | | |
| Fructose (g 100 g ⁻¹ honey) | 9 | 36.6 | 40.0 | 38.5 | 1.20 | 3.11 |
| Glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 9 | 25.1 | 32.1 | 28.2 | 2.69 | 9.51 |
| Fructose + glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 9 | 62.4 | 71.7 | 67.7 | 3.72 | 5.50 |
| Fructose:glucose ratio | 9 | 1.24 | 1.5 | 1.4 | 0.10 | 6.93 |
| °Brix | 12 | 72.5 | 80.4 | 76.0 | 3.03 | 3.99 |
| <i>Unknown honey bee species</i> ⁴ | | | | | | |
| Fructose (g 100 g ⁻¹ honey) | 3 | 7.0 | 7.9 | 7.5 | 0.46 | 6.21 |
| Glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 3 | 16.9 | 17.1 | 17.0 | 0.13 | 0.76 |
| Fructose + Glucose (g 100 g ⁻¹ honey) | 3 | 24.1 | 25.0 | 24.5 | 0.43 | 1.76 |
| Fructose:glucose ratio | 3 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.03 | 6.52 |
| °Brix | 4 | 81.1 | 81.4 | 81.3 | 0.13 | 0.16 |

¹n: number of observations, ²SD: standard deviation, ³CV: coefficient of variation, ⁴Unknown honey bee species: product sold as bee honey in local market.

The NMX-F-036-NORMEX-2006 and Codex Alimentarius standards are specific for *Apis mellifera* honey. There is no standard for honey from *Melipona beecheii*. Although the content of fructose and glucose in *Melipona beecheii* honey found in this study are within the specifications of these standards, there could be one or more components in *Melipona beecheii* honey that does not comply with these standards. Thus, it is necessary to establish a standard that regulates the quality of honey from *Melipona beecheii*.

The fructose content in the honey of *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* was not different ($p < 0.05$); however, the fructose content was 79 and 80% higher than that found in the product marketed as bee honey in the local market. The glucose content was different ($p < 0.05$) for the three types of honey analyzed. Honey from *Melipona beecheii* had 9% higher glucose content than that of *Apis mellifera*, and the latter had 42% higher glucose concentration than the product marketed as honey on the local market (Figure 1).

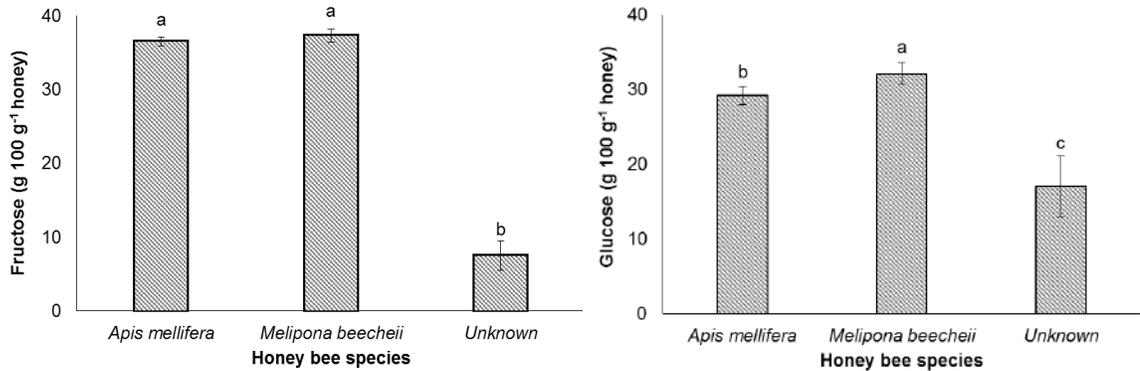


Figure 1. Concentration of fructose and glucose in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as honey in a local market in Mexico. Different literals between bars indicate significant differences ($p < 0.05$).

The sugar content in the honey of *Apis mellifera* was slightly lower than that reported by Olaitan et al.⁴ (38.2% fructose and 31.3% glucose). On the other hand, de Almeida-Muradian et al.⁵ reported higher fructose and glucose concentrations in *Apis mellifera* honey (38.78 and 23.50, respectively) than in *Melipona beecheii* honey (29.21 and 21.76), which was different from what was found in this study. In Brazil, de Almeida-Muradian et al.¹² found concentrations of fructose and glucose in *Melipona beecheii* honey of 31.61 and 29.33%, which was lower than what was found in this study. Similarly, Fonte et al.¹³ reported fructose and glucose concentrations of 34.11 and 29.30 in honey from *Melipona beecheii*.

The concentration of fructose + glucose was different ($p < 0.05$) in the honey analyzed, with honey from *Melipona beecheii* having the highest concentration. The lowest concentration of fructose + glucose was presented by the product marketed as honey in the local market. However, *Apis mellifera* honey presented the highest F:G ratio of the three compared honey (Figure 2).

According to international standards for *Apis mellifera* honey for export to the European Union, the F:G ratio's value must be greater than 1.¹⁴ In Brazil, de Almeida-Muradian et al.¹² reported a value of 1.12 for the F: G ratio in *Melipona beecheii* honey; this value was lower than what was found in the present study for both bee species.

According to *Apis mellifera* honey standards, regarding the content of the sugars analyzed in this study, the product marketed as honey on the local market cannot be

classified as such and must be considered as potentially adulterated or false honey. If this product were adulterated with sugar syrup or fructose, there would have been sucrose in the chromatographic analysis, or the concentration of fructose would have been higher than that obtained in the analysis. Figure 2 shows that the fructose + glucose concentration and the F:G ratio are 59 and 56% lower than the minimum values specified in the standards.

For °Brix (Figure 3), *Apis mellifera* honey was not different ($p < 0.05$) from the product marketed as bee honey in the local market. *Melipona beecheii* honey was the one with the lowest °Brix reading.

The soluble solids content (°Brix) in the analyzed honey was similar to that reported by López et al.¹⁵ in *Apis mellifera* honey (78.7 to 84.3 °Brix), and agrees with the range of 78.5 to 81.37 °Brix reported by Tapia-Campos et al.¹⁶ Damasceno do Vale et al.¹⁷ found values of 67.5 °Brix in honey from *Melipona beecheii* bees, which was lower than what was found in this study. The low °Brix value in honey from *Melipona beecheii* was possibly due to its higher moisture content than in honey from *Apis mellifera*. Damasceno do Vale et al.¹⁷ reported average moisture percentages of 38.5% in honey from *Melipona beecheii* bees, ranging from 27.7 to 45.8%. In contrast, in a literature review, Machado De-Melo et al.³ found a range of 13 to 25% for the percentage of moisture in honey from *Apis mellifera*.

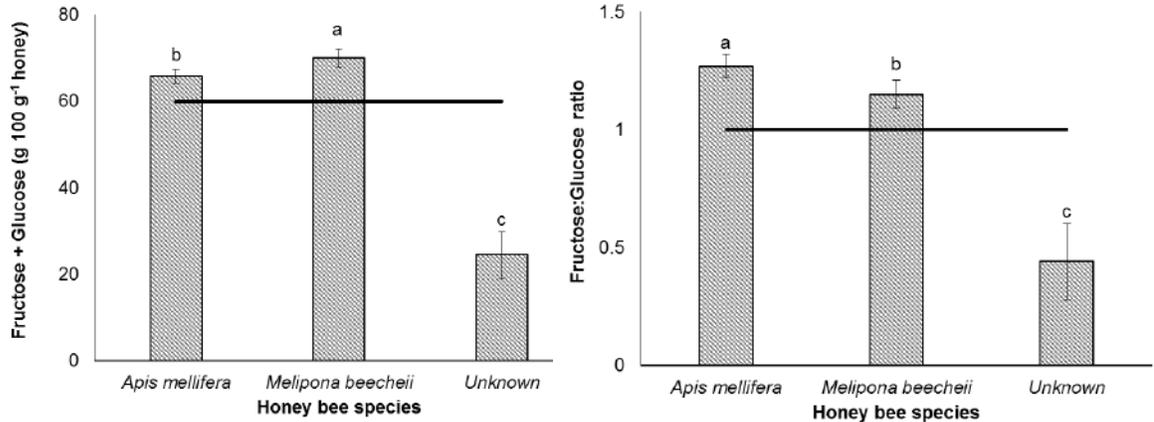


Figure 2. Fructose + glucose concentration and fructose: glucose ratio in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as bee honey in a local market in Mexico. The horizontal line indicates the minimum value of fructose + glucose for *Apis mellifera* honey, specified by the Codex Alimentarius (1), and the fructose:glucose ratio for *Apis mellifera* honey for export to the European Union (14). Different literals between bars indicate significant statistical differences ($p < 0.05$).

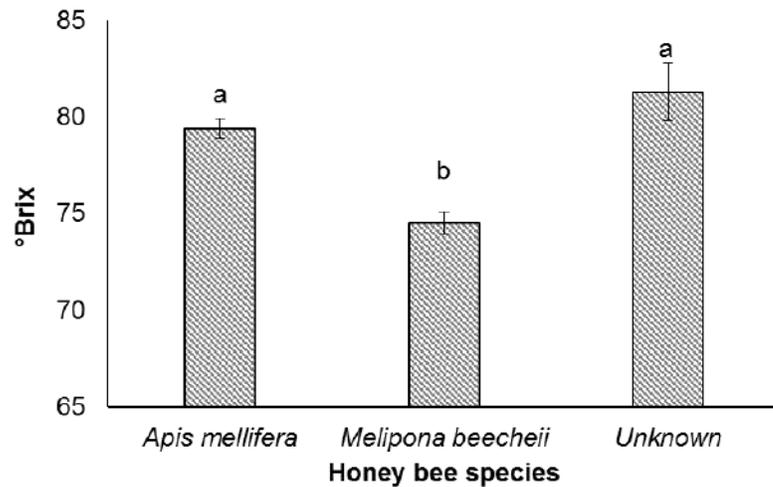


Figure 3. °Brix in honey from *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, and product marketed as bee honey in a local market in Mexico. Different literals between bars indicate significant statistical differences ($p < 0.05$).

Based on the analyzed honey results, as there were no differences in °Brix between *Apis mellifera* honey and the product marketed as honey on the local market, it is not convenient to use this parameter to determine the authenticity of the honey from the local market.

Figure 4 shows the effect of fructose and glucose concentration on the soluble solids content (°Brix) for the honey of *Apis mellifera* and *Melipona beecheii*. For *Apis mellifera* honey, as fructose increases, the °Brix value decreases linearly; however, as glucose increases, the °Brix value displays a quadratic trend. In honey from *Melipona beecheii* bees, as both sugars increased in honey, the °Brix value decreased.

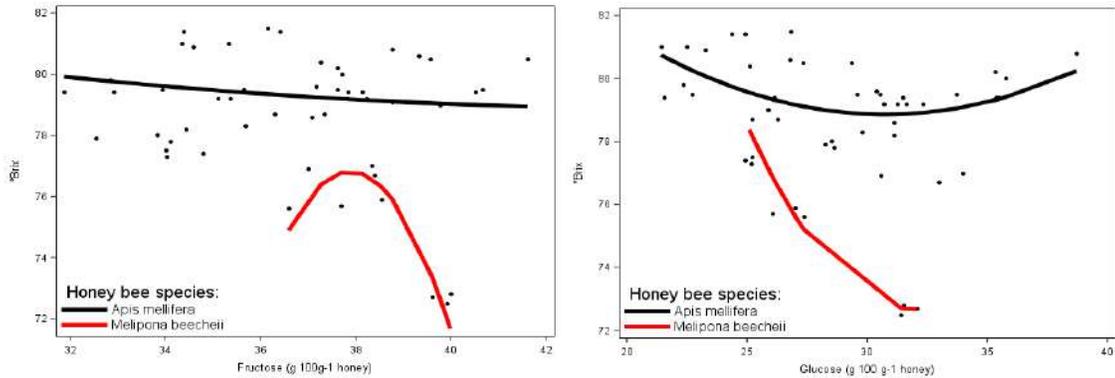


Figure 4. Solutions to the fitted regression lines of °Brix on the concentration of fructose (left panel) and glucose (right panel) in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees.

Figure 5 shows the effect of the fructose + glucose concentration and the F:G ratio on the soluble solids content (°Brix) for the honey of *Apis mellifera* and *Melipona beecheii*. In both bee species, the °Brix in honey decreased as the fructose + glucose concentration increased, contrary to what occurs as the F:G ratio increases.

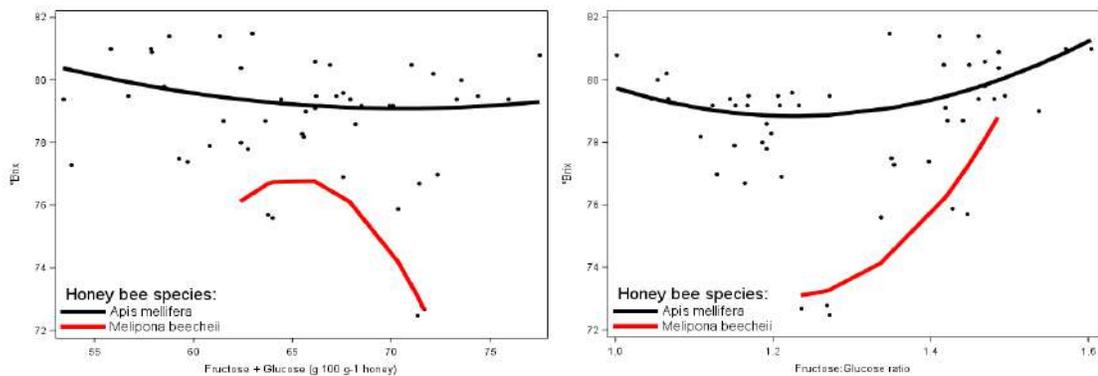


Figure 5. Solutions to the fitted regression lines of °Brix on the concentration of fructose + glucose and the fructose:glucose ratio in honey from *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* bees.

Conclusions

The concentration of fructose, glucose and the sum of both in *Apis mellifera* and *Melipona beecheii* honey comply with the specifications of the NMX-F-036-NORMEX-2006 and Codex Alimentarius standards, while the product marketed as bee honey in the local market does not meet these standards. The non-detection of sucrose in the product marketed in the local market indicates that it is not sugar syrup, and according to its fructose concentration, it cannot be fructose either. If only the °Brix value is considered, this adulterated product can pass as genuine honey.

Acknowledgments

The authors appreciate the National Council of Science and Technology (CONACyT) for the first author's scholarship during her doctoral studies.

Conflict of interest

There were no conflicts of interest.

Author contributions

All authors contributed to the generation of data, analysis, interpretation, discussion and document writing.

References

1. Codex Alimentarius. Norma del CODEX para la Miel CODEX STAN 12-1981. 2019. Normas Internacionales de los Alimentos.
2. NMX-F-036-NORMEX-2006. Miel de abeja. Especificaciones. Norma Mexicana de la miel.
3. Machado De-Melo AA, de Almeida-Muradian LB, Sancho MT, Pascual-Maté A. Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. J Apicult Res 2017;57:5-37.
4. Olaitan PB, Adeleke OE, Ola IO. Honey: A reservoir for microorganisms and an inhibitory agent for microbes. Afr Health Sci 2007;7(3):159-165.
5. de Almeida-Muradian LB, Stramm KM, Horita A, Barth OM, da Silva de Freitas A, Estevinho LM. Comparative study of the physicochemical and palynological

- characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. Int J Food Sci Tech 2013;48(8):1698-1706.
6. Ulloa JA, Mondragón Cortez PM, Rodríguez Rodríguez R, Reséndiz Vázquez JA, Rosas Ulloa P. La miel de abeja y su importancia. Revista Fuente 2010;2(4):11-18.
 7. Méndez PK, López VE, Portilla MM. Estudio comparativo de las propiedades fisicoquímicas de miel natural y miel sometida a proceso comercial. @limentech 2011;9(1):14-21.
 8. Fattori SB. La miel: propiedades, composición y análisis físico-químico [Honey: Properties, composition and physicochemical analysis]. Buenos Aires, Argentina: Apimondia 2004.
 9. Karkacier M, Erbas M, Uslu MK, Aksu M. Comparison of different extraction and detection methods for sugars using amino-bonded phase HPLC. J Chromatogr Sci 2003;41:331-333.
 10. Macherey-Nagel. Solid phase extraction. Application guide. Duren, Alemania. 245 p. Consultado: 25 octubre de 2018. Disponible en: ftp://ftp.mn-net.com/english/Flyer_Catalogs/Chromatography/SPE/SPE_Applis.pdf
 11. SAS. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2016.
 12. de Almeida-Muradian LB, Matsuda AH, Bastos DHM. Physicochemical parameters of Amazon Melipona honey. Quim Nova 2007;30(3):707-708.
 13. Fonte L, Díaz M, Machado R, Blanco D, Demedio J, García A. Caracterización físico-química y organoléptica de miel de *Melipona beecheii* obtenida en sistemas agroforestales. Past. y forr. 2013;36(3):345-349.
 14. Oddo LP, Piro R. Main European unifloral honeys: descriptive sheets. Apidologie 2004;35:S38-S81.
 15. López CA, Juan BM, Escriche RI. Caracterización fisicoquímica de mieles de espliego y tomillo de la comunidad valenciana. Instituto Universitario de Ingeniería de Alimentos para el Desarrollo (IUIAD), Departamento de Tecnología de Alimentos(DTAL), Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España. 2015.
 16. Tapia-Campos E, Castañeda-Saucedo MC, del Pilar Ramírez-Anaya J, Macías-Macías JO, Barajas-Pérez JS, Tapia-González JM, Alaniz-Gutierrez L. Physical-

chemical characterization, phenolic content and consumer preferences of *Apis Mellifera* honey in southern Jalisco, Mexico. *Interciencia* 2017;42(9):603-609.

17. Damasceno do Vale MA, Gomes FA, Cunha dos Santos BR, Batista Ferreira, J. Honey quality of *Melipona* sp. bees in Acre, Brazil. *Acta Agron.* 2018;67(2):201-207.

Este artículo será enviado a la revista *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*

CAPÍTULO 4. PERFIL SOCIOECONÓMICO DE LA APICULTURA EN CAMPECHE Y QUINTANA ROO, MÉXICO

SOCIO-ECONOMIC PROFILE OF BEEKEEPING IN CAMPECHE AND QUINTANA ROO, MEXICO

Teresa Castillo-Martínez¹, J. Guadalupe García-Muñoz^{1*}, Jorge Aguilar-Ávila²,
Rodolfo Ramírez-Valverde¹

¹Posgrado en Producción Animal. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5
Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México
(castillo.tremss@gmail.com, jgarciamppa@hotmail.com, rrv33@hotmail.com).

²Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la
Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM). Universidad Autónoma
Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de
México (jaguilar@ciestaam.edu.mx)

*Autor de correspondencia: jgarciamppa@hotmail.com

RESUMEN

La apicultura tiene un alto valor social y económico en México. De ella dependen 43 mil apicultores, que juntos tienen dos millones de colmenas. La Península de Yucatán es la principal región productora y exportadora de miel. El objetivo fue calcular los indicadores sociales y económicos de la apicultura en Campeche y Quintana Roo, México. Una muestra aleatoria (n = 1,460) de apicultores de estos

estados respondió un cuestionario estructurado. Los promedios (\pm D.E.) para los apicultores de Campeche y Quintana Roo fueron 45.7 ± 14.1 y 48.2 ± 13.4 años de edad, 6.2 ± 3.7 y 5.3 ± 3.4 años de escolaridad, 15.3 ± 11.5 y 15.9 ± 11.9 años de experiencia, 3.0 ± 1.7 y 1.3 ± 1.3 personas contratadas, 2.2 ± 1.5 y 1.7 ± 1.0 apiarios/apicultor, 53.0 ± 46.7 y 35.8 ± 28.1 colmenas/apicultor, 3.5 ± 1.3 y 3.7 ± 1.3 cosechas de miel/año, 22.0 ± 12.1 y 27.8 ± 14.4 kg de miel/colmena/año, 28.6 ± 1.8 y 27.2 ± 2.6 pesos/kg de miel vendida, 26.5 ± 17.9 y 21.5 ± 15.3 pesos/kg de miel producida. La apicultura en Campeche y Quintana Roo genera ingresos y empleo para apicultores de edad avanzada con poca educación formal. Su futuro depende del cambio generacional con apicultores jóvenes y educados propensos a utilizar tecnologías que garanticen la competitividad de la apicultura en la Península de Yucatán.

Palabras clave: importancia social de la apicultura, importancia económica de la apicultura, Península de Yucatán.

ABSTRACT

Beekeeping has a high social and economic value in Mexico. Around 43 thousand beekeepers depend on it, and together they have two million hives. The Yucatan Peninsula is the leading honey-producing and exporting region. The objective was to calculate social and economic indicators of beekeeping in Campeche and Quintana Roo, Mexico. A random sample ($n = 1,460$) of beekeepers from these two states answered a structured questionnaire. The averages (\pm SD) for

beekeepers from Campeche and Quintana Roo were 45.7 ± 14.1 and 48.2 ± 13.4 years of age, 6.2 ± 3.7 and 5.3 ± 3.4 years of schooling, 15.3 ± 11.5 and 15.9 ± 11.9 years of experience, 3.0 ± 1.7 and 1.3 ± 1.3 people hired, 2.2 ± 1.5 and 1.7 ± 1.0 apiaries/beekeeper, 53.0 ± 46.7 and 35.8 ± 28.1 hives/beekeeper, 3.5 ± 1.3 and 3.7 ± 1.3 honey harvests/year, 22.0 ± 12.1 and 27.8 ± 14.4 kg of honey/hive/year, 28.6 ± 1.8 and 27.2 ± 2.6 pesos/kg of honey sold, 26.5 ± 17.9 and 21.5 ± 15.3 pesos/kg of honey produced. Beekeeping in Campeche and Quintana Roo generates income and employment for old age beekeepers with little formal education. Its future depends on the generational change with young and educated beekeepers prone to use technologies that guarantee the competitiveness of beekeeping in the Yucatan Peninsula.

Keywords: social importance of beekeeping, economic importance of beekeeping, Yucatan Peninsula.

INTRODUCCIÓN

La apicultura en México tiene un alto valor social, económico y ecológico (Contreras-Escareño *et al.*, 2013), y su importancia social y económica es por la generación de ingresos, empleos y divisas para las familias del medio rural que se dedican a esta actividad (Magaña *et al.*, 2012; Magaña *et al.*, 2017). En México existen unos 43 mil apicultores, quienes en conjunto poseen 2 millones de colmenas (SADER, 2020). De acuerdo con estadísticas de FAO-FAOSTAT (2019), esto ha permitido que México se ubique como el décimo país productor de miel (después de China, Turquía, Canadá, Argentina, Irán, Estados Unidos de

América, Ucrania, India y Rusia) y séptimo exportador de miel (después de China, India, Argentina, Ucrania, Brasil y Alemania) en el mundo. Según los datos de la FAO, la producción media anual de miel de abeja en México en el periodo 2010 a 2019 fue 58,414.0 t y el volumen promedio de exportación durante el mismo periodo fue 33,782.0 t, generando la exportación de miel mexicana un ingreso promedio anual de 107.4 millones de dólares. Los principales destinos de la miel mexicana son Alemania, Estados Unidos de América, Reino Unido y Arabia Saudita (SADER, 2021).

Alrededor de 50% de la miel que se produce en México se concentra en la región sur-sureste del país, donde se practica una apicultura tradicional con reducido uso de tecnología. En esta región del país se encuentran apicultores que poseen desde un par de colmenas hasta aquéllos con más de mil (Martínez y Pérez, 2013). Los principales estados productores y exportadores de miel en México son Yucatán, Campeche y Quintana Roo, quienes constituyen la región de la península de Yucatán (Güemes *et al.*, 2006), mismos que aportan 33% de la producción nacional de miel (SIAP, 2019). De la miel que se produce en la península de Yucatán, alrededor de 95% se exporta (Güemes *et al.*, 2003; Güemes *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2018), debido al bajo consumo per cápita de la miel en México (Güemes *et al.*, 2006) y a su posicionamiento en el mercado mundial por sus características organolépticas.

Las condiciones climáticas y florísticas de la península de Yucatán permiten establecer apiarios fijos, obtener mayor número de cosechas y mejores rendimientos por colmena por año que en el resto del país (SIAP, 2016). El

periodo de cosecha y exportación de miel en la Península de Yucatán abarca de enero a mayo (Pat *et al.*, 2020). Sin embargo, Güemes *et al.* (2006) señalaron que, de acuerdo con la percepción de los apicultores, la productividad y los beneficios derivados de la apicultura estaban decreciendo, debido a la llegada de la abeja africanizada a México, además de la disminución de los precios de la miel en el mercado internacional. A lo anterior se le deben sumar los efectos adversos del cambio climático y la contaminación del polen, por el crecimiento de la superficie con cultivos transgénicos. Por otra parte, la baja rentabilidad de la apicultura en la Península de Yucatán también se debe a la poca diversificación de la producción (Güemes *et al.*, 2006) y a la limitada transformación de los productos de la colmena.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue analizar la importancia social y económica de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México, abarcando los aspectos de atributos de los apicultores y de las unidades de producción, generación de empleo, generación de ingresos, costos de producción y percepción de los apicultores respecto a la actividad apícola.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en los estados de Campeche y Quintana Roo, México, considerando una muestra de 1,460 apicultores (13% del total de apicultores de ambas entidades según datos del SIAP (2019)), de los cuales 850 fueron de Campeche y 610 de Quintana Roo. Los apicultores son socios de siete empresas acopiadoras y/o exportadoras de miel, cuatro empresas de Campeche

y tres de Quintana Roo. Se abarcaron 10 municipios del estado de Campeche y cinco de Quintana Roo.

Para la selección de los actores a entrevistar se llevó a cabo un muestreo simple al azar (Aguilar *et al.*, 2007). Para este propósito se utilizó el listado de socios con el número de colmenas con que cuenta cada una de las empresas participantes en el estudio. El objetivo de este tipo de muestreo fue abarcar apicultores de todos los estratos, de acuerdo al número de colmenas (pequeños = 1 a 30 colmenas, medianos = 31 a 60 colmenas, y grandes = mayor a 60 colmenas), de tal manera que el estudio fuera representativo de las condiciones de la apicultura en la región de la Península de Yucatán.

La distribución de apicultores objeto del presente estudio se resume en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de apicultores contenidos en la muestra de estudio.

| Estado | Municipio | Número de apicultores |
|--------------|------------------------|-----------------------|
| Campeche | Calakmul | 10 |
| | Calkiní | 35 |
| | Campeche | 151 |
| | Candelaria | 51 |
| | Carmen | 43 |
| | Champotón | 202 |
| | Escárcega | 133 |
| | Hecelchakán | 35 |
| | Hopelchén | 150 |
| | Tenabo | 40 |
| Quintana Roo | Bacalar | 2 |
| | Felipe Carrillo Puerto | 440 |
| | José María Morelos | 148 |
| | Lázaro Cárdenas | 1 |
| | Othón P. Blanco | 19 |

La colecta de información se realizó por medio de un cuestionario estructurado con los apartados: i) atributos de los apicultores y de las unidades de producción; ii) generación de empleo; iii) generación de ingresos; iv) costos de producción; v) y percepción de los apicultores respecto a la actividad apícola. Las entrevistas fueron directas al apicultor y se visitaron las unidades de producción para corroborar la información. El periodo de levantamiento de información en campo abarcó 18 meses, durante los años 2012 a 2014.

Los atributos de los apicultores que se registraron fueron: edad, género, escolaridad, años de experiencia en la apicultura, e integrantes de la familia. Para conocer la importancia de la apicultura en la generación de empleo se consideraron aspectos como: número de integrantes de la familia en la apicultura, integrantes de la familia mujeres en la apicultura, mano de obra contratada, mano de obra total, importancia de la apicultura de acuerdo con el tiempo que los apicultores le dedican a la actividad, porcentaje de ingresos provenientes de la actividad apícola, y percepción del apicultor con respecto a su unidad de producción. Las variables consideradas para atributos de las unidades de producción y la generación de ingresos fueron: número de apiarios por apicultor, número de colmenas totales, número de colmenas por apiario, producción de miel por año, número de cosechas por año, ingresos por venta de miel, ingresos por ventas de otros productos de la colmena, y costos de producción (materiales, herramientas y equipo, alimento, medicamentos, reinas y cera estampada). Cabe señalar, que, para determinar los costos de producción derivados por concepto de materiales, herramientas y equipo, se consideró un periodo de depreciación

de cinco años, mientras que para vehículos el periodo fue 10 años, de acuerdo con las especificaciones de parámetros de estimación de vida útil publicadas en el DOF el 13 de diciembre de 2011.

A partir de la información anterior, se obtuvo la producción de miel por colmena (kg), ingreso por colmena (\$) y costo de producción (\$/kg de miel). Para la estimación del costo de producción por kilogramo de miel y por colmena, se consideraron los costos derivados de la compra de reinas (anual), cera estampada, alimentación, medicamentos (tratamiento para Varroa, principalmente), mano de obra para manejo y cosecha, compra de contenedores para miel y costo de transporte, además de la depreciación de materiales, equipos y herramientas.

Para cada una de las variables analizadas se obtuvieron distribuciones de frecuencia utilizando el procedimiento FREQ y los estadísticos descriptivos se obtuvieron por medio del procedimiento MEANS (SAS, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Atributos de los apicultores

La edad máxima del apicultor en ambas entidades federativas indica que la apicultura es practicada por personas adultas, con más de 15 años de experiencia en la actividad y que algunos no cuentan con educación formal (Cuadro 2). El 35% de los apicultores de Campeche y 71% de Quintana Roo cuentan con entre cero a seis años de escolaridad, esta condición limita la transferencia de conocimientos y la adopción de innovaciones (Chan *et al.*, 2018);

por tanto, la competitividad de la red de valor apícola en el área de estudio. En un estudio realizado por Martínez *et al.* (2018) en tres municipios del Estado de Campeche, encontraron que la edad promedio de los apicultores era de 57 años. Chan *et al.* (2018) encontraron que en la zona norte de Campeche la edad promedio de los apicultores era 53.6 años y con bajo nivel de escolaridad (cerca del 75% no concluyó los estudios de secundaria), superior a lo encontrado en este estudio en ambas entidades federativas. Pat *et al.* (2020) encontraron edad promedio de 48 años y de escolaridad de seis años, mientras que Güemes *et al.* (2003) encontraron que la edad promedio de los apicultores en la Península de Yucatán era 47 años y con un promedio de 5 años de escolaridad, similar a lo encontrado en el presente estudio. Estos datos muestran la importancia de impulsar el arraigo de los jóvenes a sus comunidades, como un mecanismo para el desarrollo del sector apícola. Además, también la pertinencia de diseñar modelos de extensionismo sustentados en modelos de capacitación que consideren el perfil demográfico y educativo de los apicultores.

Cuadro 2. Atributos de los apicultores en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

| Estado | Variable | n ^x | Mínimo | Máximo | Media | DS ^y | CV ^z (%) |
|--------------|------------------------------------|----------------|--------|--------|-------|-----------------|---------------------|
| Campeche | Edad del apicultor (años) | 847 | 13.0 | 91.0 | 45.7 | 14.1 | 30.8 |
| | Escolaridad (años) | 848 | 0.0 | 18.0 | 6.2 | 3.7 | 59.5 |
| | Experiencia en apicultura (años) | 847 | 1.0 | 70.0 | 15.3 | 11.5 | 75.4 |
| | Integrantes de la familia (número) | 850 | 1.0 | 12.0 | 4.2 | 1.8 | 42.6 |
| Quintana Roo | Edad del apicultor (años) | 610 | 20.0 | 87.0 | 48.2 | 13.4 | 27.8 |
| | Escolaridad (años) | 609 | 0.0 | 17.0 | 5.3 | 3.4 | 64.6 |
| | Experiencia en apicultura (años) | 610 | 1.0 | 58.0 | 15.9 | 11.9 | 74.4 |
| | Integrantes de la familia (número) | 609 | 1.0 | 16.0 | 5.2 | 2.3 | 45.1 |

^xn= número de observaciones, ^yDS: desviación estándar, ^zCV: coeficiente de variación.

La participación de la mujer en la apicultura aún es mínima en ambos Estados, en Campeche únicamente el 14% de los apicultores son mujeres y en Quintana Roo el 4%. Esta situación coincide con lo reportado para la actividad apícola en el estado de Jalisco (Contreras-Escareño *et al.*, 2013), donde además de la escasa incursión de la mujer en la actividad, también la apicultura es practicada por apicultores de edad avanzada (promedio 47 años), con bajo nivel de escolaridad (40% con estudios de nivel primaria) y con mucha antigüedad en el desarrollo de la actividad (16.5 años). Contreras-Escareño *et al.* (2013) señalan que dicha situación influye de manera negativa en la productividad y competitividad del sector apícola.

No obstante, si comparamos los resultados de México con la situación de algunos países que se encuentran dentro de los principales productores y exportadores de miel en el mundo; encontramos que, en Argentina la apicultura es practicada solo por hombres y con bajo nivel de escolaridad (Bragulat *et al.*, 2018). En Turquía la edad promedio de los apicultores es 43.9 años, experiencia en la apicultura de 14.1 años y 6.5 años de educación (Vural y Karaman, 2010), similar a los resultados encontrados en este estudio.

Importancia de la apicultura en la generación de empleo

La apicultura es una actividad generadora de empleo tanto para los integrantes de las familias que se dedican a dicha actividad como para empleados contratados (Cuadro 3). Pat *et al.* (2020) señalan que la mano de obra familiar se emplea durante todo el año, mientras que la mano de obra contratada se ocupa en la temporada de cosecha, lo cual coincide con lo encontrado en el presente

estudio. La mano de obra familiar se emplea para llevar a cabo el manejo general de las colmenas y la limpieza de los apiarios.

Cuadro 3. Generación de empleo en la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

| Estado | Variable | n ^x | Mínimo | Máximo | Media | DS ^y | CV ^z (%) |
|--------------|---|----------------|--------|--------|-------|-----------------|---------------------|
| Campeche | Integrantes de la familia en la apicultura (número) | 850 | 1.0 | 12.0 | 2.0 | 1.1 | 56.5 |
| | Integrantes de la familia mujeres en la apicultura (número) | 850 | 0.0 | 5.0 | 0.6 | 0.7 | 130.5 |
| | Mano de obra contratada (número) | 850 | 0.0 | 9.0 | 3.0 | 1.7 | 58.6 |
| | Mano de obra total (número) | 850 | 1.0 | 14.0 | 4.9 | 2.0 | 41.3 |
| Quintana Roo | Integrantes de la familia en la apicultura (número) | 610 | 1.0 | 9.0 | 1.7 | 1.0 | 63.0 |
| | Integrantes de la familia mujeres en la apicultura (número) | 609 | 0.0 | 4.0 | 0.3 | 0.6 | 202.8 |
| | Mano de obra contratada (número) | 610 | 0.0 | 8.0 | 1.3 | 1.3 | 103.6 |
| | Mano de obra total (número) | 610 | 1.0 | 13.0 | 3.0 | 1.7 | 56.1 |

^xn= número de observaciones, ^yDS: desviación estándar, ^zCV: coeficiente de variación.

Atributos de las unidades de producción apícola

Tanto en Campeche como en Quintana Roo se práctica la apicultura sedentaria; esto quiere decir que los apiarios son fijos, permanecen en un mismo lugar durante todo el año y posiblemente toda la vida del apicultor. Esta situación se debe a las condiciones ambientales de la región de estudio, donde las condiciones florísticas son altamente propicias para la apicultura. El promedio de apiarios por apicultor en ambos estados es superior a lo reportado por Magaña *et al.* (2016). Tanto el promedio de apiarios por apicultor como el número de cosechas de miel que realizan al año son similares a lo publicado por Martínez *et*

al. (2018), mientras que el número de colmenas es superior en ambos Estados del presente estudio (Cuadro 4).

En cuanto al número de colmenas, gran parte de los apicultores son pequeños; el 41% de Campeche y el 57% de Quintana Roo cuentan con menos de 31 colmenas. Magaña *et al.* (2016) reportan un promedio de colmenas por apicultor en Yucatán de 37.1, inferior al promedio de Campeche; sin embargo, el rendimiento de miel por colmena por año en Campeche y Quintana Roo (20.4 y 30.6 kg, respectivamente) es superior a lo encontrado en este estudio.

El número de colmenas por apicultor y el rendimiento de miel por colmena por año, son inferiores a lo encontrado por Pat *et al.* (2020) (46 colmenas y 36 kg, respectivamente). Coincidiendo con lo reportado por Pat *et al.* (2020), el periodo de cosecha de miel en Campeche y Quintana Roo es muy similar y abarca los meses de enero a mayo, y muy pocos apicultores realizan cosecha fuera de dicho periodo.

De acuerdo con la información estadística de la FAO (2019), el rendimiento de miel por colmena en Campeche y Quintana Roo es superior al promedio mundial (20.6 kg/año). Sin embargo, ambos Estados están por debajo del rendimiento promedio a nivel nacional (28.7 kg/año). En comparación con el rendimiento de miel por colmena por año en los principales países productores de miel en el mundo, al estado de Quintana Roo únicamente lo superan China y Canadá con un promedio de 48.9 y 112.6 kg, respectivamente. Mientras que a Campeche lo superan además Estados Unidos de América, Argentina y Ucrania con 25.3, 26.4, 26.9 kg, respectivamente. En la zona de mayor producción de miel en Turquía,

Vural y Karaman (2010) reportaron rendimiento promedio de miel por colmena por año de 26.28 kg.

Cuadro 4. Características de las unidades de producción apícola en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

| Estado | Variable | n ^x | Mínimo | Máximo | Media | DS ^y | CV ^z (%) |
|--------------|--|----------------|--------|--------|-------|-----------------|---------------------|
| Campeche | Apiarios por apicultor (número) | 850 | 1.0 | 14.0 | 2.2 | 1.5 | 67.6 |
| | Colmenas por apicultor (número) | 850 | 3.0 | 405.0 | 53.0 | 46.7 | 88.1 |
| | Colmenas por apiario (número) | 850 | 3.0 | 80.0 | 24.0 | 10.6 | 44.2 |
| | Diversificación de la producción (Productos/colmena) | 850 | 1.0 | 3.0 | 1.1 | 1.0 | 56.4 |
| | Cosechas de miel por año (número) | 850 | 1.0 | 8.0 | 3.5 | 1.3 | 38.0 |
| | Miel por colmena (kg/año) | 850 | 2.7 | 77.0 | 22.0 | 12.1 | 55.3 |
| | Precio de la miel (\$/kg de miel) | 850 | 21.0 | 35.0 | 28.6 | 1.8 | 6.3 |
| | Costo de producción (\$/kg de miel) | 850 | 4.8 | 137.6 | 26.5 | 17.9 | 67.3 |
| Quintana Roo | Apiarios por apicultor (número) | 610 | 1.0 | 6.0 | 1.7 | 1.0 | 56.4 |
| | Colmenas por apicultor (número) | 610 | 3.0 | 212.0 | 35.8 | 28.1 | 78.5 |
| | Colmenas por apiario (número) | 610 | 3.0 | 110.0 | 21.0 | 11.5 | 54.9 |
| | Diversificación de la producción (Productos/colmena) | 610 | 1.0 | 3.0 | 1.0 | 0.2 | 19.8 |
| | Cosechas de miel por año (número) | 610 | 1.0 | 10.0 | 3.7 | 1.3 | 34.4 |
| | Miel por colmena (kg/año) | 610 | 3.2 | 106.7 | 27.8 | 14.4 | 51.8 |
| | Precio de la miel (\$/kg de miel) | 610 | 20.0 | 47.0 | 27.2 | 2.6 | 9.7 |
| | Costo de producción (\$/kg de miel) | 610 | 4.4 | 175.2 | 21.5 | 15.3 | 71.2 |

^xn= número de observaciones, ^yDS: desviación estándar, ^zCV: coeficiente de variación.

El precio de la miel se fija por el mercado internacional, el cual depende básicamente de la oferta que hacen los principales países productores y exportadores, y de la demanda de los países importadores. El 90% de la producción de miel en ambos estados, se destina al mercado de exportación, principalmente a Alemania.

La miel es el principal producto que se obtiene de la apicultura, el 100% de los apicultores cosechan miel y los costos involucrados con el desarrollo de la actividad apícola recaen básicamente en el costo de producción de miel.

Considerando los ingresos totales (por venta de otros productos además de miel) y costos totales, la rentabilidad de la apicultura en Campeche y Quintana Roo es de 1.6 y 1.8 de relación beneficio costo (B/C), respectivamente. La rentabilidad se incrementa para los apicultores que, además de producir y comercializar la miel, también diversifican la producción (aunque sólo aprovechan máximo tres productos de todos los que se muestran en la Figura 1), generando núcleos y recuperando la cera. Magaña y Leyva (2011) encontraron baja diversificación de la producción en Yucatán, básicamente miel y cera.

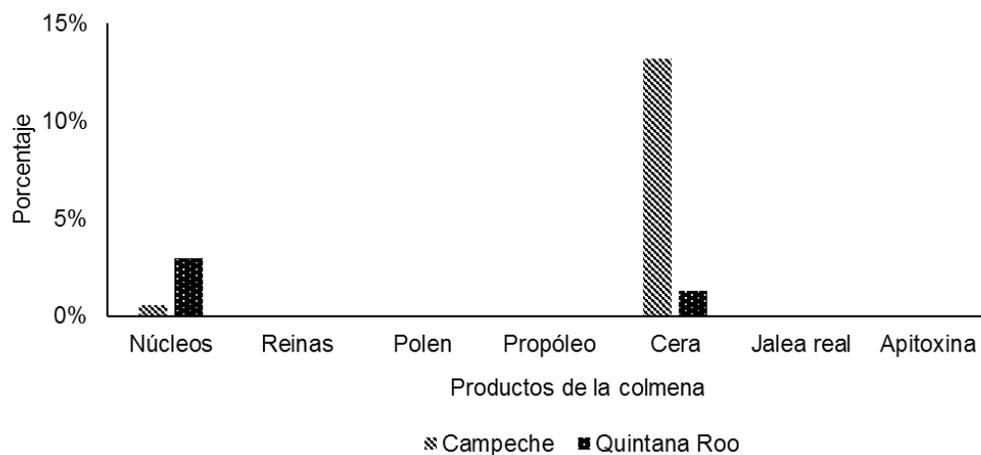


Figura 1. Diversificación de la producción apícola en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

Importancia de la actividad apícola y percepción de los apicultores

La importancia que la apicultura tiene para el productor en ambos Estados es baja, considerando el tiempo que éste dedica a la actividad. Más del 90% de los apicultores consideran a la apicultura como actividad complementaria (Figura 2), similar a lo reportado por Güemes *et al.* (2003) para la Península de Yucatán, y concuerda también con lo encontrado por Martínez *et al.* (2018), donde reportan que los apicultores únicamente dedican dos días de la semana a la actividad

apícola. La situación de la apicultura en los dos Estados es similar a lo que sucede en Argentina, donde en la región más importante en producción de miel, la apicultura es considerada como una actividad complementaria; además, con poca diversificación de la producción, que coincide con el aprovechamiento principalmente de miel, y una mínima parte en la generación de núcleos y recuperación de cera (Bragulat *et al.*, 2018).

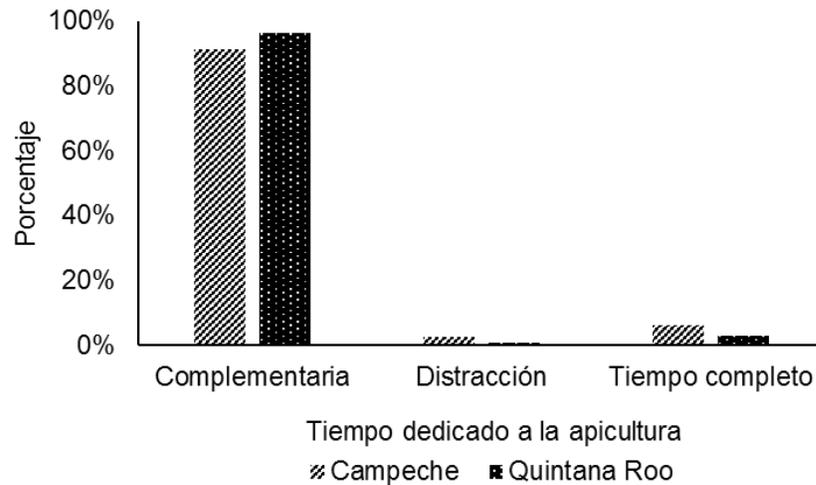


Figura 2. Importancia de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

De acuerdo con los resultados presentados en la Figura 3, a pesar de que la apicultura es una actividad económica milenaria en la región de la Península de Yucatán, a la fecha no se ha logrado consolidar. Sigue siendo una actividad con poco desarrollo tecnológico, pero a pesar de dicha condición, en promedio 70% de los apicultores de ambos Estados coinciden que su unidad de producción está creciendo. Sin embargo, existe un promedio de 23% de apicultores que consideran estancada a la actividad apícola. Esta situación está fuertemente relacionada con la edad y escolaridad de los apicultores.

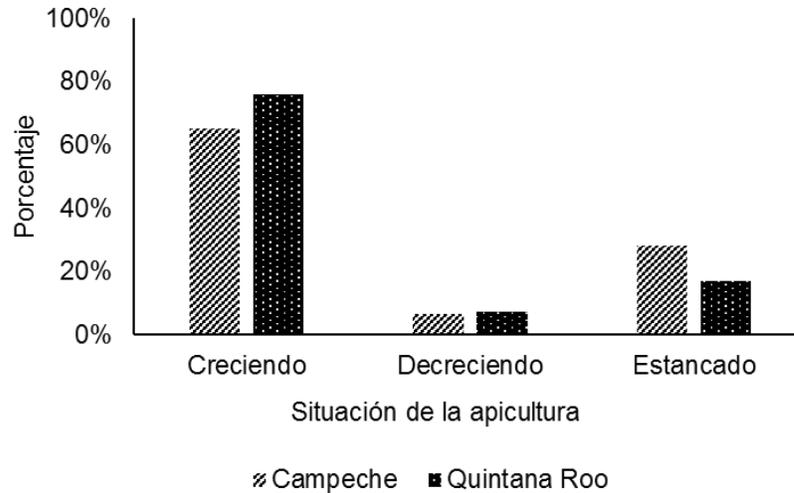


Figura 3. Percepción de los apicultores respecto a su unidad de producción en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

La apicultura representa una fuente importante de ingresos (Figura 4). El 50% de los apicultores de Campeche y el 55% de Quintana Roo, respondieron que la apicultura representa de 26 al 50% del total de sus ingresos; mientras que para el 24 y 35%, respectivamente, la apicultura le representa de 51 al 75% de sus ingresos. En un estudio realizado en Campeche, Pat *et al.* (2020) encontraron que, para los apicultores, la apicultura representa el 44% de sus ingresos.

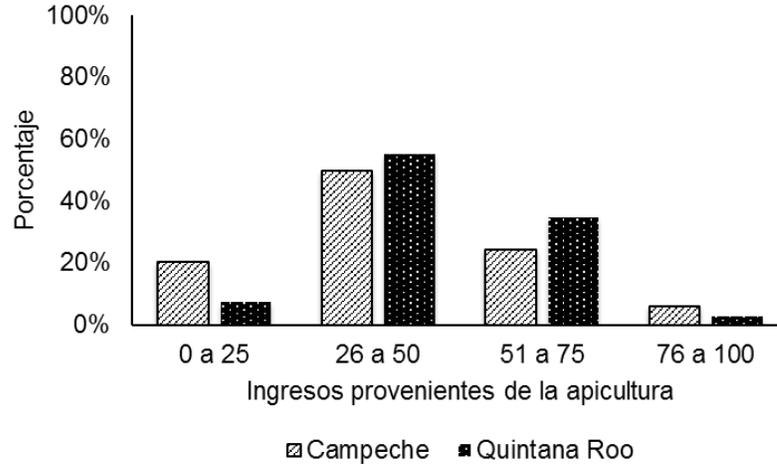


Figura 4. Porcentaje de ingresos de los apicultores proveniente de la apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, México.

CONCLUSIÓN

La apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo es una actividad desarrollada por miembros de la familia, y representa una importante fuente de generación de ingresos y empleo en las comunidades rurales. Sin embargo, la apicultura en dicha zona es practicada principalmente por personas de edad avanzada y con bajo nivel educativo. El aprovechamiento del potencial apícola en la zona de estudio es mínimo, la diversificación de la producción es limitada, la gran mayoría de los apicultores centran su producción únicamente en la cosecha de miel. Esta situación hace que la apicultura sea vulnerable frente a la volatilidad de los precios en el mercado internacional, a los efectos climáticos adversos y a la contaminación transgénica. Por tanto, se requiere fomentar el arraigo de los jóvenes a sus comunidades como un mecanismo para el desarrollo del sector apícola, además de desarrollar esquemas de capacitación que

permitan aprovechar los conocimientos de los apicultores adultos. Para lo anterior, es necesario diseñar e implementar estrategias de integración en la cadena de valor, que hagan de la apicultura una actividad más rentable y sostenible en la Península de Yucatán.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los extensionistas de las Agencias de Gestión de Innovación para el Desarrollo de Proveedores Coordinadas por la Universidad Autónoma Chapingo a través del CIESTAAM, gracias a quienes se logró recabar la información utilizada en el presente estudio.

Financiamiento

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al primer autor durante sus estudios de doctorado.

LITERATURA CITADA

Aguilar, Á. J., Muñoz, R. M., Rendón, M. R., y Altamirano, C. J. R. 2007. Selección de actores a entrevistar para analizar la dinámica de innovación bajo un enfoque de redes. Texcoco, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo–CIESTAAM.

Bragulat, T., Angón, E., García, A., Giorgis, A., Barba, C., y Perea, J. 2018. Influencia de la capacidad gerencial del apicultor en la viabilidad de

unidades de producción apícola en la Pampa Argentina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 9(1): 32-47.

Chan, C. J. R., Caamal, C. I., Pat, F. V. G., Martínez, L. D., and Pérez, F. A. 2018. Social and economic characterization of bee Honey production in the north of the state of Campeche, Mexico. *Textual*, section: Economics and public policies (72): 103-124.

Contreras-Escareño, E. F., Pérez, A. B., Echazarretac, C. M., Cavazos, A. J., Macías, M. J. O., y Tapia, G. J. M. 2013. Características y situación actual de la apicultura en las regiones Sur y Sureste de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4 (3): 387-398.

DOF (Diario Oficial de la Federación). 2011. Parámetros de estimación de vida útil. Disponible en:
http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5264340. Consultado septiembre 2020.

FAO-FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2019. Estadísticas nacionales e internacionales de producción, comercialización y valor de la miel en el periodo 2010-2019. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#search/Miel%20natural>. Consultado enero 2021.

Güemes, R. F. J.; Echazarreta, G. C.; Villanueva, G. R.; Pat, F.J. M.; Gómez, Á. R. 2003. La apicultura en la península de Yucatán. Actividad de subsistencia en un entorno globalizado. *Revista Mexicana del Caribe*. 3(16): 117-132.

- Güemes, R. F., Villanueva, G. R., Echazarreta, G. C., Gómez, A. R., and Pat, F. J. 2006. Production costs of conventional and organic honey in the Yucatán Peninsula of Mexico. *Journal of Apicultural Research*. 45(3): 106-111.
- Magaña, M. M. A., y Leyva, M. C. E. 2011. Costo y rentabilidad del proceso de producción apícola en México. *Contaduría y Administración*. 235: 99-119.
- Magaña, M. M. A., Moguel, O. Y. B., Sanginés, G. J. R., y Leyva, M. C. E. 2012. Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 3(1): 49-64.
- Magaña, M. M. A., Tavera, C. M. E. Salazar, B. L. L., y Sanginés, G. J. R. 2016. Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre a rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(5): 1103-1115.
- Magaña, M. M. A., Tavera, C Sanginés, G. J. R., Lara, L. P. E., Salazar, B. L. de L., y Leyva, M. C. E. 2017. Competitividad y Participación de la miel mexicana en el mercado mundial. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8(1): 43-52.
- Martínez, G. E. G., y Pérez, L. H. 2013. La producción de miel en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de innovación. Texcoco. Universidad Autónoma de Chapingo CIESTAA; p. 102.
- Martínez, P. J. F., Cetzal, I. W., González, V. N. A., Casanova, L. F., y Saikat, K. B. 2018. Caracterización de la actividad apícola en los principales municipios productores de miel en Campeche, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science*. 5(1):44-53.

- Pat, F. L. A, Romero, D. H. P, Anguebes, F. F., y Pat, F. J. M. 2020. Eficiencia económica y organización de la cadena productiva de miel en Campeche, México. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*. 17(1), 71-90.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2020. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/la-miel-mexicana-va-endulzando-el-mundo?idiom=es>. Consultado enero 2021.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecen-exportaciones-de-miel-mexicana-agricultura?idiom=es>. Consultado enero 2021.
- SAS. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2016.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2016. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/articulos/mexico-pais-exportador-de-miel>. Consultado enero de 2021.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2019). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceEdo.jsp [Consultada: 20 de enero de 2021].
- Vural, H., and Karaman, S. 2010. Socio-economic analysis of beekeeping and the effects of beehive types on honey production. *African Journal of Agricultural Research*. 5(22): 3003-3008.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES GENERALES

La apicultura en México es una de las principales actividades generadoras de divisas del sector pecuario. Actualmente, México se encuentra en el décimo lugar en producción y séptimo lugar en exportación de miel de abeja a nivel mundial. La Península de Yucatán es la región más importante en producción y exportación de miel, aportando 33 % de la producción nacional de miel. El cumplimiento de los estándares de calidad de la miel de abeja es fundamental para acceder a los mercados nacionales y de exportación. Cada vez los mercados internacionales establecen criterios de calidad más estrictos, que hacen necesario el diseño y la implementación de estrategias de mejora en cada uno de los eslabones de la cadena de valor.

Los requisitos de calidad de la miel de abeja mexicana para su exportación a la Unión Europea, contempla que debe contener menos de 20 % de humedad, fructosa más glucosa mayor o igual que 60 g 100 g⁻¹ de miel, sacarosa menor o igual que 5 g 100 g⁻¹, la relación F/G debe ser mayor que 1, Hidroximetilfurfural máximo 10 mg kg⁻¹ de miel y debe cumplir con los parámetros de acidez e índice de diastasa como lo señala Codex Alimentarius.

Con respecto a la inocuidad, la miel de abeja para su exportación a la Unión Europea debe estar libre de antibióticos como cloranfenicol, tetraciclinas, estreptomycinas, sulfamidas, trimetoprima, Macrólidos y metabolitos de nitrofuranos. El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, establecen límites máximos de residuos para alcaloides de pirrolizidina y coumafos (1 µg kg⁻¹ y 100 µg kg⁻¹ de miel, respectivamente).

El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, establecen que se debe determinar la presencia de tres OGM en la miel de abeja para que pueda ser importada a la Unión Europea. Los tres OGM que se determinan en la miel

de abeja son 35S-Promotor, Nos-Terminator, y Promotor FMV, cuyo límite de detección en ADN de muestras de miel de abeja es de 0.01 %.

El contenido de azúcares en la miel de abeja, es un parámetro fundamental para determinar su pureza o adulteración. El contenido de fructosa más glucosa en mieles de *Apis mellifera* y *Melipona beecheii* (65.2 y 67.7 g 100 g⁻¹ miel, respectivamente), la relación F/G (1.3 y 1.4, respectivamente) y los niveles no detectables de sacarosa, indican que son mieles genuinas. Mientras que el producto comercializado como miel de abeja en el mercado municipal de Texcoco, Estado de México, no cumplió con los estándares de la NMX-F-036-NORMEX-2006 y Codex Alimentarius, por tanto, dicho producto se considera miel adulterada.

La apicultura en los estados de Campeche y Quintana Roo, es fuente generadora de ingresos y de empleo. Es practicada por apicultores de edad avanzada, con bajo nivel de escolaridad, la mayoría con menos de 31 colmenas, en promedio realizan 3.5 cosechas al año con un rendimiento promedio de miel por colmena por año de 22 kg en Campeche y 27.8 kg en Quintana Roo. De todos los productos que se pueden obtener de la colmena, en ambos estados la mayoría de los apicultores únicamente cosecha miel, y los pocos apicultores que comienzan a diversificar la producción recuperan cera y producen núcleos.

En estos dos estados de la Península de Yucatán, la apicultura es considerada como una actividad complementaria, en crecimiento y representa de 26 a 50 % de los ingresos totales de los apicultores.

Por la importancia socioeconómica que tiene la apicultura, es necesario diseñar estrategias para la integración de la cadena de valor, que haga de la apicultura una actividad más rentable y sostenible, y con ello lograr el arraigo de los jóvenes a sus comunidades como un mecanismo para el desarrollo del sector apícola en la Península de Yucatán.