



# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN  
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERIZACIÓN DE LA APICULTURA EN EL ESTADO DE  
CAMPECHE, MÉXICO

TESIS

Que como requisito parcial  
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA**

Presenta:

**MARÍA GUADALUPE MENDOZA JUÁREZ**

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



**APROBADA**



Chapingo, Estado de México, mayo de 2023

**CARACTERIZACIÓN DE LA APICULTURA EN EL ESTADO DE  
CAMPECHE, MÉXICO**

Tesis realizada por **MARÍA GUADALUPE MENDOZA JUÁREZ** bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA**

DIRECTOR:



---

Ph.D. J. GUADALUPE GARCÍA MUÑIZ

CO-DIRECTORA:



---

Dra. TERESA CASTILLO MARTÍNEZ

ASESOR:



---

Ph.D. RODOLFO RAMÍREZ VALVERDE

ASESOR:



---

Ph.D. RAFAEL NÚÑEZ DOMÍNGUEZ

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS .....	iv
LISTA DE FIGURAS .....	iii
DEDICATORIAS .....	iv
AGRADECIMIENTOS .....	v
DATOS BIOGRÁFICOS.....	vi
RESUMEN GENERAL .....	7
GENERAL ABSTRACT .....	8
1. INTRODUCCIÓN GENERAL .....	9
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	12
2.1 Apicultura en México .....	12
2.2 Productos derivados de la apicultura.....	14
2.3 Características y composición de la miel.....	19
2.4 Factores que afectan la calidad de la miel .....	20
2.5 Mercado europeo para exportación de miel .....	27
2.6 Antibióticos y plaguicidas en miel .....	31
2.7 Literatura citada.....	33
3. CARACTERIZACIÓN DE LA APICULTURA EN EL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO .....	38
Resumen .....	38
Abstract.....	39
3.1 Introducción .....	40
3.2 Materiales y métodos .....	41

3.3	Resultados y discusión.....	44
3.4	Conclusiones.....	57
3.5	Literatura citada.....	57

## LISTA DE CUADROS

### Capítulo 2

- Cuadro 1. Especificaciones para la miel de abeja según la norma NOM-004-SAG/GAN-2018..... 19
- Cuadro 2. Estándares establecidos por la Directiva 2001/110/CE del Consejo de la Unión Europea relativa a la miel..... 29

### Capítulo 3

- Cuadro 1. Relación de municipios, comunidades y número de apicultores que proporcionaron datos para la encuesta..... 41
- Cuadro 2. Estadísticos descriptivos para variables de producción y económicas contenidas en una encuesta aplicada a 395 apicultores de cuatro municipios de Campeche, México..... 44
- Cuadro 3 Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos y covariables del modelo de mejor ajuste para variables de producción contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México..... 45
- Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  E.E.) de los efectos fijos y coeficientes de regresión ( $\pm$  E.E.) de las covariables significativas del modelo de mejor ajuste para variables de producción contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México..... 48
- Cuadro 5. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos y covariables del modelo de mejor ajuste para variables económicas contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México..... 53

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) de los efectos principales y las covariables significativas ajustadas en el modelo generadas a partir de una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México..... 55

## LISTA DE FIGURAS

### Capítulo 2

- Figura 1. Inventario de colmenas por entidad federativa, México (SIAP, 2021).12
- Figura 2. Producción de miel en México (SIAP, 2021)..... 13
- Figura 3. Especies florales melíferas en Xmabén, Hopelchén, Campeche, México..... 22
- Figura 4. Principales países exportadores de miel (FAOSTAT, 2021)..... 28
- Figura 5. Principales países importadores de miel (FAOSTAT, 2021)..... 28

### Capítulo 3

- Figura 1. Tamaño de la unidad de producción con respecto a los años de experiencia de los apicultores..... 46
- Figura 2. Total de apiarios con respecto a los años de experiencia de los apicultores..... 47
- Figura 3. Número de colmenas por apiario con relación a la escolaridad de los apicultores..... 49
- Figura 4. Número de cosechas de miel por año con respecto a los años de experiencia de los apicultores..... 50
- Figura 5. Productividad de la colmena con respecto a los años de experiencia de los apicultores ..... 50
- Figura 6. Relación de escolaridad del apicultor con el precio de venta de miel.52
- Figura 7. Relación de la experiencia del apicultor con el ingreso total por colmena. .... 54
- Figura 8. Relación de la experiencia del apicultor con la utilidad por colmena. 56
- Figura 9. Relación de la experiencia del apicultor con la utilidad por apicultor. 56

## **DEDICATORIAS**

A Dios por darme sabiduría, salud y perseverancia.

A mi madre por apoyarme en cada reto y enseñarme a ser responsable para conseguir mis objetivos.

A todas aquellas personas especiales que siempre creyeron en mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por mantenerme de pie durante las adversidades y brindarme una mano amiga para seguir adelante.

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 maestría.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), quien me brindó el apoyo económico para culminar mis estudios.

Al Ph.D. José Guadalupe García Muñiz, por su apoyo, consejos y correcciones durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Dra. Teresa Castillo Martínez, por ayudarme a fortalecer mis conocimientos en el área apícola, por compartir sus experiencias y por guiarme durante este proceso.

Al Ph.D. Rodolfo Ramírez Valverde y Ph.D. Rafael Núñez Domínguez por sus acertadas observaciones y sugerencias.

A todos los profesores que contribuyeron en mi formación.

A la empresa Apicultores de Champotón S.P.R. de R.I. por la información brindada para la realización del presente trabajo de investigación.

## DATOS BIOGRÁFICOS



### Datos personales

Nombre	María Guadalupe Mendoza Juárez
Fecha de nacimiento	31 de octubre de 1990
Lugar de nacimiento	Los Reyes, La Paz, México.
CURP	MEJG901031MMCNRD07
Profesión	Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia
Cédula Profesional	9647352
e-mail	m.guadalp.j.m@hotmail.com

### Desarrollo académico

Maestría en Ciencias (2020-2022)	Departamento de Zootecnia Posgrado en Producción Animal Universidad Autónoma Chapingo
Licenciatura (2010-2014)	Departamento de Zootecnia Universidad Autónoma Chapingo

## RESUMEN GENERAL

### CARACTERIZACIÓN DE LA APICULTURA EN EL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO

El objetivo del estudio fue proporcionar una visión general de la apicultura en Campeche, México, en aspectos productivos y económicos. Campeche es uno de los principales estados dedicados a la apicultura en México, con el 14% del inventario nacional de colmenas y aporta el 13% de la producción de miel en el país; el 90% de la producción de miel se exporta principalmente al mercado europeo. Se analizó la información de apicultores ( $n=395$ ) de cuatro municipios del estado de Campeche, y se compararon indicadores productivos y económicos de acuerdo con el tamaño de las unidades de producción con respecto al número de colmenas por productor. El número de colmenas por productor para apicultores pequeños, medianos y grandes fue  $22.7\pm 3.8$ ,  $44.7\pm 3.3$  y  $113.5\pm 3.3$ , mientras que el número de apiarios respectivos fue  $1.17\pm 0.14$ ,  $1.97\pm 0.12$  y  $3.82\pm 0.13$ . Los productores medianos y grandes realizaron mayor número de cosechas de miel por año, pero no se encontraron diferencias significativas en la productividad de las colmenas; los municipios de Champotón y Escárcega fueron los que registraron mayor productividad de las colmenas ( $29.3\pm 1.13$  y  $28.8\pm 1.27$ ). Los costos de producción de miel fueron inferiores para productores grandes, lo que se reflejó en mayores utilidades para este tipo de productor. La escolaridad de los apicultores y su experiencia en la actividad influyeron en los parámetros productivos y económicos. Los resultados indican que el incremento en la rentabilidad de la apicultura radica en la economía de escala.

**Palabras clave:** manejo de la colmena, producción de miel, comercialización de la miel.

---

<sup>1</sup>Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: María Guadalupe Mendoza Juárez

Director: J. Guadalupe García Muñiz

# GENERAL ABSTRACT

## CHARACTERIZATION OF BEEKEEPING IN THE STATE OF CAMPECHE, MEXICO

This research aimed to provide an overview of beekeeping in Campeche, Mexico, covering productive and economic aspects. Campeche is one of the leading states dedicated to beekeeping in Mexico; it has 14% of the national inventory of beehives and contributes 13% of the honey production in the country; 90% of the honey produced in this entity is destined for the export market, and its main destination is the European market. Information from beekeepers (n=395) from four municipalities in the state of Campeche was analyzed, and productive and economic indicators were compared according to the size of the production units concerning the number of total hives per producer. The number of hives per beekeeper for small, medium and large producers was  $22.7 \pm 3.8$ ,  $44.7 \pm 3.3$ , and  $113.5 \pm 3.3$ , whereas the number of corresponding apiaries was  $1.17 \pm 0.14$ ,  $1.97 \pm 0.12$ , and  $3.82 \pm 0.13$ . The medium and large producers made a greater number of honey harvests per year, but no significant differences were found in the productivity of the hives; however, the municipalities of Champotón and Escárcega were the ones that registered the highest productivity of the hives ( $29.3 \pm 1.13$  and  $28.8 \pm 1.27$ ). Honey production costs were lower for large producers, and this parameter was reflected in higher profits for this type of producer. The schooling of the beekeepers and their experience in the activity influenced the productive and economic parameters. The results indicate that the increase in the profitability of beekeeping lies in the economy of scale.

**Keywords:** hive management, honey production, honey marketing.

---

<sup>1</sup>Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production  
Universidad Autónoma Chapingo  
Author: María Guadalupe Mendoza Juárez  
Advisor: J. Guadalupe García Muñiz

## 1. INTRODUCCIÓN GENERAL

La apicultura en México ha demostrado ser de gran importancia económica y social, ya que de esta actividad dependen 43,000 apicultores; es fuente importante de empleos en zonas rurales y generadora de divisas obtenidas por la exportación de la miel (SADER, 2020). En 2021, la producción de miel de abeja mexicana alcanzó un volumen de 62,079 t (SIACON, 2021), ubicando a México en el décimo lugar a nivel mundial; de esta producción, 40 % se destinó para exportación y representó un ingreso para la apicultura mexicana de 93 millones de dólares (TRADE MAP, 2021a).

La participación de la miel mexicana en el mercado internacional radica en su calidad e inocuidad, al cumplir con parámetros nacionales e internacionales establecidos en normativas como la Norma Oficial Mexicana (NOM-004-SAG/GAN-2018, 2020), el Codex Alimentarius (CODEX STAN 12-1981, 2019) y la Directiva del Consejo de la Unión Europea (Directiva 2001/110/CE, 2002). Los principales países importadores de miel mexicana son Alemania (54.7 %), Estados Unidos de América (17.1 %), Reino Unido (10.5 %), Bélgica (6.7 %), Arabia Saudita (4 %) y Japón (2.3 %) (TRADE MAP, 2021b). Países importadores de miel mexicana realizan el monitoreo de la calidad en la miel, lo cual les permite verificar el cumplimiento de estándares de producción y manufactura, así como asegurar la comercialización de un producto sano e inocuo (SENASICA, 2015).

En la República Mexicana se identifican cinco regiones apícolas: Norte, Costa del Pacífico, Altiplano, Golfo y la Península de Yucatán. La región de la Península está conformada por los estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas. En 2021, el aporte a la producción de miel nacional para la región de la Península representó 41 % (SIACON, 2021), logrando ser la región con mayor aporte a la producción nacional. En la región de la Península, la apicultura es una actividad de gran importancia económica, por la generación de ingresos para las familias que se dedican a ella. Durante los últimos años, el estado de Campeche, México, se ha mantenido como segundo estado productor de miel. Sin embargo, algunos autores mencionan que la apicultura en Campeche, México, se caracteriza

por ser poco tecnificada, con una producción menor a la media nacional y con problemas en la calidad del producto, además de existir un limitado fomento de la apicultura en la región (Pérez & Akaki, 2017).

Por lo antes expuesto, el objetivo de esta investigación es proporcionar una visión general de la apicultura en Campeche, México, considerando factores socioeconómicos y productivos, mismos que pueden influir en la calidad e inocuidad de la miel de abeja producida. Los objetivos particulares del presente estudio fueron:

- Realizar una revisión de literatura general sobre la apicultura en México, considerando los factores que intervienen en su calidad e inocuidad, así como las normativas nacionales e internacionales.
- Realizar la caracterización de la apicultura en Campeche, México, considerando aspectos económicos, sociales y de la unidad de producción.

El presente trabajo está compuesto por tres capítulos: una revisión de literatura (**Capítulo 2**) relacionada con la apicultura y en el **Capítulo 3** se presenta la caracterización de la apicultura en Campeche, México.

## Literatura citada

- Codex Alimentarius. (2019). Norma del CODEX para la Miel CODEX STAN 12-1981. Normas internacionales de los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud. Roma, Italia.
- Directiva 2001/110/CE (2002). Relativa a la miel. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- NOM-004-SAG/GAN-2018 (2020). Norma Oficial Mexicana: Producción de miel y especificaciones. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0). [Consultado el 15 de enero, 2023].
- Pérez, I. M. C., & Akaki, P. P. (2017). Análisis de la competitividad micro y meso en la apicultura en el Estado de Campeche, México. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 15(29), 201-219.
- SADER (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2020). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/produjo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-cienprodujo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-ciento-mas-que-el-promedio-de-los-ultimos-10-anos>. [Consultado el 10 de agosto del 2021].
- SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2015). Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel (3ra ed.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.
- SIACON (2021). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.
- TRADE MAP (Trade Statistics for International Business Development). (2021a). Disponible en: <https://www.trademap.org/Index.aspx>. [Consultado el 03 de marzo del 2023].
- TRADE MAP (Trade Statistics for International Business Development). (2021b). Disponible en: [https://www.trademap.org/Country\\_SelProduct\\_Graph.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c0409%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2](https://www.trademap.org/Country_SelProduct_Graph.aspx?nvpm=3%7c%7c%7c%7c0409%7c%7c%7c4%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2%7c1%7c1%7c2). [Consultado el 03 de marzo del 2023].

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Apicultura en México

La apicultura es una actividad compleja con amplia importancia ecológica, social y económica, y sus productos son demandados en el mercado internacional debido a las características de calidad brindada por los recursos naturales de México (Arechavaleta-Velasco, García-Figueroa, Alvarado-Avila, Ramírez-Ramírez, & Alcalá-Escamilla, 2021; González-Suárez et al., 2020). México se divide en cinco regiones apícolas: Norte, Altiplano, Costa del Pacífico, Golfo de México y la Península de Yucatán (Baena-Díaz, Chévez, Ruíz, & Porter-Bolland, 2022). La Península de Yucatán está compuesta por cinco estados mexicanos (Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tabasco y Chiapas) y produce alrededor de 41 % de la producción de miel nacional (SIACON, 2021). En México, existe un inventario de 2,226,049 colmenas, de las cuales 311,309 corresponden a Campeche (Figura 1), siendo este estado responsable del 14 % de la población nacional de colmenas (SIAP, 2021).

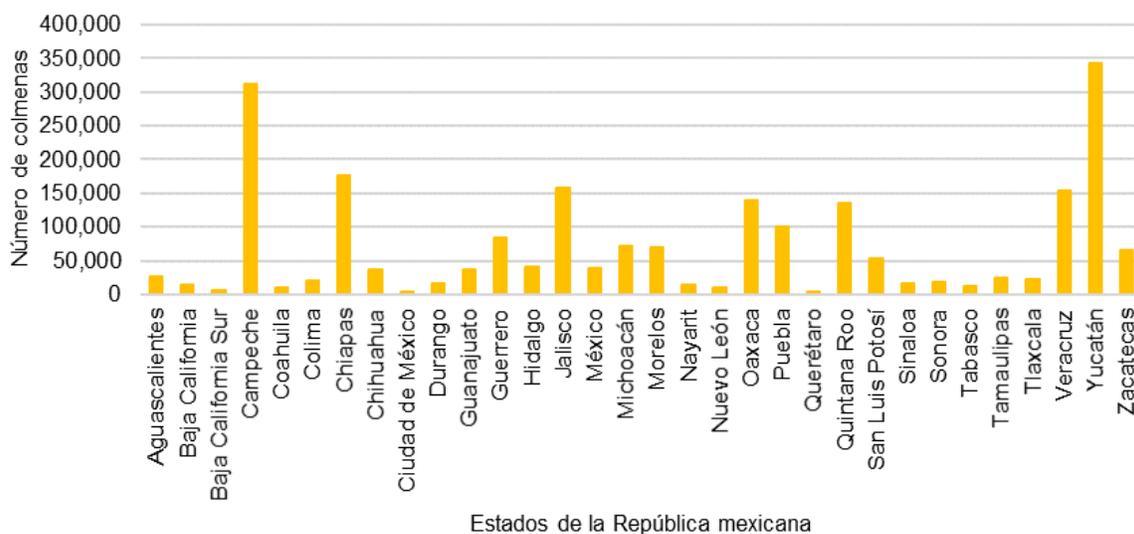


Figura 1. Inventario de colmenas por entidad federativa, México (SIAP, 2021).

La apicultura se desarrolla en dos esquemas: a) fijo o sedentario, en el cual los apiarios se mantienen en el mismo lugar durante todo el año, por lo que los recursos florales deben ser constantes durante el año, y b) de trashumancia o móvil, en el

cual las colmenas se movilizan a diferentes lugares, en busca de la presencia de floración adecuada para la alimentación de las abejas y para la producción de miel (Baena-Díaz et al., 2022). En 2021 se registró en México una producción nacional de miel de abeja de 62,079 t, de las cuales, el estado de Campeche produjo 7,806 t; así, la importancia apícola de este estado ha aumentado debido a las condiciones naturales que posee (Figura 2) (SIAP, 2021).

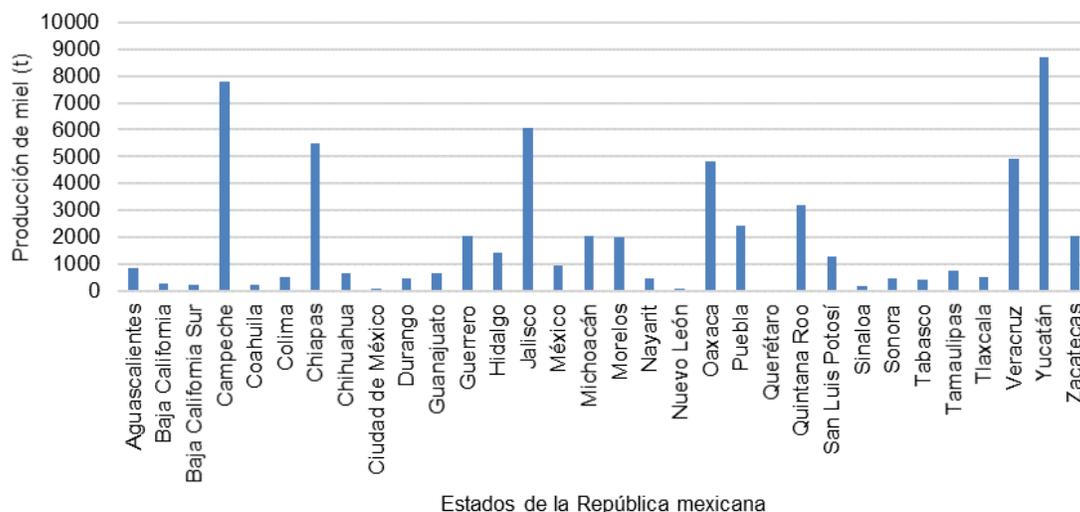


Figura 2. Producción de miel en México (SIAP, 2021).

La introducción de *Apis mellifera* ha sido amplia alrededor del mundo, debido a que es una especie poliléctica. Esto significa que puede visitar una gran diversidad de plantas para recolectar néctar, resinas y polen; sin embargo, en México aún se carece de información acerca de su distribución espacio-temporal (Baena-Díaz et al., 2022). Los productos originados por las abejas tienen alto significado económico, alimenticio y medicinal para los humanos, sobre todo en áreas rurales, brindando trabajo y servicios ambientales, ya que, a través de la polinización se mejora la biodiversidad de los ecosistemas (Şonea, Şonea, Criste, Popescu, & Socol, 2020).

Por otro lado, aunque la geografía favorece la producción de miel en Campeche, también existen desventajas; por ejemplo, la presencia de huracanes, que puede ser un factor negativo que afecta la producción, el número de colmenas y la flora de la región. Por esta y otras razones, el tamaño del apiario puede variar y contener no

más de 35 colmenas, obedeciendo a la flora de la zona, factores climáticos, periodo polinífero y capital disponible (Magaña, Tavera, Salazar, & Sanginés, 2016). Otros aspectos que afectan la productividad de las colmenas es la presencia del ácaro varroa (*Varroa destructor*) así como el comportamiento defensivo de las abejas, debido a la africanización de los enjambres (Arechavaleta-Velasco et al., 2021). Adicionalmente, en los últimos 10 años, la apicultura en el estado de Campeche se ha visto afectada por la entrada a México del pequeño escarabajo de la colmena (PEC) (*Aethina tumida*), una plaga emergente con efectos adversos considerables.

## **2.2 Productos derivados de la apicultura**

### **2.2.1 Miel de abeja**

La miel es la sustancia dulce natural producida por abejas de diferentes géneros a partir del néctar de las flores o secreciones de partes vivas de plantas y se puede producir a partir de excreciones que generan insectos succionadores de plantas (Directiva 2001/110/CE, 2002). Generalmente, estas excreciones y secreciones de las plantas son recolectadas por las abejas y combinadas con enzimas digestivas, para ser depositadas en los panales dentro de la colmena; esta combinación de sustancias se almacena, deshidrata y añeja en el panal hasta lograr la formación de miel madura (Codex Alimentarius, 2019; NOM-004-SAG/GAN-2018, 2020).

La miel es una solución concentrada de azúcares reductores (fructosa y glucosa) y no reductores (sacarosa y maltosa), con mayor proporción de fructosa y glucosa, por esta razón es más dulce que la sacarosa derivada de la caña de azúcar (Zulkhairi et al., 2018). La miel es una sustancia hecha por abejas *Apis mellifera* L. (Puścion-Jakubik, Borawska, & Socha, 2020); esta especie de abeja colecta el néctar de las flores o las secreciones dulces de las plantas para procesar la miel, siendo esta una extraordinaria fuente de energía. Debido a su contenido de minerales, enzimas, vitaminas y aminoácidos, la miel de abeja es importante para la salud humana, por su aporte nutrimental y uso terapéutico (Zulkhairi et al., 2018). La calidad de la miel varía de acuerdo con las especies de flores de las cuales las abejas obtienen el néctar, región geográfica, altitud y ubicación de la colmena

(Şonea et al., 2020). También las características sensoriales, químicas, físicas y microbiologías determinan la calidad de la miel y, debido a su sabor único y alto valor nutricional, es una opción de edulcorante natural, junto con la caña de azúcar; sin embargo, el precio de la miel de abeja es más alto que el de otros edulcorantes (Zulkhairi et al., 2018).

### **2.2.2 Propóleo**

El propóleo es una sustancia resinosa que va de color verde oscuro a marrón, su aroma y sabor depende de las plantas de las cuales se recolectan las resinas (Lotfy, 2006). Esta sustancia es una mezcla de resinas naturales, cera de abeja y vegetal, provenientes de arbustos y árboles (Şonea et al., 2020). Debido a su composición, el propóleo es una sustancia considerada remedio medicinal natural (Lotfy, 2006). Está compuesto por flavonoides, compuestos fenólicos, cumarinas, aldehídos, vitaminas y minerales (Şonea et al., 2020). Contiene beta amilasa, flavonas, flavanonas, ácidos grasos y ésteres; también contiene algunos flavonoides como pinocembrina, acacetina, pinocembrina, acacetina, crisina, rutina, catequina, naringenina, galangina, luteolina, kaempferol, apigenina, miricetina y quercetina, dos ácidos fenólicos (ácido cinámico y ácido cafeico) y un derivado de estilbena, resveratrol (Lotfy, 2006).

La compleja composición química del propóleo le brinda características y propiedades saludables para el organismo (Şonea et al., 2020), ya que posee propiedades antibacterianas, antivirales, antiinflamatorias, antitumorales y antioxidantes, por la presencia de los compuestos fenólicos mencionados anteriormente (Sauri-Duch et al., 2021). El origen botánico y la zona geográfica determinan la composición química, color y aroma del propóleo (Lotfy, 2006). Las abejas utilizan el propóleo como aislante térmico, para la limpieza y mantener la salud de la población; así como para sellar grietas en la colmena y evitar la entrada de invasores y microorganismos patógenos (Sauri-Duch et al., 2021). De esta manera, el propóleo es un importante producto utilizado en las colonias de abejas y para el ser humano.

### **2.2.3 Jalea real**

La jalea real es un producto ácido, cremoso, de color blanco amarillento, secretado por las glándulas cefálicas de las abejas nodrizas, y sirve como alimento para la abeja reina y para las larvas de abejas melíferas (Pavel et al., 2011). La jalea real es un coloide con pH ácido que va de 3.6 a 4.2, formado por agua (50-70 %), proteínas (9-18 %) y carbohidratos (7-18 %, en su mayoría glucosa y fructosa) (Collazo et al., 2021). Así, la jalea real está compuesta por aminoácidos, proteínas, lípidos y gran cantidad de vitaminas, minerales, factores de crecimiento, precursores hormonales y sustancias con acción antibiótica (Şonea et al., 2020). Esta composición hace que existan cambios en la expresión génica de las abejas, lo que influye en el desarrollo ovárico de la reina para después poder poner hasta 2,500 huevos al día y vivir hasta cinco años (Collazo et al., 2021). Collazo et al., (2021) indican que las proteínas de la jalea real y el ácido 10-hidro-2 decenoico son sustancias que le confieren propiedades biológicas únicas. Las proteínas MRJP1-9 (Major Royal Jelly Proteins), royalsin, gelatinas, aspirina, royalactina, proteína similar a la apolipoporfina-III son componentes activos; así como los aminoácidos prolina, cistina, ácido aspártico y glicina (Guo et al., 2021).

La jalea real, por su compleja composición, ha sido utilizada como compuesto neurotrófico, antioxidante, hipotensor, hepatoprotector, antitumoral, antibiótico, antiinflamatorio, antialérgico, tónico general, regulador de la presión arterial, con actividad estrogénica y antienvjecimiento (Pavel et al., 2011). Además, se ha utilizado en la industria nutracéutica, como alimento funcional, como suplemento alimenticio y en la industria cosmética (Collazo et al., 2021), por lo que es una sustancia con potencial económico y terapéutico para los seres humanos.

### **2.2.4 Polen**

El polen es recolectado de las anteras de las flores por las abejas, el cual mezclan con sus secreciones salivales y néctar (Şonea et al., 2020). Las abejas obreras colectan cientos de granos de polen de las flores que visitan (Thakur & Nanda, 2020). El peso aproximado de un gránulo de polen es de 7.5 a 8 mg, peso que varía

según la colecta de las abejas; su color se relaciona con los pigmentos vegetales (carotenoides y antocianinas), y este a su vez se relaciona con su calidad, el cual puede ser desde blanco hasta negro; variando ampliamente en tonalidades y definido por su composición química (Thakur & Nanda, 2020). El polen está compuesto por carbohidratos (13-55 %) como glucosa, fructosa y sucrosa, fibra cruda (0.3-20 %), proteína (10-40 %), grasa (1-13 %), minerales (potasio, fósforo, calcio, magnesio, zinc, manganeso, cobre), betacaroteno, niacina, pirodoxina, riboflavina, ácido pantoténico, ácido fólico, biotina y ácido ascórbico (Campos et al., 2008). Existe una gran variación entre los valores mínimos y máximos nutrimentales, que se deriva del origen botánico del polen, lo que podría ser una desventaja en la terapia humana (Campos, Frigerio, Lopes, & Bogdanov, 2010). Sin embargo, por su excelente perfil nutrimental, el polen de abeja puede ser un complemento alimenticio de alta calidad para el ser humano (Thakur & Nanda, 2020), además de contener sustancias con acciones hormonales y de antibiótico (Şonea et al., 2020). Los ácidos grasos linoleico, linolénico, mirístico y láurico, presentes en el polen determinan la calidad de los lípidos, los cuales las abejas necesitan para su reproducción, desarrollo y nutrición (Thakur & Nanda, 2020). Así, el polen se define como alimento, pero en realidad, por las cantidades mínimas en que generalmente se consume, se considera como un alimento funcional o aditivo alimenticio (Campos et al., 2010).

#### **2.2.4 Veneno de abeja**

El veneno de abeja es una sustancia secretada por glándulas especializadas situadas en la cavidad abdominal de las abejas obreras para defender la colmena; contiene sustancias como aminos biogénicos, péptidos, así como enzimas que pueden ser benéficas para el humano, por lo cual es utilizado principalmente en la medicina tradicional (Şonea et al., 2020). El veneno de abeja se denomina comercialmente como api-toxina, y es una sustancia ácida, inodora y transparente, que las abejas pueden utilizar como defensa contra los depredadores, induciendo dolor (Khalil, Elesawy, Ali, & Ahmed, 2021). Contiene moléculas activas como péptidos y enzimas, la melitina (principal componente, 50 %), apamina, adolapina,

péptido desgranulador de mastocitos, fosfolipasa A2, hialuronidasa, histamina, dopamina, norepinefrina, además de aminoácidos, glucosa, fructosa, feromonas, y minerales como magnesio y calcio (Khalil et al., 2021). Debido a esta compleja composición, se utiliza en la bioterapia, ya que ayuda en la inflamación y destrucción de los tejidos conectivos, por ejemplo, en el caso del reumatismo y la artritis (Khalil et al., 2021). Se ha utilizado en tratamientos contra el cáncer (Oršolić, 2012), ya que las vías de señalización celular que el veneno activa son numerosas y difiere entre los componentes del veneno, activando múltiples receptores, como el del factor de crecimiento epidérmico y tumoral; así, puede participar en la inhibición de la proliferación, metástasis, angiogénesis y la inducción de la apoptosis (Oršolić, 2012). En medicina, el veneno puede ser inyectado o colocando directamente la abeja en la zona a tratar (Khalil et al., 2021). Por estas razones, el potencial del veneno de abeja es amplio y lo vuelve un producto importante dentro de la apicultura.

#### **2.2.5 Cera de abeja**

Es una secreción natural de los cuatro pares de glándulas de cera de las abejas obreras, las obreras secretan cera entre el día 10 al 16 de su vida, y es utilizada para la construcción de panales (Saralaya, Jayanth, Thomas, & Sunil, 2021). La cera es una mezcla compleja de compuestos orgánicos químicos (Şonea et al., 2020), que está formada por carbohidratos como fructosa, glucosa y sucrosa; en las glándulas, el azúcar en forma de miel se convierte en cera, ubicándose en los pequeños poros del abdomen de las abejas (Saralaya et al., 2021); además de 67 % de ésteres, 14 % de hidrocarburos, 12 % ácidos grasos libres, 1 % alcoholes y 6 % de otros compuestos; su color varía de amarillo a amarillo marrón, con forma fino-granular, romo y no cristalina (Bogdanov, 2004). Aparte de su uso en la apicultura, se utiliza en la cosmética, farmacia y fabricación de velas (Bogdanov, 2004). En la cirugía macro facial toma relevancia, debido a su uso como material de aumento de tejidos y tratamiento contra miasis de cavidad oral (Saralaya et al., 2021).

### 2.3 Características y composición de la miel

La miel es una sustancia dulce natural producida por abejas de diferentes géneros a partir del néctar de las flores o secreciones de partes vivas de plantas, las cuales combinadas con enzimas digestivas son depositadas en los panales dentro de la colmena, en donde se almacena, deshidrata y añeja hasta lograr la formación de miel madura (NOM-004-SAG/GAN-2018, 2020). La miel de abeja está compuesta esencialmente por azúcares, principalmente fructosa y glucosa, así como ácidos orgánicos, proteínas, enzimas, minerales, vitaminas, aminoácidos, compuestos fenólicos y partículas sólidas derivadas de su recolección; su color, olor y sabor son característicos de acuerdo con su origen floral (Seraglio et al., 2019). La norma oficial mexicana NOM-004-SAG/GAN-2018 considera que la miel de abeja debe cumplir determinados valores en sus características químicas y físicas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especificaciones para la miel de abeja según la norma NOM-004-SAG/GAN-2018.

Especificación	Valor
Fructosa más glucosa (g 100 g <sup>-1</sup> )	≥ 60
Sacarosa (% g 100 g <sup>-1</sup> )	≤ 5
Humedad (% g 100 g <sup>-1</sup> )	≤ 20
Humedad para miel de mangle (% g 100 g <sup>-1</sup> )	≤ 21
Sólidos insolubles en agua (% g 100 g <sup>-1</sup> )	≤ 0.1
Ácidos libres (mEq kg <sup>-1</sup> )	≤ 50
Hidroximetilfurfural de clima tropical (mg kg <sup>-1</sup> )	≤ 80
Hidroximetilfurfural de miel en general (mg kg <sup>-1</sup> )	≤ 40
Conductividad eléctrica (mS cm <sup>-1</sup> )	≤ 0.80
Índice de diastasa de miel en general (Unidades Schade)	≥ 8

El alto contenido de azúcares (80 %) determinan características específicas de la miel, como dulzor, higroscopicidad, viscosidad, granulación, actividad del agua y valor energético (De-Melo, Almeida-Muradian, Sancho, & Pascual-Maté, 2017; Suescún & Vit, 2008). Una variación en el contenido mínimo permitido de azúcares en la miel puede deberse a adulteraciones, así como al tipo de alimentación que reciben las abejas o su cosecha prematura (Pacheco-López et al., 2017). Existen otros compuestos y características de la miel como: la prolina (> 25 mg 100 g<sup>-1</sup>), pH (3.3 a 4.6), potasio como principal mineral presente en la miel (33 %) y 25 azúcares

diferentes (Pušcion-Jakubik et al., 2020). El pH ácido de la miel está relacionado con la concentración de ácidos orgánicos (Da Silva, Gauche, Gonzaga, Costa, & Fett, 2015), los cuales se forman por la descomposición de glucosa en ácido glucónico y gluconolactona (Moguel, Echazarreta, & Mora, 2005).

Otro compuesto importante en la miel es la enzima diastasa, encargada de la degradación del almidón a glucosa. El contenido de esta enzima se mide considerando la cantidad de enzima en 1 g de miel capaz de degradar 0.01 g de almidón durante 1 h a 40 °C, y se expresa en unidades Schade (Da Silva et al., 2015). Esta enzima es muy inestable al calor, por lo que su ausencia es un indicador de sobrecalentamiento o envejecimiento de la miel (Suescún & Vit, 2008). Es importante mencionar que el contenido de diastasa se asocia al origen floral y geográfico de la miel; mieles provenientes de cítricos, acacia o romero tienen bajos niveles de esta enzima y esto se debe considerar en la interpretación de los resultados (Da Silva et al., 2015). La cantidad de vitaminas en la miel es baja, por lo que no se considera como una buena fuente de estos nutrientes, siendo las vitaminas hidrosolubles las de mayor presencia, como por ejemplo la vitamina C. Por otro lado, algunos compuestos tóxicos pueden estar presentes en bajas cantidades, debido a que estos son sintetizados por las plantas como defensa contra herbívoros, como por ejemplo los alcaloides de pirrolizidina e hidrocarburos cíclicos polihidroxilados (Machado, Almeida-Muradian, Sancho, & Pascual-Maté, 2017). Esta amplia composición hace de la miel un producto único y le confiere propiedades benéficas para los humanos.

#### **2.4 Factores que afectan la calidad de la miel**

La miel de abeja es un producto de importancia comercial a nivel nacional e internacional, por lo que la calidad de ésta es un aspecto importante a considerar (Pušcion-Jakubik et al., 2020). Debido al incremento en el uso terapéutico de la miel, el mercado exige cada vez más el cumplimiento de estándares que definen la calidad de este producto (Pušcion-Jakubik et al., 2020). Existen varios factores que están relacionados con la producción y calidad de la miel, entre ellos algunos relacionados con las plantas (factores agrícolas asociados al cultivo), factores

meteorológicos (temperatura, humedad y viento), la presencia de insectos enemigos de las abejas melíferas, el estado de las colonias melíferas en cuanto a densidad, edad de la reina y salud de la colonia (Rasha, Metwally, & Abou-Setta, 2021). También de importancia son la zona geográfica, estación del año, el manejo de los apiarios por los apicultores, transporte y almacenamiento del producto (El Sohaimy, Masry, & Shehata, 2015). Una miel pura y de calidad no debe contener ingredientes adicionales, como colorantes, saborizantes, conservadores o inhibidores microbianos; además, no debe haber comenzado a fermentar y debe estar libre de fragmentos de insectos, o partículas extrañas (NOM-004-SAG/GAN-2018).

### *Flora melífera*

La composición o calidad de la miel está influenciada por la flora melífera que las abejas visitan (Puścion-Jakubik et al., 2020). Alrededor de 900 especies de plantas con flores que se encuentran en la península de Yucatán brindan el néctar para la formación de la miel (Velázquez-Rentería, 2011). La miel producida en esta península es valorada por su color, aroma y sabor (Cetzal-Ix, Noguera-Savelli, & Martínez-Puc, 2019). El origen floral de la miel no solo brinda su color característico, también se asocia con su contenido de cenizas, ya que, entre mayor color, mayor contenido de minerales. La norma CODEX STAN 12-1981 establece un máximo de cenizas de 1 %, valor utilizado como indicador de adulteración en la miel, ya que una miel adulterada con melaza presenta un alto porcentaje de cenizas. En Campeche se han identificado especies de plantas que son preferidas por las abejas melíferas y que influyen en la composición final de la miel (Figura 3) (Coh-Martínez et al., 2019).



Figura 3. Especies florales melíferas en Xmapén, Hopelchén, Campeche, México. A) *Viguiera dentata*, b) *Tabebuia rosea*, c) *Cochlospermum vitifolium*, d) *Cordia alliodora*, e) *Cordia dodecandra*, f) *Bursera simaruba*, g) *Jacquemontia pentantha*, h) *Turbina corymbosa*, i) *Croton arboreus*, j) *Caesalpinia gaumeri*, k) *Dalbergia glabra*, l) *Diphysa yucatanensis*, m) *Haematoxylum campechianum*, n) *Lonchocarpus punctatus*, o) *Lysiloma latisiliquum*, p) *Mucuna pruriens*, q) *Piscidia piscipula*, r) *Hampea trilobata* y S) *Gymnopodium floribundum* (Coh-Martínez et al., 2019).

En la zona, se puede inferir que la flora melífera representa cerca del 40 % de la flora regional (Cetzal-Ix et al., 2019). En la península de Yucatán también se observan algunas especies presentes de acahual de selva mediana subperennifolia, en selva mediana subcaducifolia, algunas como *Ipomoea anisomeres* a la orilla de carreteras, *Scaevola plumieri* en duna costera, *Stachytarpheta jamaicensis* en selva baja con cactáceas columnares, y *Cedrela odorata* en selva mediana subperennifolia (Cetzal-Ix et al., 2019). Los estudios del origen de la miel son importantes para brindar valor agregado comercial a la miel por región, dándole

importancia a las plantas y al ecosistema, de los cuales las abejas melíferas elaboran el producto (Baena-Díaz et al., 2022). Desafortunadamente, son escasos los estudios que consideran la diversidad de flora melífera relacionada con los apiarios por tipo de vegetación, y que además consideren la evaluación de la calidad del néctar (Cetzal-Ix et al., 2019), por lo que serían una buena opción para comercializar miel de alta calidad (Baena-Díaz et al., 2022).

### *Condiciones climáticas*

El clima es un factor crucial que determina la humedad y la temperatura del lugar, condiciones que repercuten directamente en la calidad de la miel, y estas dos condiciones climáticas deben ser apropiadas para las abejas melíferas. La humedad debe mantenerse lo más baja posible y la temperatura debe ser alrededor de 34 °C (Hristov, Shumkova, Palova, & Neov, 2020). La recolección de miel se divide en tres épocas, debido a condiciones ambientales, la cosecha (alrededor de 32 % de la producción anual) de enero a mayo, la poscosecha de junio a septiembre, y la precosecha de octubre a diciembre, las cuales están influenciadas por la estacionalidad de la precipitación (Cetzal-Ix et al., 2019; Coh-Martínez et al., 2019). Durante la temporada de lluvias existe escasez de alimento, lo cual en la península de Yucatán se presenta de junio a septiembre, ya que la disponibilidad de plantas con flores es limitada (Cetzal-Ix et al., 2019). También, durante la temporada de lluvias la humedad de la miel es mayor, por lo que su calidad y precio baja, debido a que favorece la fermentación de la miel, reduce el tiempo de almacenamiento y altera las propiedades organolépticas; además, en esta temporada las colonias de abejas disminuyen o abandonan su nido en busca de néctar y polen (Coh-Martínez et al., 2019). Los periodos de frío y humedad pueden tener un impacto negativo en las colonias, por lo que las abejas deben tener alimento suficiente para su sobrevivencia (Hristov et al., 2020). De octubre a diciembre, la temporada de 'nortes' comienza y el número de plantas en floración incrementa de nuevo, en este momento se inicia una fase de recuperación de la actividad apícola (Coh-Martínez et al., 2019). El contenido de humedad de la miel puede verse afectada por las condiciones climáticas, debido a su capacidad higroscópica (Subovsky, Sosa, &

Castillo, 2003; Suescún & Vit, 2008). La cantidad de agua es uno de los parámetros que más se relaciona con la calidad de la miel, porque se asocia con la estabilidad contra la fermentación y granulación (Singh & Singh, 2018). El HMF ideal en miel debe ser menor que 40 mg kg<sup>-1</sup>; sin embargo, la miel procedente de países o regiones tropicales es una excepción, en la cual no debe exceder los 80 mg kg<sup>-1</sup> (CODEX STAN 12-1981). El HMF es utilizado como un indicador de sobre calentamiento y envejecimiento de la miel (Subovsky et al., 2003) y su valor puede aumentar debido a la exposición de la miel a altas temperaturas (Suescún & Vit, 2008).

El cambio climático puede alterar el periodo de vuelo de los polinizadores y la floración de las plantas, lo que puede influir de manera negativa en la nutrición de las abejas, además de causar que especies invasoras entren a las colmenas, causando trastornos o disminución de la población en la colmena (Hristov et al., 2020). Cuando la temperatura es mayor a 36 °C, las abejas obreras comienzan a mitigar la carga de calor utilizando un comportamiento de abanico al hacer vibrar rápidamente sus alas para mantener un microambiente dentro de la colmena y, cuando es menos de 33 °C, las abejas se agrupan para mantener la temperatura del nido, comportamientos que ayudan a las abejas a contrarrestar los efectos adversos del clima (Abou-Shaara, Owayss, Ibrahim, & Basuny, 2017). La mayor parte de la contaminación del aire es por la urbanización, industrialización, generación de energía, fuentes móviles y otros contaminantes, por lo que algunos metales pesados como el cadmio, zinc, cobre, plomo, níquel y mercurio, presentes en el aire, pueden afectar negativamente el polen y éste a su vez, en altas concentraciones, a las abejas causando toxicidad (Hristov et al., 2020).

### *Origen geográfico*

La zona geográfica en donde se encuentren los apiarios es importante, debido a que las especies vegetales melíferas que se encuentren en dicho lugar aportan sustancias de las cuales depende la composición y la calidad de la miel (Coh-Martínez et al., 2019). Se han realizado trabajos de identificación de miel por su origen, de acuerdo con estudios de composición a través de carbohidratos,

aminoácidos, minerales, contenido fenólico, entre otros. Conocer el origen de la miel tiene potencial de generar valor en el mercado, ya que la miel de *Apis mellifera* es la más utilizada a nivel internacional, principalmente en Europa, África y Asia (Kek, Chin, Tan, Yusof, & Chua, 2017). La miel producida en la península de Yucatán es reconocida por las características organolépticas que posee y que hacen que sea reconocida en mercados internacionales. La escasez de recursos alimenticios asociada con las condiciones geográficas y climáticas reduce la producción de miel, sobre todo en zonas con largo periodo de precipitación (Coh-Martínez et al., 2019). Además, el contenido de minerales parece ser mayor en mieles recolectadas del bosque o selva que el de mieles producidas en plantaciones agrícolas (Kek et al., 2017). El conocimiento del origen geográfico y melífero de la miel brinda apertura de mercados internacionales y nacionales del producto.

#### *Manejo y contaminación de la miel*

La calidad de miel puede ser afectada por agentes micro contaminantes que son tóxicos para los consumidores (Puścion-Jakubik et al., 2020). La contaminación puede ocurrir por algunos microorganismos que se presentan durante la extracción y el manejo, y pueden representar un factor importante que afecta la calidad de la miel (con recuento bacteriano superior a 1,000 UFC g<sup>-1</sup>). Las características microbianas de la miel son una consecuencia de la biota intrínseca de las abejas; algunas formas de contaminación pueden ser por el tracto digestivo de las abejas, células vegetativas, polvo, aire, suciedad y flores; también por microorganismos como *Actinetobacter* spp., *Bacillus* spp., *Clostridium* spp., *Corynebacterium* spp., *Pseudomonas* spp., bacterias aerobias mesófilas, coliformes, mohos, levaduras, bacterias del ácido láctico, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp. y *Clostridium perfringens* (Vázquez-Quiñones, Moreno-Terrazas, Natividad-Bonifacio, Quiñones-Ramírez, & Vázquez-Salinas, 2018). Las características fisicoquímicas de la miel dependen principalmente de las prácticas de manejo aplicadas en el apiario como: tipo de alimentación, ubicación del apiario, mecanismos de control contra plagas y enfermedades, así como del proceso de extracción y almacenamiento de la miel realizado por el apicultor (Moguel et al., 2005). La cosecha de miel inmadura puede

provocar un exceso de agua, provocando una fermentación rápida y como resultado desarrollo microbiano, por ejemplo, de *Zygosaccharomyces* (Puścion-Jakubik et al., 2020). También, durante la cosecha se generan partículas llamadas sólidos insolubles, constituidos por materias como cera, propóleo, granos de arena, partes del cuerpo de las abejas, que en conjunto son consideradas como impurezas en la miel. El contenido de impurezas en la miel es considerado un indicador de calidad higiénica. Una cantidad de impurezas superior al 0.1 % rebasa las especificaciones mínimas de calidad para la miel (CODEX STAN 12-1981; NOM-004-SAG/GAN-2018). Este valor superior puede atribuirse a un proceso de sedimentación inadecuado o insuficiente, así como a la adulteración de la miel.

La composición y propiedades químicas de la miel la hacen adecuada para el almacenamiento a largo plazo. Sin embargo, la miel puede cristalizar después de un período corto y esto a veces afecta el color y la aceptabilidad del consumidor (Singh & Singh, 2018). Durante el tiempo de almacenamiento se pueden generar compuestos como hidroximetilfurfural (5-hidroxi-metilfurfuraldehído), el cual es un aldehído cíclico formado por la descomposición de monosacáridos (fructosa y glucosa) bajo un pH ácido, y se utiliza como indicador de calidad (Suescún & Vit, 2008). Por otra parte, para que la miel tenga efectos benéficos debe estar libre de agentes contaminantes; algunos metales pesados en altas concentraciones, como cadmio, zinc y plomo, pueden provenir de la industria y ser dañinos para la salud humana (Bratu & Georgescu, 2005). El uso de pesticidas agroquímicos (neonicotinoides) se ha implementado para los cultivos y bosques, con el fin de controlar plagas, contaminando con residuos de estos pesticidas el polen y el néctar de las plantas y son un peligro para las abejas cuando estas los ingieren como alimento (Hristov et al., 2020). En algunos países es costumbre informar a los apicultores sobre este tipo de manejo; sin embargo, en donde no se informa provoca la destrucción masiva de colmenas enteras (Hristov et al., 2020).

### *Adulteración*

La adulteración de la miel es la sustitución o adición fraudulenta de una sustancia para aumentar el valor aparente del producto, en otras palabras, un fraude

alimenticio que hace que el producto no cumpla con sus estándares (Chirsanova, Capcanari, Boiștean, & Khanchel, 2021). Esta adulteración es un problema con gran impacto económico y junto con el desconocimiento de las características fisicoquímicas verdaderas de la miel por parte de los consumidores, hace que el producto pierda su calidad nutrimental (Zulkhairi et al., 2018). La detección de mieles adulteradas es una práctica difícil, por lo cual, se deben desarrollar métodos para solventar este problema, debido a que la salud humana puede ser afectada negativamente por su consumo (Fakhlaei et al., 2020). El desarrollo de métodos de adulteración es cada vez más sofisticado y la determinación oficial de los indicadores de la calidad de miel no puede detectarlos; la adulteración de miel se puede dividir en indirecta, la cual se basa en la alimentación de la abeja con azúcares industriales, y la directa, en la cual la sustancia se agrega directamente a la miel (Zábrodská & Vorlová, 2015). Los productos que comúnmente se utilizan como adulterantes son los azúcares y jarabes comerciales como glucosa, fructosa, sacarosa, sucrosa, jarabe de arroz, jarabe de inulina (cadenas de fructosa unidas a glucosa), jarabe de maíz y azúcar de palma, debido a su bajo costo, alterando la composición química y propiedades de la miel; estos productos se utilizan de acuerdo con la región, beneficios económicos y accesibilidad (Fakhlaei et al., 2020). La mezcla de miel de alta calidad con miel de menor calidad es otra forma de adulteración (Fakhlaei et al., 2020). Es importante dar a conocer a los consumidores y comercializadores de miel, las implicaciones negativas de adulterar productos, para que la atención se centre en cómo producir miel de mejor calidad y hacer rentable la actividad apícola.

## **2.5 Mercado europeo para exportación de miel**

De acuerdo con FAOSTAT (2021), los principales países exportadores de miel en el mundo fueron China (145,886.05 t), India (70,513.68 t), Vietnam (61,427.38 t), Ucrania (61,166.92 t), Argentina (60,406.07 t), Brasil (47,189.92 t), Alemania (29,813.04 t), España (28,637.99 t), México (25,076.08 t) y Bélgica (19,948.41 t). Así, México ocupa el noveno lugar en exportación de miel a nivel internacional (Figura 4).

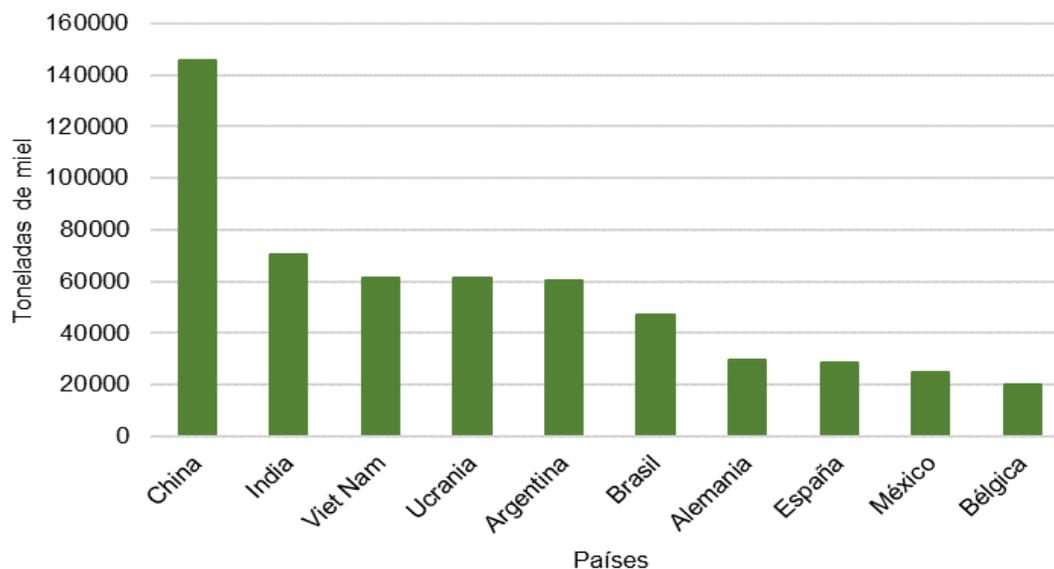


Figura 4. Principales países exportadores de miel (FAOSTAT, 2021).

Asimismo, los principales países importadores fueron Estados Unidos (22,0231.16 t), Alemania (78,573.74 t), Japón (47,131.59 t), Reino Unido (46,862.64 t), Polonia (37,593.58 t), Bélgica (31,874.75 t), España (31,646.48 t), Francia (29,278.86 t), Italia (24,115.67 t) y Arabia Saudita (21,186.83 t). Como se puede apreciar en la Figura 5, siete países europeos son los principales importadores de miel a nivel mundial, por lo que el mercado europeo es atractivo para la producción apícola de México.

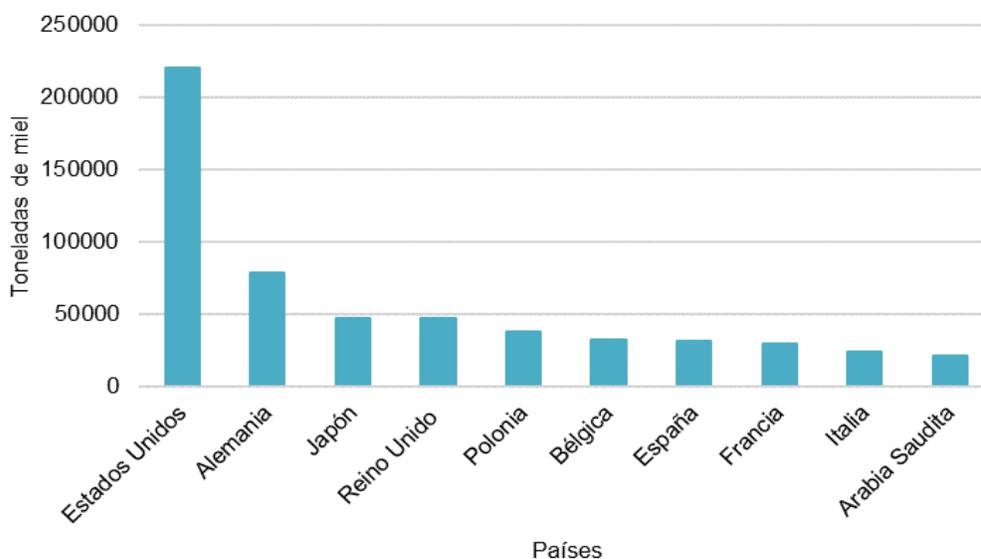


Figura 5. Principales países importadores de miel (FAOSTAT, 2021).

El Parlamento Europeo, a través de la Directiva 2001/110/CE y 2014/63/UE (Modificado 2014) del consejo relativa a la miel (Diario oficial de las Comunidades Europeas), establece varios criterios que deben cumplir los productos de origen apícola para ser comercializados en la Unión Europea:

- a) El etiquetado de la miel debe cumplir con la información de origen para garantizar la información completa del producto al consumidor.
- b) No se debe retirar de la miel ninguno de sus componentes específicos que puedan afectar la calidad y composición del producto.
- c) No debe añadirse miel filtrada a la miel cuya denominación haya sido completada.
- d) Se deben de aplicar métodos de análisis de productos que garanticen el cumplimiento de las características de composición de la miel para su comercialización y consumo.

Para la comercialización directa de miel o su uso en algún otro producto, debe tener características de composición específicas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estándares establecidos por la Directiva 2001/110/CE del Consejo de la Unión Europea relativa a la miel.

Composición química	Cantidad
1. Contenido de azúcar	
1.1. Contenido de fructosa y glucosa	
-Miel de flores	≥ 60 g 100 <sup>-1</sup> g
-Miel de mielada, mezclas de miel de mielada con miel de flores	≥ 45 g 100 <sup>-1</sup> g
1.2. Contenido de sacarosa	
-En general	≤ 5 g 100 <sup>-1</sup> g
-Falsa acacia ( <i>Robinia pseudoacacia</i> ), alfalfa ( <i>Medicago sativa</i> ), Banksia de Menzies ( <i>Banksia menziesii</i> ), Sulla ( <i>Hedysarum</i> ), Eucalipto rojo ( <i>Eucalyptus camaldulensis</i> ), <i>Eucryphia lucida</i> , <i>Eucryphia milliganii</i> , <i>Citrus</i> spp.	≤10 g 100 <sup>-1</sup> g
-Espliego ( <i>Lavandula</i> spp.) y borraja ( <i>Borago officinalis</i> )	≤15 g 100 <sup>-1</sup> g
2. Contenido de agua	
-En general	≤ 20 %
-Miel de brezo ( <i>Calluna</i> ) y miel para uso industrial en general	≤ 23 %
-Miel de brezo ( <i>Calluna</i> ) para uso industrial	≤ 25 %

---

3. Contenido de sólidos insolubles en agua	
-En general	$\leq 0.1 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}$
-Miel prensada	$\leq 0.5 \text{ g } 100^{-1} \text{ g}$
4. Conductividad eléctrica	
-Miel no incluida en la enumeración precedente y mezclas de estas mieles	$\leq 0.8 \text{ mS cm}^{-1}$
-Miel de mielada y miel de castaño y mezclas de las mismas, excepto con las mieles que se enumeran a continuación: excepciones: madroño ( <i>Arbutus unedo</i> ), argaña ( <i>Erica</i> ), eucalipto, tilo ( <i>Tilia</i> spp.), brezo ( <i>Calluna vulgaris</i> ), ( <i>Leptospermum</i> ), árbol del té ( <i>Melaleuca</i> spp.)	$\geq 0.8 \text{ mS cm}^{-1}$
5. Ácidos libres	
-En general	$\leq 50 \text{ mEq kg}^{-1}$
-Miel para uso industrial	$\leq 80 \text{ mEq kg}^{-1}$
6. Índice diastásico y contenido en hidroximetilfurfural (HMF), determinados después de la elaboración y mezcla	
a) Índice diastásico (escala de Schade)	
-En general, excepto miel para uso industrial	$\geq 8$
-Mieles con un contenido bajo de enzimas naturales (por ejemplo, mieles de cítricos) y un contenido de HMF no superior a $15 \text{ mg kg}^{-1}$	$\geq 3$
b) HMF	
-En general, excepto miel para uso industrial	$\leq 40 \text{ mg kg}^{-1}$
-Miel de origen declarado procedente de regiones de clima tropical y mezclas de estas mieles	$\leq 80 \text{ mg kg}^{-1}$

---

Por otra parte, la misma Directiva establece que además de las características de composición de la miel para consumo humano, no debe añadirse ningún ingrediente alimenticio como aditivos o alguna otra sustancia. La miel debe estar exenta de materia orgánica e inorgánica ajena a su composición, no debe presentar olores extraños, no haber comenzado a fermentar y el grado de acidez no debe haber sido modificado artificialmente.

El control de estándares en la miel se debe a que existen métodos que causan incertidumbre en productos de mala calidad, como la mezcla de variedades de miel menos comercializadas con tipos de miel con más sabor y mayor comercialización, la adulteración utilizando soluciones de jarabe de azúcar y el uso de la enzima invertasa para reducir el nivel de sacarosa y producción de azúcares como fructosa y glucosa (Rasha et al., 2021). Por lo que el consumidor a menudo adquiere

sustitutos de miel sin valor, pero también queda expuesto a peligrosos productos químicos con colorantes y antibióticos (Zábrowská & Vorlová, 2015).

## **2.6 Antibióticos y plaguicidas en miel**

La miel es ampliamente consumida con dos propósitos, alimento y medicinal, por lo que su contaminación con pesticidas y antibióticos pueden causar serios problemas a la salud. Los pesticidas pueden causar mutaciones y los antibióticos incrementar la resistencia de patógenos en animales y humanos: los residuos que pueden estar presentes en la miel incluyen ácidos orgánicos, acaricidas, fungicidas, herbicidas y bactericidas, muchos de estos prohibidos por efectos cancerígenos, y debido a que no se han establecido los límites máximos, es un problema evaluar el grado de contaminación de la miel (Al-Waili, Salom, Al-Ghamdi, & Ansari, 2012). El CODEX STAN 12-1981 y la Unión Europea mencionan que la miel debe estar libre de antibióticos y plaguicidas, o ajustarse a los límites máximos de residuos, aunque dichos límites no se han establecido. El manejo de los apiarios dentro de países puede diferir según la cultura de los productores, densidad, tipos de cultivo, y áreas de floración en donde las abejas colectan el néctar y polen (Rasha et al., 2021). Las abejas funcionan como bioindicadores de la calidad ambiental, dando a conocer la presencia de contaminantes en el ambiente, lo que se podría aprovechar para solventar los riesgos asociados con la salud humana y los ecosistemas (Bonerba et al., 2021). Cuando se recolecta el polen de cultivos de soya genéticamente modificada, las abejas lo incorporan en la miel, lo cual es un riesgo en la venta de miel con reducciones de 12 % en el precio y pueden rechazarse envíos de exportación, lo cual es una amenaza no reconocida para la apicultura (Villanueva-Gutiérrez, Echazarreta-González, Roubik, & Moguel-Ordoñez, 2014). Los efectos de los pesticidas pueden ser mínimos o hasta graves, como irritación piel, defectos de nacimiento, tumores, mutaciones, trastornos endocrinos o incluso la muerte; algunos pesticidas son el aldrín, clordano, DDT, diedro, endrín, heptacloro, hexaclorobenceno, mirex y toxafeno (Al-Waili et al., 2012). Por otra parte, los antibióticos son utilizados contra enfermedades bacterianas presentes en las colmenas y pueden encontrarse en la miel, por ejemplo, oxitetraciclina y

cloranfenicol; de acuerdo con las normas de calidad, la miel debe estar libre de antibióticos. Algunos países como Bélgica, Suiza y Reino Unido han establecido límites de antibióticos que van de 0.01 a 0.05 mg kg<sup>-1</sup> para cada grupo de antibiótico (Al-Waili et al., 2012). También, en la unión europea se recomienda un límite 0.3 µg kg<sup>-1</sup> de cloranfenicol; sin embargo, se deben de cumplir con niveles de tolerancia cero (Bonerba et al., 2021). En Estados Unidos y parte de Canadá se reportaron cerca de 150 pesticidas diferentes encontrados en una colonia de abejas, 98 plaguicidas se detectaron en una concentración de hasta 214 ppm, por lo que se requieren cambios urgentes en las políticas regulatorias de pesticidas en la apicultura a nivel internacional (Mullin et al., 2010).

## 2.7 Literatura citada

- Abou-Shaara, H. F., Owayss, A. A., Ibrahim, Y. Y., & Basuny, N. K. (2017). A review of impacts of temperature and relative humidity on various activities of honey bees. *Insectes Sociaux*, 64, 455-463, doi.org/10.1007/s00040-017-0573-8.
- Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A., & Ansari, M. J. (2012). Antibiotic, pesticide, and microbial contaminants of honey: human health hazards. *The Scientific World Journal*, 2012, doi.org/10.1100/2012/930849.
- Arechavaleta-Velasco, M. E., García-Figueroa, C., Alvarado-Avila, L. Y., Ramírez-Ramírez, F. J., & Alcalá-Escamilla, K. I. (2021). Resultados e impacto de la investigación en genética y mejoramiento genético de las abejas melíferas desarrollada por el INIFAP en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12, 224-242, doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5919.
- Baena-Díaz, F., Chévez, E., Ruíz de la M., F., & Porter-Bolland, L. (2022). *Apis mellifera* en México: producción de miel, flora melífera y aspectos de polinización. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(2), 525-548, doi.org/10.22319/rmcp.v13i2.5960.
- Bogdanov, S. (2004). Quality and standards of pollen and beeswax. *Apiacta*, 38(11), 334-341.
- Bonerba, E., Panseri, S., Arioli, F., Nobile, M., Terio, V., Di Cesare, F., ... & Chiesa, L. M. (2021). Determination of antibiotic residues in honey in relation to different potential sources and relevance for food inspection. *Food Chemistry*, 334, 127575, doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127575.
- Bratu, I., & Georgescu, C. (2005). Chemical contamination of bee honey—identifying sensor of the environment pollution. *Journal of Central European Agriculture*, 6(1), 95-98.
- Campos, M. G. R., Frigerio, C., Lopes, J., & Bogdanov, S. (2010). What is the future of Bee-Pollen. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131-144, doi.10.3896/IBRA.4.02.4.01.
- Campos, M. G., Bogdanov, S., de Almeida-Muradian, L. B., Szczesna, T., Mancebo, Y., Frigerio, C., & Ferreira, F. (2008). Pollen composition and standardisation of analytical methods. *Journal of Apicultural Research*, 47(2), 154-161, doi.org/10.1080/00218839.2008.11101443.
- Cetzal-Ix, W., Noguera-Savelli, E., & Martínez-Puc, J. F. (2019). Flora melífera de la península de Yucatán, México: Estrategia para incrementar la producción de miel en los periodos de escasez de alimento de *Apis mellifera* L. *Desde El Herbario CICY*, 11(5), 172-179.
- Chirsanova, A., Capcanari, T., Boiștean, A., & Khanchel, I. (2021). Bee honey: History, characteristics, properties, benefits and adulteration in the

beekeeping sector. *Journal of Social Sciences*, 3(4), 98-114, doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(3).11.

- Codex Alimentarius. (2019). Norma del CODEX para la Miel CODEX STAN 12-1981. Normas internacionales de los alimentos. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura, Organización Mundial de la Salud. Roma, Italia.
- Coh-Martínez, M. E., Cetzal-Ix, W., Martínez-Puc, J. F., Basu, S. K., Noguera-Savelli, E., & Cuevas, M. J. (2019). Perceptions of the local beekeepers on the diversity and flowering phenology of the melliferous flora in the community of Xmabén, Hopelchén, Campeche, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15(1), 1-16, doi.org/10.1186/s13002-019-0296-1.
- Collazo, N., Carpena, M., Nuñez-Estevez, B., Otero, P., Simal-Gandara, J., & Prieto, M. A. (2021). Health promoting properties of bee royal jelly: Food of the queens. *Nutrients*, 13(2), 543, doi.org/10.3390/nu13020543.
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. (2015). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323, doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051.
- De-Melo, A. A. M., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2017). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5-37, doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444.
- Directiva 2001/110/CE (2002). Relativa a la miel. Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- El Sohaimy, S. A., Masry, S. H. D., & Shehata, M. G. (2015). Physicochemical characteristics of honey from different origins. *Annals of Agricultural Sciences*, 60(2), 279-287, doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.015.
- Fakhlai, R., Selamat, J., Khatib, A., Razis, A. F. A., Sukor, R., Ahmad, S., & Babadi, A. A. (2020). The toxic impact of honey adulteration: A review. *Foods*, 9(11), 1538, doi.org/10.3390/foods9111538.
- FAOSTAT, 2021. Base de datos del mundo sobre estadísticas alimentarias y agrícolas. Organización de las Naciones Unidas. [http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries\\_by\\_commodity\\_exports](http://www.fao.org/faostat/es/#rankings/countries_by_commodity_exports). [Consultado el 18 de enero, 2023].
- González-Suárez, M., Mora-Olivo, A., Villanueva-Gutiérrez, R., Lara-Villalón, M., Vanoye-Eligio, V., & Guerra-Pérez, A. (2020). Diversidad de la flora de interés apícola en el estado de Tamaulipas, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 914-932, doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.4717.

- Guo, J., Wang, Z., Chen, Y., Cao, J., Tian, W., Ma, B., & Dong, Y. (2021). Active components and biological functions of royal jelly. *Journal of Functional Foods*, 82, 104514, doi.org/10.1016/j.jff.2021.104514.
- Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. (2020). Factors associated with honey bee colony losses: A mini-review. *Veterinary Sciences*, 7(4), 166, doi.org/10.3390/vetsci7040166.
- Kek, S. P., Chin, N. L., Tan, S. W., Yusof, Y. A., & Chua, L. S. (2017). Classification of honey from its bee origin via chemical profiles and mineral content. *Food Analytical Methods*, 10, 19-30, doi.org/10.1007/s12161-016-0544-0.
- Khalil, A., Elesawy, B. H., Ali, T. M., & Ahmed, O. M. (2021). Bee venom: From venom to drug. *Molecules*, 26(16), 4941, doi.org/10.3390/molecules26164941.
- Lotfy, M. (2006). Biological activity of bee propolis in health and disease. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 7(1), 22-31.
- Machado, D. A. A., Almeida-Muradian, L. B. D., Sancho, M. T., & Pascual-Maté, A. (2017). Composition and properties of *Apis mellifera* honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5-37, doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444.
- Magaña, M. M. A., Tavera, C. M. E., Salazar, B. L. L., & Sanginés, G. J. R. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1103-1115.
- Moguel, Y. B., Echazarreta, C., & Mora, R. (2005). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 43(3), 323-334.
- Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., VanEngelsdorp, D., & Pettis, J. S. (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PloS one*, 5(3), e9754, doi.org/10.1371/journal.pone.0009754.
- NOM-004-SAG/GAN-2018 (2020). Norma Oficial Mexicana: Producción de miel y especificaciones. Diario Oficial de la Federación. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020#gsc.tab=0). [Consultado el 15 de enero, 2023].
- Oršolić, N. (2012). Bee venom in cancer therapy. *Cancer and Metastasis Reviews*, 31, 173-194, doi.org/10.1007/s10555-011-9339-3.
- Pacheco-López, N., Ayora-Talavera, T. del R., García-Cruz, N., González-Flores, T., Patrón-Vázquez, J., Sánchez-Contreras, A., & Ramos-Díaz, A. (2017). Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad

de la miel. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Mérida. 3ra edición, capítulo IV, 69-96.

- Pavel, C. I., Mărghițaș, L. A., Bobiș, O., Dezmiorean, D. S., Șapcaliu, A., Radoi, I., & Mădaș, M. N. (2011). Biological activities of royal jelly-review. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, *44*(2), 108-118.
- Puścion-Jakubik, A., Borawska, M. H., & Socha, K. (2020). Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin identification. *Foods*, *9*(8), 1028, doi.org/10.3390/foods9081028.
- Rasha, M. A., Metwally, A. A., & Abou-Setta, M. M. (2021). Factor affecting bee honey quality acceptance including contents and extraction method. *Plant Archives*, *21*(2), 305-309, doi.org/10.51470/PLANTARCHIVES.2021.v21.no2.047.
- Saralaya, S., Jayanth, B. S., Thomas, N. S., & Sunil, S. M. (2021). Bee wax and honey—a primer for OMFS. *Oral and Maxillofacial Surgery*, *25*(1), 1-6, doi.org/10.1007/s10006-020-00893-0.
- Sauri-Duch, E., Gutiérrez-Canul, C., Cuevas-Glory, L. F., Ramón-Canul, L., Pérez-Pacheco, E., & Moo-Huchin, V. M. (2021). Determination of quality characteristics, phenolic compounds and antioxidant activity of propolis from southeastern Mexico. *Journal of Apicultural Science*, *65*(1), 109-122, doi.org/10.2478/jas-2021-0008.
- Seraglio, S. K. T., Silva, B., Bergamo, G., Brugnerotto, P., Gonzaga, L. V., Fett, R., & Costa, A. C. O. (2019). An overview of physicochemical characteristics and health-promoting properties of honeydew honey. *Food Research International*, *119*, 44-66.
- SIACON (2021). Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. México. 2010-2021. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). [Consultado el 22 de enero, 2023].
- Singh, I., & Singh, S. (2018). Honey moisture reduction and its quality. *Journal of Food Science and Technology*, *55*, 3861-3871, doi.org/10.1007/s13197-018-3341-5.
- Șonea, C. G., Șonea, A. C., Criste, F. L., Popescu, O., & Socol, C. T. (2020). One health concept, consequence of bio-economic and eco-economic management application in apiculture. *Scientific Papers: Series D, Animal Science-The International Session of Scientific Communications of the Faculty of Animal Science*, *63*(1).
- Subovsky, M. J., Sosa, Á., & Castillo, A. (2003). Determinación de algunos parámetros fisicoquímicos en miel de abejas de la provincia de corrientes,

- argentina y su relación con la cosecha y procesamiento. *Revista Científica Agropecuaria*, 7(2), 61-64.
- Suescún, L., & Vit, P. (2008). Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica*, 12(1), 6-15.
- Thakur, M., & Nanda, V. (2020). Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 82-106, doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001.
- Vázquez-Quiñones, C. R., Moreno-Terrazas, R., Natividad-Bonifacio, I., Quiñones-Ramírez, E. I., & Vázquez-Salinas, C. (2018). Microbiological assessment of honey in México. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(1), 75-80, doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.005.
- Velázquez-Rentería, C. A. (2011). Flora y apicultura en la península de Yucatán. *Ciencia y Desarrollo*, 237, 42-5.
- Villanueva-Gutiérrez, R., Echazarreta-González, C., Roubik, D. W., & Moguel-Ordoñez, Y. B. (2014). Transgenic soybean pollen (*Glycine max* L.) in honey from the Yucatan peninsula, Mexico. *Scientific Reports*, 4(1), 1-4, doi: 10.1038/srep04022.
- Zábrowská, B., & Vorlová, L. (2015). Adulteration of honey and available methods for detection- a review. *Acta Veterinaria Brno*, 83(10), 85-102, doi.org/10.2754/avb201483S10S85.
- Zulhairi, A. F. A., Sabri, S., Mohammad, S. M., Ismail, M., Chan, K. W., Ismail, Norhaizan, M. E., & Zawawi, N. (2018). Therapeutic properties of stingless bee honey in comparison with European bee honey. *Advances in Pharmacological Sciences*, doi.org/10.1155/2018/6179596.

### 3. CARACTERIZACIÓN DE LA APICULTURA EN EL ESTADO DE CAMPECHE, MÉXICO

#### Resumen

El objetivo fue comparar indicadores productivos y económicos de apicultores que manejan unidades de producción pequeñas, medianas o grandes en cuatro municipios del estado de Campeche. Durante 2012, 2013 y 2014 se aplicó un cuestionario estructurado a una muestra aleatoria ( $n=395$ ) de apicultores. Las variables registradas por unidad de producción fueron: número total de colmenas y apiario, número de cosechas de miel por año, producción anual de miel, precio de venta por kg de miel y costos de producción. Los datos se analizaron ajustando un modelo mixto con los efectos fijos de año y tipo de productor, el efecto aleatorio de comunidad anidada en municipio y las covariables significativas de años de experiencia como apicultor y años de escolaridad. El número de colmenas ( $22.7\pm 3.8 < 44.7\pm 3.3 < 113.5\pm 3.3$ ;  $p<0.01$ ), apiarios ( $1.17\pm 0.14 < 1.97\pm 0.12 < 3.82\pm 0.13$ ;  $p<0.01$ ) y colmenas por apiario ( $20.5\pm 1.14 < 27.0\pm 1.04 < 31.0\pm 1.08$ ;  $p<0.01$ ) fue superior a medida que creció el tamaño de la unidad de producción. El promedio de cosechas de miel por año fue similar para apicultores medianos y grandes ( $4.27\pm 0.12$  vs  $4.30\pm 0.13$ ;  $p>0.05$ ), y mayor ( $p<0.05$ ) que el de los pequeños ( $3.95\pm 0.13$ ). Sin embargo, la producción de miel por colmena no fue diferente ( $p>0.05$ ) de acuerdo con tipo de apicultor ( $27$  kg año<sup>-1</sup>). El precio de venta de la miel fue alrededor de  $\$18.0$  kg<sup>-1</sup> en los tres años de estudio y similar para los tres tipos de apicultores. El costo de producción de miel no difirió para apicultores medianos y grandes ( $18.7\pm 1.46$  y  $16.1\pm 1.0$  kg<sup>-1</sup>;  $p>0.05$ ), pero fue más bajo ( $p<0.05$ ) que el de los pequeños ( $23.0\pm 1.22$  kg<sup>-1</sup>). El ingreso total por colmena por año fue similar ( $p>0.05$ ) entre tamaño de apicultores ( $\$770.7$ ). La utilidad anual se incrementó ( $p<0.01$ ) conforme aumentó el tamaño de la unidad de producción, contrario al costo total por colmena por año.

**Palabras clave:** *Apis mellifera*, productividad de las colmenas, rentabilidad de la apicultura.

---

<sup>1</sup>Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo

Autor: María Guadalupe Mendoza Juárez

Director: J. Guadalupe García Muñiz

## Abstract

The objective was to compare productive and economic indicators of beekeepers who manage small, medium, or large production units in four municipalities of the state of Campeche. During 2012, 2013 and 2014, a structured questionnaire was applied to a random sample (n=395) of beekeepers. The variables registered by production unit were total number of hives and apiaries, number of honey harvests per year, annual honey production, sale price per kg of honey and production costs. Data were analyzed with a mixed model with the fixed effects of year and beekeeper type, the random effect of community nested within municipality, and the covariates years of experience as a beekeeper and years of schooling. The number of hives ( $22.7 \pm 3.8 < 44.7 \pm 3.3 < 113.5 \pm 3.3$ ;  $p < 0.01$ ), apiaries ( $1.17 \pm 0.14 < 1.97 \pm 0.12 < 3.82 \pm 0.13$ ;  $p < 0.01$ ) and hives per apiary ( $20.5 \pm 1.14 < 27.0 \pm 1.04 < 31.0 \pm 1.08$ ;  $p < 0.01$ ) were higher as the beekeeper's production unit was larger in size. The average number of honey harvests per year was similar for beekeepers that managed medium and large production units ( $4.27 \pm 0.12$  vs  $4.30 \pm 0.13$ ;  $p > 0.05$ ), and higher ( $p < 0.05$ ) than for small ones ( $3.95 \pm 0.13$ ). However, honey production per hive per year did not differ ( $p > 0.05$ ) for the three types of beekeepers compared ( $27 \text{ kg year}^{-1}$ ). The sale price of honey was around  $\$18.0 \text{ kg}^{-1}$  in the three years of study and similar for the three types of beekeepers compared. The cost of honey production did not differ for beekeepers that managed medium and large ( $18.7 \pm 1.46$  and  $16.1 \pm 1.0 \text{ kg}^{-1}$ ;  $p > 0.05$ ) production units, but it was lower ( $p < 0.05$ ) than that of small ones ( $23.0 \pm 1.22 \text{ kg}^{-1}$ ). Total income per hive per year was similar ( $p > 0.05$ ) for the three types of beekeepers ( $\$770.7$ ). The annual profit increased ( $p < 0.01$ ) as the size of the production unit increased, contrary to the total cost per hive per year.

**Keywords:** *Apis mellifera*, hive productivity, beekeeping profitability.

---

<sup>1</sup>Master Thesis in Livestock Innovation, Graduate Program in Animal Production, Universidad Autónoma Chapingo

Author: María Guadalupe Mendoza Juárez

Advisor: J. Guadalupe García Muñiz

### **3.1 Introducción**

La apicultura en Campeche, México, es una de las actividades primarias más importantes, ya que beneficia a 6 mil 226 apicultores de la región, en especial a productores de zonas rurales (SADER, 2019), siendo una fuente importante de empleos y generadora de divisas, estimándose que 90 % de la producción de miel en Campeche es para exportación, en especial para el mercado europeo (SADER, 2019). Para 2021, en Campeche se contaba con un inventario de 311,309 colmenas, con las cuales se produjeron 7,806 t de miel, con un valor de \$ 340,992,560, posicionando así a la entidad como el segundo estado más importante en la producción y exportación de miel en México (SIACON, 2021). Entre los principales municipios productores de miel encontramos a Champotón (2,469 t), Hopelchén (1,931 t) y Campeche (1,203 t) (SIACON, 2021). La producción de miel en Campeche, México, representa una importante fuente de ingresos para los apicultores; sin embargo, las condiciones socioeconómicas de los apicultores y las prácticas de manejo implementadas en el apiario, han repercutido en la productividad y la generación de ingresos de las unidades de producción (Martínez-Puc, Cetzal-Ix, González-Valdivia, Casanova-Lugo, & Saikat-Kumar, 2018).

Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue analizar las características productivas y económicas de las unidades de producción apícola en cuatro municipios del estado de Campeche, México, considerando el tamaño de las unidades de producción y estratificando por tipo de productor (pequeño, mediano y grande).

### 3.2 Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en el estado de Campeche, México, considerando una muestra aleatoria de 395 apicultores de 50 comunidades, pertenecientes a los municipios de Candelaria, Carmen, Champotón y Escárcega (Cuadro 1).

Cuadro 1. Relación de municipios, comunidades y número de apicultores que proporcionaron datos para la encuesta.

Municipio Comunidad	Apicultores encuestados	Municipio Comunidad	Apicultores encuestados
<b>Candelaria</b>		<b>Escárcega</b>	
Arroyo de Cuba	3	Benito Juárez II	1
Benito Juárez	7	Centenario	5
Candelaria	8	División del Norte	9
Emiliano Zapata	1	Don Samuel	2
Miguel Alemán	8	El Hüiro	7
Mújica	1	Haro	15
Nueva Rosita	5	José López Portillo	3
Pejelagarto	15	Justicia Social	14
Tasistal	1	La Asunción	10
Vicente Guerrero 1	2	La Victoria	11
		Laguna Grande	12
		Lechugal	14
<b>Carmen</b>		Libertad	11
Abelardo L. Rodríguez	21	Luna	18
Chicbul	6		
Nuevo Pital	7		
Oxcabal	9		
<b>Champotón</b>			
Ah-Kin-Pech	1	Miguel Colorado	7
Arellano	10	Moch Cohuo	1
Chaccheito	4	Pixoyal	33
Chilam Balam	4	Pixtun	3
Cinco de Febrero	22	Providencia	1
Dzibalche de Castellot	3	Salinas de Gortari	1
Felipe Carrillo Puerto	2	San José Carpizo 2	10
Hool	6	Seybaplaya	8
La Providencia	1	Sihochac	3
Mayatecum	8	Villa de Guadalupe	10
Mayatecum 2	2	Xbacab	11

Para la obtención de los indicadores productivos y económicos de las unidades de producción apícola se aplicó un cuestionario estructurado durante el periodo 2012-2014. El cuestionario aplicado contiene los apartados: a) atributos de los apicultores (género, edad, escolaridad, años de experiencia en la apicultura), y b) atributos de la unidad de producción (número total de colmenas, número de apiarios, tamaño del apiario, número de cosechas de miel por año, precio de venta por kilogramo de miel, producción de miel anual e inversión para la producción de miel). Con la información recabada con la encuesta, se obtuvo la productividad de las colmenas (kg de miel colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), ingreso por colmena (\$ colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), costos de producción por colmena (\$ colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>), costos de producción de miel (\$ kg<sup>-1</sup> de miel), utilidad por colmena (\$ colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y utilidad por unidad de producción (\$ año<sup>-1</sup>).

Los apicultores entrevistados fueron seleccionados al azar y son socios proveedores de miel de la empresa Apicultores de Champotón S.P.R. de R.I. ubicada en Champotón, Campeche. La empresa es 100 % mexicana con más de 40 años dedicada al acopio, procesamiento y comercialización de la miel, principalmente para exportación a Alemania. Los apicultores entrevistados se clasificaron por estratos, considerando el número de colmenas totales (pequeños = 1 a 30, mediados = 31 a 60 y grandes = mayor a 60).

Para obtener los estadísticos descriptivos se utilizó el procedimiento MEANS, y para el análisis de varianza y covarianza se utilizó el procedimiento MIXED de SAS (SAS, 2021). El modelo estadístico utilizado se describe a continuación.

### Modelo estadístico

$$y_{ijk} = \mu + A_i + M_j + C(M)_{k:j} + b_{1:1}x_{1ijk} + b_{2:1}x_{1ijk}^2 + b_{1:2}x_{2ijk} + b_{2:2}x_{2ijk}^2 + e_{ijk}$$

#### Donde:

$y_{ijk}$  es la variable de respuesta modelada

$\mu$  es la media general

$A_i$  es el efecto fijo del  $i$ -ésimo año de registro de la encuesta ( $i = 2012, 2013, 2014$ )

$M_j$  es el efecto fijo del  $j$ -ésimo municipio donde se aplicó la encuesta ( $j = 1, \dots, 4$ )

$C(M)_{k:j}$  es el efecto aleatorio de la  $k$ -ésima comunidad, anidada en el  $j$ -ésimo municipio donde se aplicó la encuesta,  $\sim \text{NIID}(0, \sigma_{C(M)}^2)$

$b_{1:1}, b_{2:1}$  son, respectivamente, los coeficientes de la regresión lineal y cuadrática de la covariable ‘años de escolaridad del apicultor’

$b_{1:2}, b_{2:2}$  son, respectivamente, los coeficientes de la regresión lineal y cuadrática de la covariable ‘años de experiencia como apicultor’

$x_{1ijk}, x_{1ijk}^2$  son los valores de la covariable ‘escolaridad’ y ‘escolaridad al cuadrado’ del apicultor

$x_{2ijk}, x_{2ijk}^2$  son los valores de la covariable ‘experiencia’ y ‘experiencia al cuadrado’ del apicultor

$e_{ijk}$  es el error aleatorio,  $\sim \text{NIID}(0, \sigma_e^2)$

### 3.3 Resultados y discusión

Los apicultores de los municipios de Candelaria, Carmen, Champotón y Escárcega, Campeche, cuentan con un promedio de 65 colmenas y 2.4 apiarios por productor (Cuadro 2), la cosecha de miel en esos municipios se concentra en los meses de enero a junio, y el 64 % de productores cuentan con menos de 61 colmenas. Estos resultados indican que la apicultura en el estado de Campeche se practica en pequeña escala.

Cuadro 2. Estadísticos descriptivos para variables de producción y económicas contenidas en una encuesta aplicada a 395 apicultores de cuatro municipios de Campeche, México.

Variable	Mín.	Máx.	Media	Mediana	DE <sup>y</sup>	CV <sup>z</sup> (%)
Colmenas por productor (n)	10.0	405.0	64.7	50.0	55.2	85.3
Apiarios por productor (n)	1.0	14.0	2.4	2.0	1.7	70.9
Tamaño del apiario (Colmenas)	9.0	80.0	27.1	25.0	10.4	38.3
Cosechas de miel por año (n)	1.0	7.0	4.2	4.0	1.0	25.2
Producción de miel (kg colmena <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup> )	3.0	90.0	27.0	26.7	12.8	47.3
Precio de venta (\$ kg <sup>-1</sup> de miel)	21.0	31.0	28.2	28.0	1.4	5.0
Costo de producción (\$ kg <sup>-1</sup> de miel)	4.9	84.7	20.4	16.5	13.8	67.8
Ingreso total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	81.0	2,700.0	770.7	752.3	375.0	48.7
Costo total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	180.0	1,268.2	435.7	392.4	191.1	43.9
Utilidad por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	-755.6	2,211.4	335.0	295.2	386.7	115.4
Utilidad por unidad de producción (\$ año <sup>-1</sup> )	-79,062.0	377,083.5	24,288.4	13,390.0	46,256.1	190.4

<sup>y</sup>DS: desviación estándar, <sup>z</sup>CV: coeficiente de variación.

El precio de la miel de abeja osciló entre \$21.00 y \$31.00 por kg, similar a lo reportado por Castillo (2021) para el estado de Campeche. En promedio el costo de producción por kilogramos de miel se encontró por debajo del precio del producto; sin embargo, en el presente estudio también se encontraron valores máximos de

costos de producción que superaron el precio de la miel, escenario que pone en peligro la rentabilidad de la actividad apícola, especialmente para los pequeños apicultores.

El número de colmenas totales fue diferente ( $p < 0.01$ ), de acuerdo con el tipo de productor, pequeño = 23, mediano = 45 y grande = 114, y a los años de experiencia en la apicultura ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 3). El tipo de productor, su experiencia en la apicultura y los municipios donde se localizan las unidades de producción, influyeron en el número de apiarios por apicultor y en el número de colmenas por apiario.

Cuadro 3 Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos y covariables del modelo de mejor ajuste para variables de producción contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México.

Efecto	Variable				
	Colmenas totales por productor (Número)	Apiarios por productor (Número)	Colmenas por apiario (Número)	Cosechas de miel por año (Número)	Producción de miel por colmena (kg año <sup>-1</sup> )
Año	0.0816	0.4412	0.2255	<0.0001	<0.0001
Municipio	0.7329	0.0165	0.0103	0.0709	0.0113
Tipo de productor	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.0119	0.8197
Escolaridad (lineal)	----	----	0.0152	----	----
Experiencia (lineal)	0.0150	0.0349	0.0502	0.0173	0.0049
Experiencia (cuadrática)	----	0.0024	0.0350	----	0.0010

Las variables y covariables con  $p < 0.05$  se consideraron diferentes.

El número de cosechas de miel por año fue diferente para cada año de estudio, así como por tipo de productor y la experiencia que tienen en la apicultura (Cuadro 3). La producción de miel por colmena por año no fue diferente por tipo de productor, pero sí por municipio y por los años de experiencia de los apicultores. La diferencia en la productividad de las colmenas por municipio, indica que existen particularidades en la presencia de recursos api botánicos, así como en el manejo de las colmenas.

El tiempo que llevan los apicultores practicando la apicultura, influyó en el número total de colmenas con las que cuentan y en el número de apiarios. A medida que

aumentaron los años de experiencia en la actividad, se incrementó el tamaño de la unidad de producción y el número de apiarios (Figuras 1 y 2).

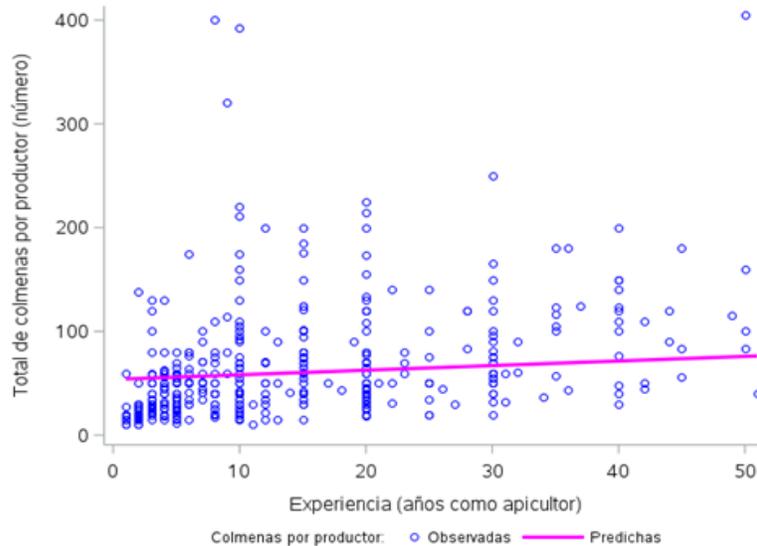


Figura 1. Tamaño de la unidad de producción con respecto a los años de experiencia de los apicultores.

Lo anterior es importante debido a que los tipos de apiarios (por su tamaño) son diferenciados por el nivel de tecnología utilizada, la tecnificada y la artesanal (Soto-Muciño, Chiatchoua, & Castañeda-González, 2015), lo que influye en su producción. Por otro lado, se ha reportado relación de grandes productores con la actividad apícola como principal actividad económica, mientras que los pequeños productores diversifican sus actividades económicas, siendo la apicultura considerada una actividad secundaria (Contreras-Escareño et al., 2013). Además, el 95 % de los productores pequeños fueron ubicados como de bajos recursos, y en su mayoría fueron indígenas (Martínez-Puc, Cetzal-Ix, González-Valdivia, Casanova-Lugo, F., & Saikat-Kumar, 2018). Así, cuando la actividad apícola es secundaria, se dedican en promedio 2.25 días a la semana para actividades de campo (Martínez-Puc et al., 2018). En otros países se ha visto algo similar, sugiriendo que a mayor número de colmenas, mayor es la cercanía de la apicultura como una actividad principal para el productor (Vural & Karaman, 2009). En este estudio, no hubo diferencias en el número de colmenas por productor en cada uno de los municipios. Otros factores que pueden afectar el número de colmenas del productor, son las condiciones climáticas; por ejemplo, huracanes, y exceso de humedad y sequías, afectando los recursos naturales y estabilidad de las épocas de floración. No obstante, en este

trabajo no se registró dicha información.

El número de apiarios por productor fue diferente ( $p < 0.01$ ) por tipo de productor y por municipio ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 4). El promedio de apiarios por productor en el presente estudio fue 2.4, superior al reportado por Martínez-Puc et al. (2018) estudio realizado en los municipios de Hopelchén, Campeche y Champotón, Campeche (2.27 apiarios por productor). Sin embargo, en Jalisco y Veracruz se ha reportado que los productores tienen un mayor número de apiarios (9.8 y 4.1, respectivamente), por lo que se considera que contar con un mayor o menor número de apiarios puede deberse a la escasez o disponibilidad de áreas para desarrollar la apicultura (Magaña, Tavera, Salazar, & Sanginés, 2016).

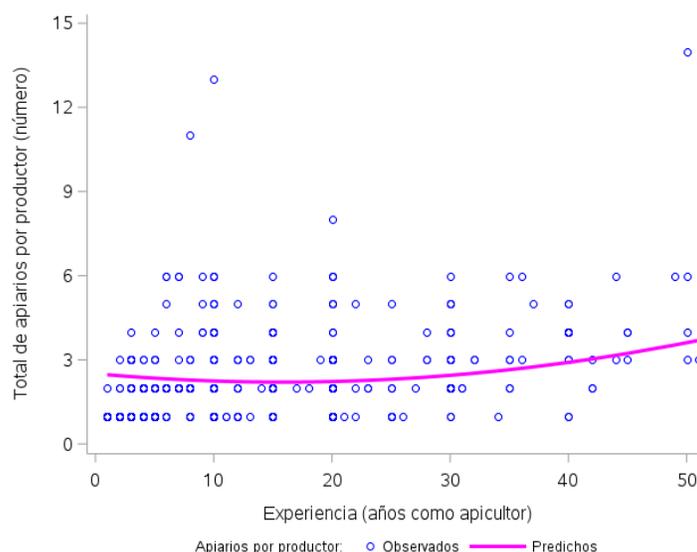


Figura 2. Total de apiarios con respecto a los años de experiencia de los apicultores.

Los apicultores del municipio Carmen cuentan con más apiarios que los demás y manejan menos colmenas por apiario; sin embargo, la productividad de las colmenas en dicho municipio no fue diferente a Champotón y Escárcega; además, estos dos últimos municipios superan en productividad de las colmenas al municipio de Candelaria (Cuadro 4). Posiblemente las condiciones ambientales y florísticas de los municipios Escárcega y Champotón favorecen la productividad de las colmenas. Lo anterior debido a que se ha visto que la flora melífera del lugar y las condiciones climáticas repercuten en la calidad y producción de miel (Hristov et al., 2020; Puścion-Jakubik et al., 2020). Además, se ha reportado que los productores

con más de 100 colmenas incorporan tecnología de vanguardia y generan una propia, su apicultura es diversificada y buscan espacios con la mejor floración para colocar sus colmenas (Contreras-Escareño et al., 2013).

Cuadro 4. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$  E.E.) de los efectos fijos y coeficientes de regresión ( $\pm$  E.E.) de las covariables significativas del modelo de mejor ajuste para variables de producción contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México.

Efecto	Nivel	Variable <sup>1</sup>				
		Colmenas totales por productor (Número)	Apiarios por productor (Número)	Colmenas por apiario (Número)	Cosechas de miel por año (Número)	Producción de miel por colmena (kg año <sup>-1</sup> )
Año	2012	56.1 $\pm$ 4.8	2.2 $\pm$ 0.14	25.6 $\pm$ 1.28	4.4 $\pm$ 0.14 <sup>a</sup>	28.17 $\pm$ 1.38 <sup>b</sup>
	2013	58.1 $\pm$ 3.4	2.3 $\pm$ 0.09	25.5 $\pm$ 0.99	3.7 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	18.00 $\pm$ 1.03 <sup>c</sup>
	2014	66.6 $\pm$ 3.4	2.4 $\pm$ 0.10	27.3 $\pm$ 1.00	4.4 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	33.56 $\pm$ 1.05 <sup>a</sup>
Municipio	Candelaria	59.7 $\pm$ 5.8	1.9 $\pm$ 0.20 <sup>b</sup>	29.9 $\pm$ 1.81 <sup>a</sup>	3.8 $\pm$ 0.22	22.1 $\pm$ 1.85 <sup>b</sup>
	Carmen	56.4 $\pm$ 6.5	2.9 $\pm$ 0.23 <sup>a</sup>	20.5 $\pm$ 2.25 <sup>b</sup>	4.0 $\pm$ 0.29	26.0 $\pm$ 2.23 <sup>ab</sup>
	Champotón	60.8 $\pm$ 3.4	2.3 $\pm$ 0.12 <sup>ab</sup>	26.0 $\pm$ 1.11 <sup>ab</sup>	4.5 $\pm$ 0.14	29.3 $\pm$ 1.13 <sup>a</sup>
	Escárcega	64.1 $\pm$ 5.8	2.1 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	28.3 $\pm$ 1.27 <sup>a</sup>	4.4 $\pm$ 0.17	28.8 $\pm$ 1.27 <sup>a</sup>
Tipo de productor	Pequeño	22.7 $\pm$ 3.8 <sup>c</sup>	1.17 $\pm$ 0.14 <sup>c</sup>	20.5 $\pm$ 1.14 <sup>c</sup>	3.95 $\pm$ 0.13 <sup>b</sup>	27.1 $\pm$ 1.21
	Mediano	44.7 $\pm$ 3.3 <sup>b</sup>	1.97 $\pm$ 0.12 <sup>b</sup>	27.0 $\pm$ 1.04 <sup>b</sup>	4.27 $\pm$ 0.12 <sup>a</sup>	26.3 $\pm$ 1.09
	Grande	113.5 $\pm$ 3.3 <sup>a</sup>	3.82 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	31.0 $\pm$ 1.08 <sup>a</sup>	4.30 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	26.3 $\pm$ 1.14
Escolaridad (lineal)		----	----	0.3332 $\pm$ 0.14	----	----
Experiencia (lineal)		0.4442 $\pm$ 0.18	-0.038 $\pm$ 0.018	0.26 $\pm$ 0.13	1.8E <sup>-2</sup> $\pm$ 4.5E <sup>-3</sup>	0.427 $\pm$ 0.16
Experiencia (cuadrática)		----	1.2E <sup>-3</sup> $\pm$ 3.9E <sup>-4</sup>	-6.1E <sup>-3</sup> $\pm$ 2.9E <sup>-3</sup>	----	0.011 $\pm$ 0.003

<sup>1</sup>Dentro de columna y efecto, medias con diferente literal, son diferentes ( $p < 0.05$ ; Tukey).

El número de colmenas por apiario fue diferente por tipo de productor ( $p < 0.01$ ) y municipio ( $p < 0.05$ ) (Cuadro 3), y estuvo relacionado con la escolaridad (Figura 3) y con los años de experiencia del apicultor. Se ha propuesto que cuando se cuenta con mayor número de colmenas hay mayor compromiso del apicultor en la adopción de tecnologías, un factor benéfico para el apiario (Contreras-Escareño et al., 2013). Contreras-Escareño et al. (2013) reportaron que en Jalisco, el 40 % de los apicultores contaban con escolaridad nivel primaria, factor que podría limitar el manejo de información en cuanto a costos y beneficios de la unidad de producción, además de afectar la toma de decisiones que ayuden a mejorar la producción, así como la trazabilidad del producto. Sin embargo, Magaña et al. (2016) reportaron

que no existe una correlación (- 0.044) entre el nivel educativo y la productividad de las colmenas, indicando una mayor influencia de factores ambientales y el nivel tecnológico de la actividad.

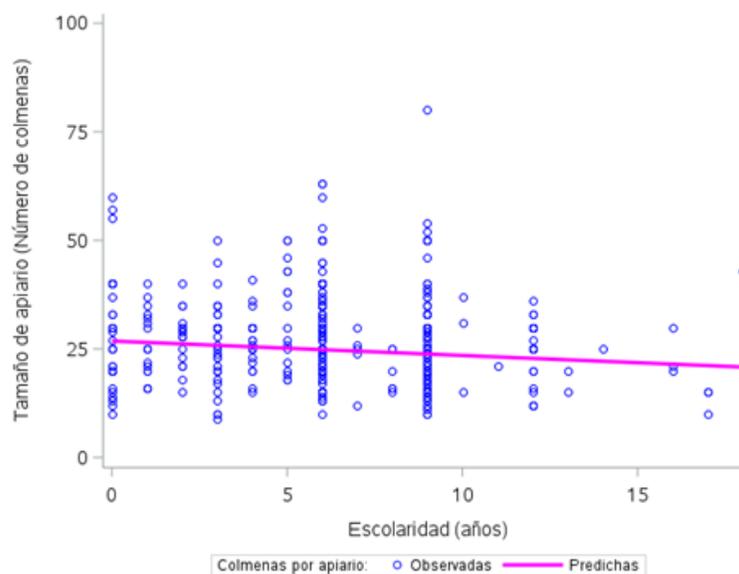


Figura 3. Número de colmenas por apiario con relación a la escolaridad de los apicultores.

El número de cosechas de miel por año fue diferente por tipo de productor ( $p < 0.05$ ) por año de estudio ( $p < 0.01$ ) y por la experiencia del apicultor ( $p < 0.05$ ) en la actividad (Cuadro 3). Los productores medianos y grandes tuvieron mayor número de cosechas de miel por año (4.27 y 4.30, respectivamente), y el menor número de cosechas de miel se registró en el año 2013 (Cuadro 4). Vélez, Espinosa, Amaro, & Arechavaleta (2016), reportaron que medianos y grandes apicultores realizan la movilización de las colmenas, lo que les permite un mayor número de cosechas de miel, y por lo tanto una mayor productividad. Sin embargo, en el presente estudio no se encontraron diferencias significativas en la producción de miel por colmena considerando un mayor número de cosechas por tipo de productor. A medida que aumentan los años experiencia del productor en la actividad apícola también se incrementa el número de cosechas de miel por año (Figura 4). El número de cosechas de miel por año encontrado en el presente estudio fue superior al promedio reportado por Martínez-Puc et al. (2018), el cual fue de 3.6 para Hopelchén, Campeche y Champotón.

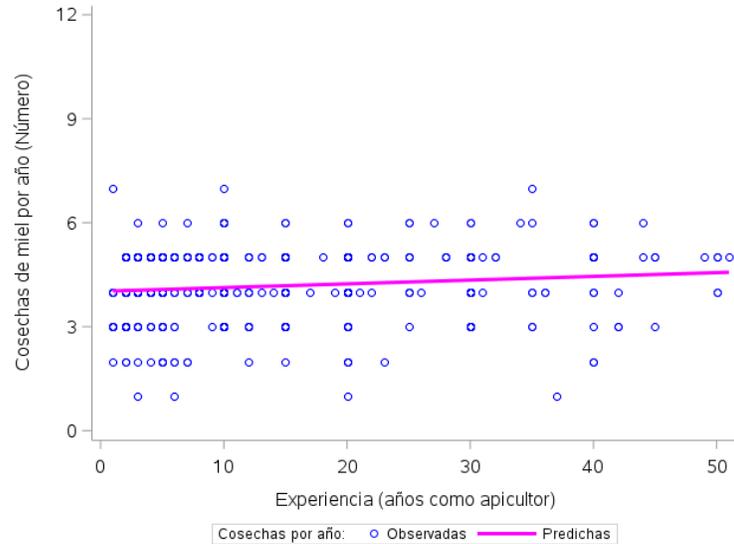


Figura 4. Número de cosechas de miel por año con respecto a los años de experiencia de los apicultores.

Los años en que se realizaron mayor número de cosechas de miel por año fueron 2012 y 2014, y la productividad de las colmenas fue superior en el año 2014, superando los 30 kg colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Cuadro 4). El promedio nacional fue de 27.88 kg por colmena (62,078.9 t en 2,226,049 colmenas), mientras que para Campeche fue de 25.07 kg por colmena (7,805.7 t en 311,309 colmenas) (SIAP, 2021), infiriendo que la producción promedio de miel por colmena en los cuatro municipios (Candelaria, Carmen, Champotón y Escárcega) es similar al promedio del Estado. Además, se debe destacar que Champotón tiende a tener una mayor producción de miel (>29 kg), lo que confirma la importancia de este municipio en la actividad apícola.

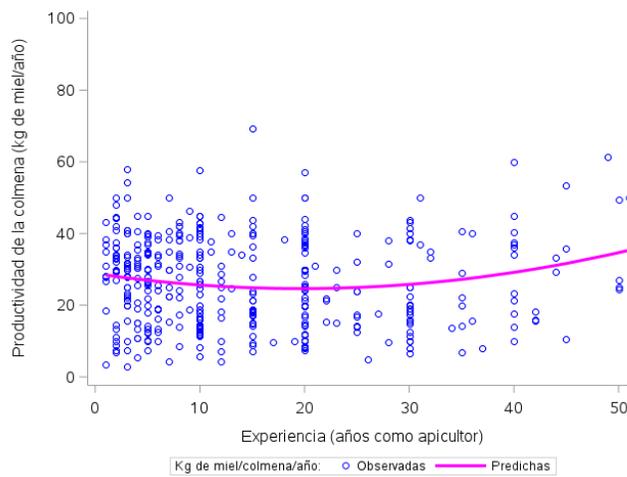


Figura 5. Productividad de la colmena con respecto a los años de experiencia de los apicultores.

La experiencia del apicultor influye de manera positiva en la productividad de las colmenas, entre más años de experiencia tenga el apicultor en la actividad, mayor es la productividad (Figura 5), contrario a lo mencionado por Contreras-Escareño et al. (2013), donde indican que la experiencia del apicultor no necesariamente es un indicador del grado de especialización del productor, sino que podría ser una limitante en la adopción de tecnologías. En este sentido, el SIAP (2021) reportó que Champotón fue el municipio con mayor producción de miel (31.6 %), seguido de Hopelchén (24.7 %), mientras que Candelaria (1.1 %), Carmen (1.2 %) y Escárcega (4.1 %), reportaron menor producción de toneladas totales de miel. Así, la apicultura es un sector emergente con gran potencial de mercado que está superando la parte productiva, técnica, tecnológica, regulatoria y comercial (Soto-Muciño et al., 2015).

El año de producción fue significativo debido a que en 2013 se registró la menor producción por colmena (18 kg) y en 2014 la mayor (33.5 kg), lo anterior posiblemente debido a las variaciones climáticas entre años. De 2008 a 2011 se registró baja producción atribuida al cambio climático, el cual ha causado temporales erráticos y heladas tempranas, lo cual afecta la flora apícola, además de problemas como el ácaro Varroa, cría de cal y noseemiasis (Contreras-Escareño et al., 2013; Martínez-Puc et al., 2018). En el Golfo de México se registraron afectaciones por la Depresión Tropical 8, tres tormentas tropicales y el huracán Ingrid categoría 1, desde junio a septiembre de 2013 (SMN, 2023). Estos fenómenos naturales afectan la disponibilidad de plantas con flores (Cetzal-Ix, Noguera-Savelli, & Martínez-Puc, 2019), la humedad favorece la fermentación de la miel y declina la floración, lo que hace que las abejas abandonen su nido en busca de néctar y polen (Coh-Martínez et al., 2019) con el fin de obtener alimento suficiente para su sobrevivencia (Hristov et al., 2020). Contreras-Escareño et al. (2013), reportaron los mejores rendimientos de miel (>20 kg) sólo para los pequeños apicultores (<50 colmenas), con un promedio total de 16.73 kg por colmena en el estado de Jalisco. Sin embargo, los resultados encontrados no muestran diferencias en la productividad por colmena por tipo de productor. Contreras-Escareño et al. (2013), mencionan que la producción de miel por colmena es un indicador de la adopción de nuevas tecnologías en el apiario.

En los cuadros 5 y 6 se muestran las variables económicas generadas en la encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México (Candelaria, Carmen, Champotón y Escárcega). El precio de venta de la miel fue similar por tipo de productor ( $p>0.05$ ), con diferencia en el año de registro ( $p>0.01$ ) y con efecto significativo de la escolaridad del apicultor sobre dicha variable ( $p<0.05$ ) (Cuadro 5). En la Figura 6 se muestra que entre mayor escolaridad tenga el apicultor, mayor es el precio de la miel; esto se puede deber a que el apicultor con mayor estudio adopta innovaciones que conllevan a la producción de miel de mejor calidad.

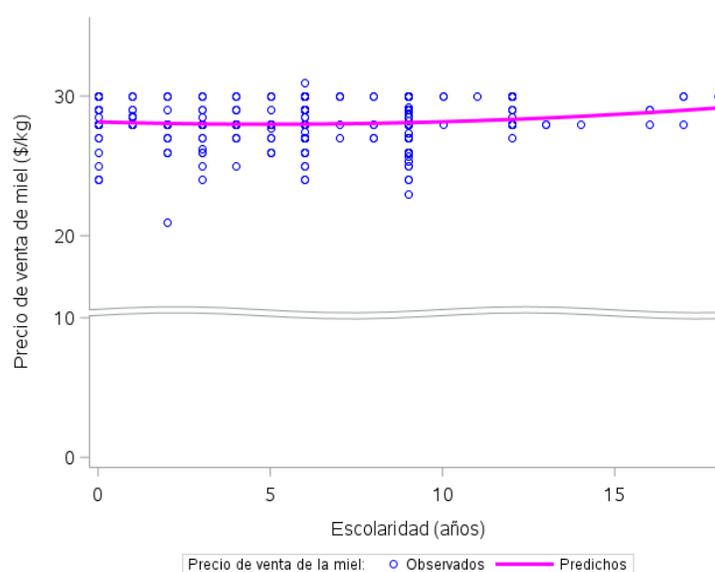


Figura 6. Relación de escolaridad del apicultor con el precio de venta de miel.

El mejor precio de la miel en la zona de estudio fue en el año 2014 (\$28.17 kg<sup>-1</sup>), lo que superó los \$22.5 kg<sup>-1</sup> reportado por Magaña et al. (2016) durante el periodo 1990 – 2012. El precio reportado en el presente trabajo fue similar a lo publicado por el SIAP para 2012, 2013 y 2014 (\$27.47, \$28.12 y \$31.86, respectivamente). Asimismo, el SIAP reportó en 2021 un precio de \$43.68 kg<sup>-1</sup> de miel; estos cambios a través de los años podrían deberse a cambios en la inflación en México. Así, se destaca la importancia de la producción de miel para el país, con un valor de 67.9 millones de dólares (SADER, 2023).

Cuadro 5. Nivel de significancia (probabilidad) de los efectos fijos y covariables del modelo de mejor ajuste para variables económicas contenidas en una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México.

Efecto	Variable					
	Precio de venta de la miel (\$ kg <sup>-1</sup> )	Costo de producción de la miel (\$ kg <sup>-1</sup> )	Ingreso total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Costo total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Utilidad por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Utilidad por apicultor (\$ año <sup>-1</sup> )
Año	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
Municipio	0.1436	0.2624	0.0076	0.0026	0.4960	0.1952
Tipo de productor	0.3648	<0.0001	0.9734	<0.0001	0.0010	<0.0001
Escolaridad (lineal)	0.1720	----	----	----	----	----
Escolaridad (cuadrática)	0.0497	----	----	----	----	----
Experiencia (lineal)	----	---	0.0010	----	0.0083	0.0247
Experiencia (cuadrática)	----	----	0.0003	----	0.0040	0.0019

Las variables y covariables con  $p < 0.05$  se consideraron diferentes.

El ingreso total por colmena no fue diferente por tipo de productor; el promedio de ingreso anual por colmena fue \$770.7, registrando el ingreso más bajo de \$496.0 para el año 2013, posiblemente debido a la baja producción (18 kg colmena<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>) y condiciones climáticas desfavorables (SMN, 2023). Estos resultados difieren con lo reportado por Magaña et al. (2016), donde mencionan que la rentabilidad se incrementa cuando aumenta el número de colmenas (tamaño del productor) y que en productores con más de 500 colmenas comienza a disminuir debido a ineficiencias operativas o administrativas de grandes productores. Sin embargo, en el presente estudio el ingreso total por colmena y la utilidad del apicultor aumentaron de acuerdo con la experiencia del productor (Figura 7), sugiriendo la influencia de factores asociados con los productores.

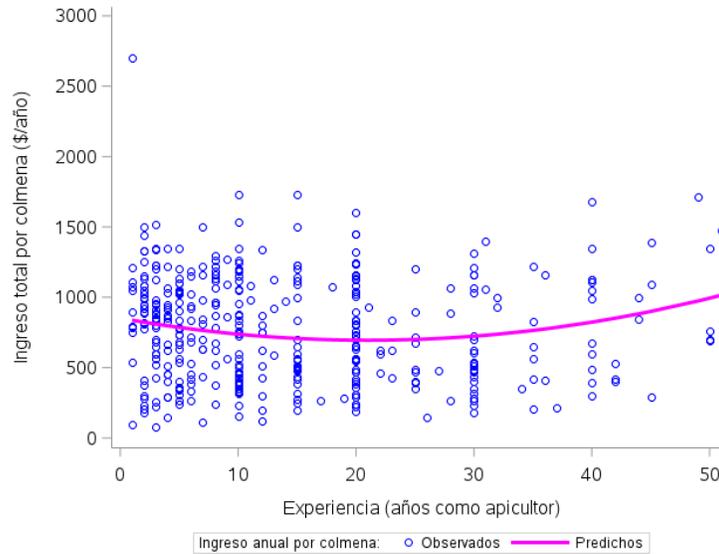


Figura 7. Relación de la experiencia del apicultor con el ingreso total por colmena.

El costo total por colmena fue diferente por tipo de productor ( $p > 0.01$ ), siendo mayor para el productor pequeño y menor para el grande, con una diferencia de 178.6 pesos por año (Cuadro 6). Esto es opuesto a lo reportado por Magaña et al. (2016), quienes mencionan que el bajo nivel de inversión en activos fijos (infraestructura y equipos) favorece a los pequeños productores, debido a que se puede presentar una mayor productividad. Sin embargo, se tienen que considerar factores como el pago de flete de apiarios pequeños a centros de extracción de miel o al mercado, alimentación, tratamientos contra varroa, equipo y herramientas, cera estampada, reposición de reinas, cosechas y mantenimiento del apiario (Vélez et al., 2016; Fernández, Durán, Franseschi, & Fernández, 2020), los cuales afectan el ingreso de los productores. Por otra parte, la utilidad por colmena y por apicultor al año fueron menores para el productor pequeño (\$255 y \$3,180) comparado con el productor mediano y grande, con influencia de la experiencia del productor (Figuras 8 y 9), posiblemente debido al nivel de producción de miel y al mayor costo por colmena al año.

Cuadro 6. Medias de cuadrados mínimos ( $\pm$ EE) de los efectos principales y las covariables significativas ajustadas en el modelo generadas a partir de una encuesta aplicada a apicultores de cuatro municipios de Campeche, México.

Efecto	Nivel	Variable <sup>1</sup>					
		Precio de venta de la miel (\$ kg <sup>-1</sup> )	Costo de producción de la miel (\$ kg <sup>-1</sup> )	Ingreso total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Costo total por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Utilidad por colmena (\$ año <sup>-1</sup> )	Utilidad por apicultor (\$ año <sup>-1</sup> )
Año	2012	27.9 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	20.6 $\pm$ 1.72 <sup>b</sup>	826.0 $\pm$ 41.3 <sup>b</sup>	510.5 $\pm$ 25.0 <sup>a</sup>	318.2 $\pm$ 44.7 <sup>b</sup>	16,075.0 $\pm$ 5,053 <sup>b</sup>
	2013	27.6 $\pm$ 0.15 <sup>b</sup>	26.0 $\pm$ 1.40 <sup>a</sup>	496.0 $\pm$ 31.0 <sup>c</sup>	396.1 $\pm$ 21.4 <sup>b</sup>	98.1 $\pm$ 35.7 <sup>c</sup>	4,207.0 $\pm$ 3,475 <sup>c</sup>
	2014	28.7 $\pm$ 0.11 <sup>a</sup>	11.4 $\pm$ 1.41 <sup>c</sup>	959.0 $\pm$ 31.5 <sup>a</sup>	353.9 $\pm$ 21.4 <sup>c</sup>	596.1 $\pm$ 36.0 <sup>a</sup>	43,231.0 $\pm$ 3,538 <sup>a</sup>
Municipio	Candelaria	27.9 $\pm$ 0.28	16.5 $\pm$ 2.58	625.2 $\pm$ 55.7 <sup>b</sup>	305.4 $\pm$ 39.7 <sup>b</sup>	330.0 $\pm$ 65.5	15,899.0 $\pm$ 5,967
	Carmen	27.9 $\pm$ 0.36	19.7 $\pm$ 3.35	735.4 $\pm$ 67.3 <sup>ab</sup>	436.7 $\pm$ 53.8 <sup>ab</sup>	298.7 $\pm$ 83.5	19,463.0 $\pm$ 6,566
	Champotón	28.5 $\pm$ 0.17	18.7 $\pm$ 1.59	847.3 $\pm$ 33.9 <sup>a</sup>	434.1 $\pm$ 24.5 <sup>a</sup>	401.5 $\pm$ 40.3	28,908.0 $\pm$ 3,476
	Escárcega	28.0 $\pm$ 0.20	22.4 $\pm$ 1.87	832.5 $\pm$ 38.0 <sup>a</sup>	504.5 $\pm$ 29.8 <sup>a</sup>	319.8 $\pm$ 46.9	20,414.0 $\pm$ 3,815
Tipo de productor	Pequeño	28.09 $\pm$ 0.17	23.0 $\pm$ 1.22 <sup>a</sup>	764.3 $\pm$ 36.5	513.1 $\pm$ 22.4 <sup>a</sup>	254.8 $\pm$ 40.2 <sup>b</sup>	3,179.5 $\pm$ 4,361 <sup>c</sup>
	Mediano	27.95 $\pm$ 0.16	18.7 $\pm$ 1.46 <sup>b</sup>	761.5 $\pm$ 32.8	413.0 $\pm$ 22.0 <sup>b</sup>	340.5 $\pm$ 37.1 <sup>ab</sup>	15,961.0 $\pm$ 3,758 <sup>b</sup>
	Grande	28.17 $\pm$ 0.16	16.1 $\pm$ 1.06 <sup>b</sup>	754.5 $\pm$ 34.3	334.5 $\pm$ 22.2 <sup>c</sup>	417.1 $\pm$ 38.4 <sup>a</sup>	44,373.0 $\pm$ 3,970 <sup>a</sup>
Escolaridad (lineal)		-6.7E <sup>-2</sup> $\pm$ 4.9E <sup>-2</sup>	----	----	----	----	----
Escolaridad (cuadrática)		6.8E <sup>-3</sup> $\pm$ 3.4E <sup>-3</sup>	----	----	----	----	----
Experiencia (lineal)		----	----	-14.95 $\pm$ 4.51	----	-11.93 $\pm$ 4.496	-1,347.870 $\pm$ 586.0
Experiencia (cuadrática)		----	----	0.356 $\pm$ 0.098	----	0.2827 $\pm$ 0.097	40.908 $\pm$ 12.9

<sup>1</sup>Dentro de columna y efecto, medias con diferente literal, son diferentes ( $p < 0.05$ ; Tukey).

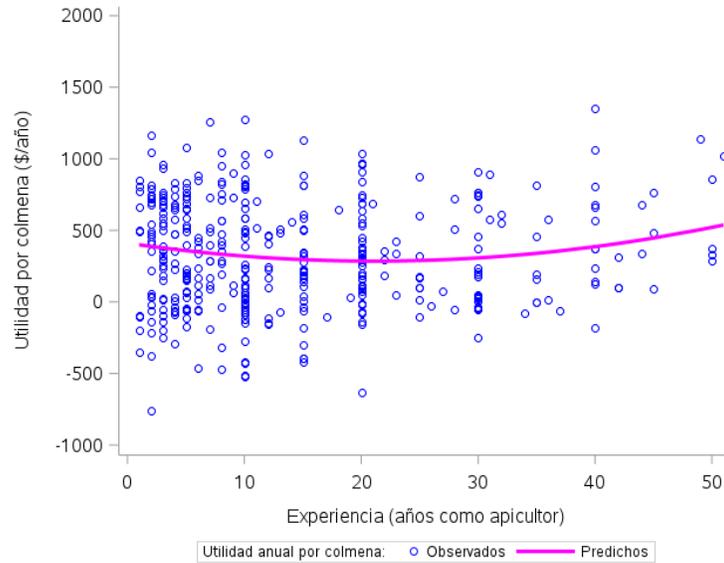


Figura 8. Relación de la experiencia del apicultor con la utilidad por colmena.

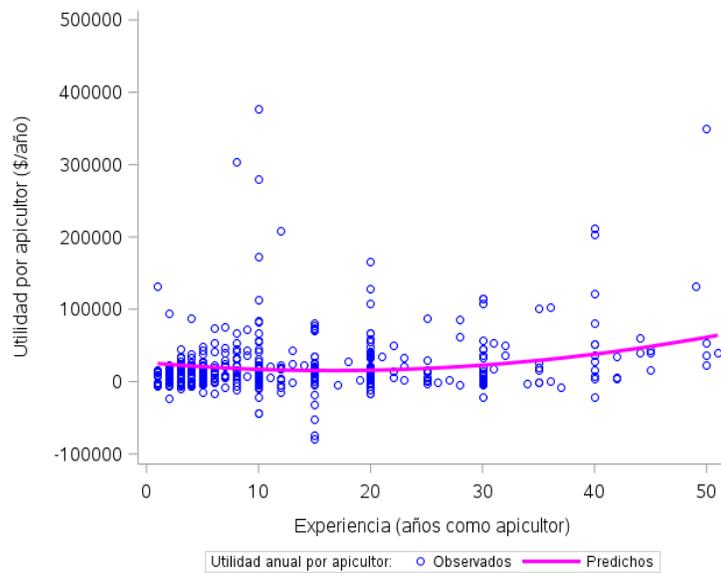


Figura 9. Relación de la experiencia del apicultor con la utilidad por apicultor.

En Campeche, se ha reportado que la ganancia para los apicultores por kilogramo de miel comercializada fue de \$8.70, con una recuperación por peso invertido de \$0.45 (Fernández et al., 2020), superior al reportado por Magaña et al. (2016), de 0.37 en la relación beneficio costo. Magaña et al. (2016), mencionan que la variable de mayor influencia sobre la utilidad obtenida por los apicultores es el precio de venta de la miel, indicando la importancia de mejorar las relaciones actuales de venta o negociación de la miel. Este estudio brinda la oportunidad e interés de

desarrollar estrategias enfocadas a mejorar la producción y disminución de costos, que ayuden a los apicultores a hacer de la apicultura una actividad más rentable, sobre todo en los pequeños productores.

### **3.4 Conclusiones**

La apicultura en el estado de Campeche se practica en pequeña escala y esto afecta la rentabilidad de las unidades de producción. Entre menor número de colmenas por unidad de producción, menor es la rentabilidad. Aunque la productividad de las colmenas no fue diferente por tipo de productor, el costo de producción por colmena fue superior para los productores pequeños. Es necesario incrementar el tamaño de las unidades de producción e implementar estrategias que permitan mejorar la productividad y la rentabilidad de la apicultura.

### **3.5 Literatura citada**

- Castillo, M. T. (2021). Calidad de miel de abeja y perfil socioeconómico de la apicultura en Campeche y Quintana Roo, México. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma Chapingo, México. 66 p
- Cetzal-Ix, W., Noguera-Savelli, E., & Martínez-Puc, J. F. (2019). Flora melífera de la península de Yucatán, México: Estrategia para incrementar la producción de miel en los periodos de escasez de alimento de *Apis mellifera* L. *Desde El Herbario CICY*, 11(5), 172-179.
- Coh-Martínez, M. E., Cetzal-Ix, W., Martínez-Puc, J. F., Basu, S. K., Noguera-Savelli, E., & Cuevas, M. J. (2019). Perceptions of the local beekeepers on the diversity and flowering phenology of the melliferous flora in the community of Xmabén, Hopelchén, Campeche, Mexico. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 15(1), 1-16, doi.org/10.1186/s13002-019-0296-1.
- Contreras-Escareño, F., Pérez Armendáriz, B., Echazarreta, C. M., Cavazos Arroyo, J., Macías-Macías, J. O., & Tapia-González, 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.
- Fernández, L. A. P., Durán, H. P. R., Franseschi, F. A., & Fernández, J. M. P. (2020). Eficiencia económica y organización de la cadena productiva de miel en Campeche, México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 17(1), 71-90.
- Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. (2020). Factors associated with honey bee colony losses: A mini-review. *Veterinary Sciences*, 7(4), 166, doi.org/10.3390/vetsci7040166.

- Magaña, M. M. A., Tavera, C. M. E., Salazar, B. L. L., & Sanginés, G. J. R. (2016). Productividad de la apicultura en México y su impacto sobre la rentabilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5), 1103-1115.
- Martínez-Puc, J. F., Cetzal-Ix, W., González-Valdivia, N. A., Casanova-Lugo, F., & Saikat-Kumar, 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.
- Puścion-Jakubik, A., Borawska, M. H., & Socha, K. (2020). Modern methods for assessing the quality of bee honey and botanical origin identification. *Foods*, 9(8), 1028, doi.org/10.3390/foods9081028.
- SADER. (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural). (2023). Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/crecen-produccion-y-exportaciones-de-miel-en-mexico-al-cierre-de-2021-agricultura-293944?idiom=es>. [Consultado el 5 de abril, 2023].
- SAS (Software de Analítica & Soluciones). SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 2021
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2021). Anuario Estadístico de la Producción Ganadera. México. 2010-2021. [https://nube.siap.gob.mx/cierre\\_pecuario/](https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/). [Consultado el 22 de enero, 2023].
- SMN (Sistema Meteorológico Nacional). (2023). Ciclones Tropicales, Información Histórica, México, 2012-2014. <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/informacion-historica>. [Consultado el 02 de abril, 2023].
- Soto-Muciño, L. E., Chiatchoua, C., & Castañeda-González, Y. (2015). National and international panorama of honey production in Mexico. *ECORFAN Journal-Republic of Cameroon*, 1(1), 15-33.
- Vélez, I. A., Espinosa, G. J. A., Amaro, G. R., & Arechavaleta, V. M. E. (2016). Tipología y caracterización de apicultores del estado de Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(4), 507-524.
- Vural, H., & Karaman, S. (2009). Socio-economic analysis of beekeeping and the effects of beehive types on honey production. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 223-227.