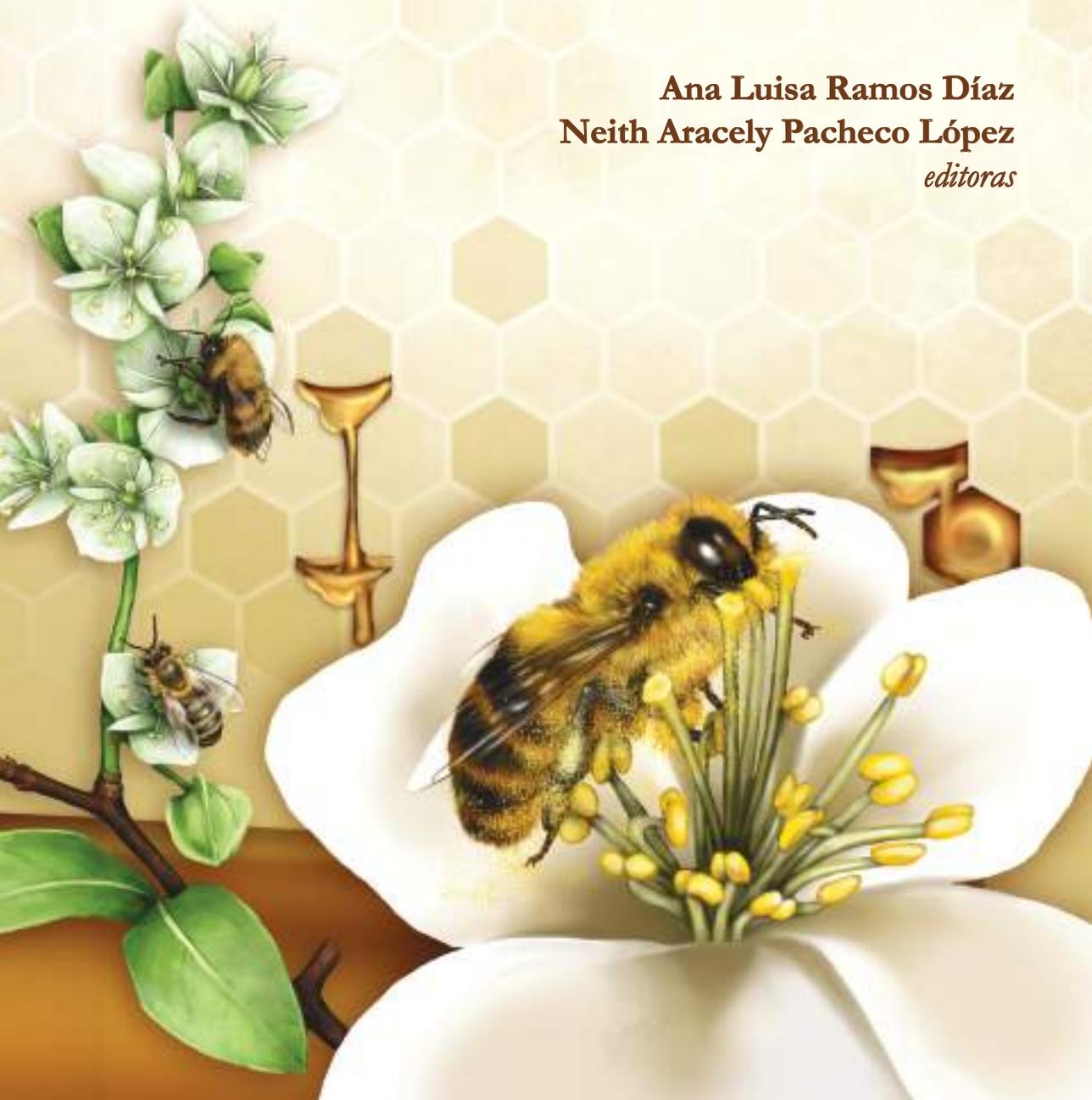


Producción y comercialización de miel y sus derivados en México:

Desafíos y oportunidades para la exportación

Ana Luisa Ramos Díaz
Neith Aracely Pacheco López
editoras









**Producción y comercialización de miel y sus derivados en México:
Desafíos y oportunidades para la exportación**

CIATEJ

Dr. Inocencio Higuera Ciapara
Director General

Patricia Ocampo Thomason
Directora de la Unidad Sureste

Investigadores Unidad Sureste

Titular C

Teresa del Rosario Ayora Talavera

Titular B

María de los Ángeles Sánchez Contreras

Titular A

Ana Luisa Ramos Díaz
Neith Aracely Pacheco López

Asociados C

Alberto Uc Vázquez
Julia del Socorro Cano Sosa

Catedrática Conacyt

Miriam Fabiola Fabela Morón

Tecnólogos de la Unidad Sureste

Titular A

Tania González Flores

Técnicos por honorarios

Jesús Alfonso Patrón Vázquez
Jorge Manuel Cocom Vázquez

Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación

Ana Luisa Ramos Díaz
Neith Aracely Pacheco López

Editoras



Mérida-México
2016

*Producción y comercialización de miel y sus derivados en México:
Desafíos y oportunidades para la exportación*

Editoras

Ana Luisa Ramos Díaz

Neith Aracely Pacheco López

D.R. © Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C.
Unidad Sureste, 2016
Parque Científico y Tecnológico de Yucatán, Km 5.5
Carretera Sierra Papacal-Chuburná Puerto, Yucatán

Prohibida la reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio,
sin permiso por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-607-97421-2-6

Coordinación de obra

Ana Luisa Ramos Díaz

Diseño editorial

Paola Marfil Lara

Cuidado de edición y revisión ortotipográfica

Alejandrina Garza de León

Diseño de cubierta

Cristina Rodríguez Sosa



Editado en Mérida-México
Made in Merida-Mexico



Agradecimientos

Al Centro de investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ) y al Dr. Inocencio Higuera Ciapara, por el apoyo recibido para la redacción del presente y los recursos provistos para su publicación.

Los autores del CIATEJ agradecen al Dr. Inocencio Higuera Ciapara por motivarnos al trabajo en equipo, su apoyo nos inspira a convertir los retos en oportunidades para crecer.

Al Conacyt, “Plataforma para la trazabilidad de procesos de producción y distribución de la miel” aceptado en la convocatoria Estímulos a la Innovación 2016, con el número 231679. De igual forma, a la empresa Centro para la Innovación y la Movilidad, S.A. de C.V., por el apoyo para el desarrollo del presente libro.

Al grupo Apícola Texán de Palomeque S. de P.R. de R.L., productores y comercializadores de la marca Muuk Kaab, por brindarnos su apoyo, comentarios y colaboración para el enriquecimiento de este libro.



Índice

Prólogo	
Dr. Inocencio Higuera Ciapara, Director General del CIATEJ	11
Presentación	
Dra. Neith Aracely Pacheco López	13
Introducción	
Dra. Ana Luisa Ramos Díaz	15
Capítulo I	
Producción de miel en México: situación histórica y actual	
Ocampo-Thomason Patricia, Vázquez-Elorza Ariel, Cocom-Vázquez Jorge M	21
Capítulo II	
Etapas de la producción de miel	
Ramos-Díaz Ana, Cano-Sosa Julia, Uc-Vázquez Alberto, García-Muñoz Yazmín, Koyoc-Canché Antonio	42
Capítulo III	
Principales problemas sanitarios y errores comunes en la producción de la miel de abeja (<i>Apis mellífera</i>)	
Uc-Vázquez Alberto y Ramos-Díaz Ana	54
Capítulo IV	
Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel	
Pacheco-López Neith, Ayora-Talavera Teresa del R, García-Cruz Norberto, González-Flores Tania, Patrón-Vázquez Jesús, Sánchez-Contreras Ángeles, Ramos-Díaz Ana	68

Capítulo V	
Inocuidad de la miel	
Sánchez-Contreras Ángeles, Martínez-Benavidez Evelin, Fabela-Morón Miriam F, Pacheco-López Neith, González-Flores Tania	98
Capítulo VI	
Trazabilidad de la miel mexicana, un acercamiento hacia su correcta implementación, ventajas y oportunidades	
Cano-Sosa Julia del S, Ramos-Díaz Ana, Moguel-Ordóñez Yolanda B, Villanueva-Gutiérrez Rogel y Pacheco-López Neith	122
Capítulo VII	
Consumo de miel en fresco y sus diferentes aplicaciones	
González-Flores Tania, Fabela-Morón Miriam F, Pacheco-López Neith, Sánchez-Contreras Ángeles	144
Capítulo VIII	
Usos y beneficios de los subproductos de la miel	
Ayora-Talavera Teresa del R, Hernández-Leyra Jaqueline, Flores-Pérez Aura, González-Flores Tania, Fabela-Moron Miriam, Patrón-Vásquez Jesús, Pacheco-López Neith	166
Lista de autores	190
Glosario de abreviaturas, siglas y acrónimos	192



Prólogo

En 2016 CIATEJ cumple 40 años de haberse fundado, 40 años de proveer con esfuerzo conocimiento útil al sector agroalimentario, ambiental y farmacéutico del país; de mantenerse en la vanguardia tecnológica y científica y de formar recursos humanos de alta especialidad que contribuyan al desarrollo y bienestar del pueblo mexicano. El CIATEJ ha ampliado su cobertura geográfica desde su fundación en la ciudad de Guadalajara. Hoy en día también tiene Subsedes en Zapopan, Jalisco; Apodaca, Nuevo León, y Mérida, Yucatán. Además, participa en varios consorcios interregionales como son el de la Alianza Estratégica para el Desarrollo Sustentable de la Región Pacífico Sur (ADESUR); el de Centro de Investigación en Agrobiotecnología de Hidalgo y muy próximamente en el Centro de Innovación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Agroalimentario de Aguascalientes. Los investigadores de CIATEJ trabajamos en íntima relación con el sector productivo para brindar soluciones innovadoras a problemáticas nacionales e internacionales.

Durante los 40 años de vida del CIATEJ se han desarrollado diversos proyectos enfocados a la cadena productiva de la miel en temas

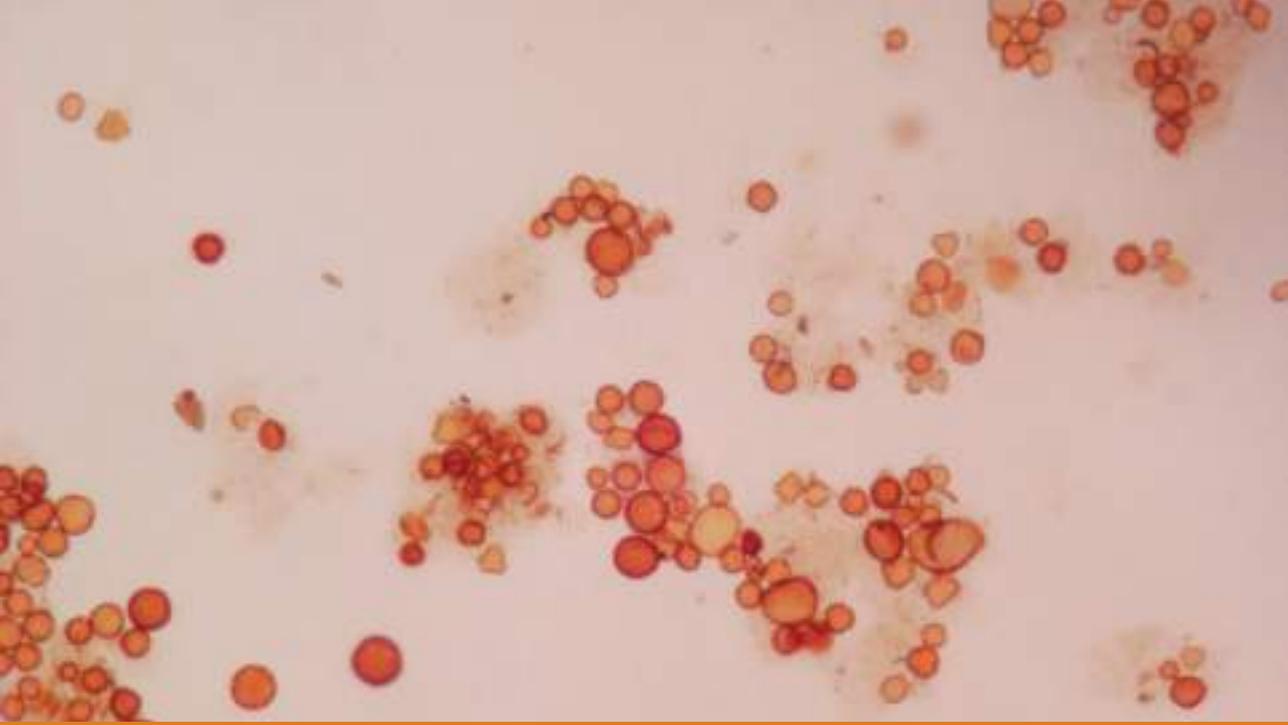
de calidad, inocuidad, trazabilidad, que han aportado conocimiento a este sector tan importante desde el punto de vista social y económico. Esta línea de trabajo ha sido de gran impacto, ya que México es uno de los principales países exportadores de miel, y que las exigencias de los mercados nacional e internacional se han incrementado de manera tal que hoy por hoy muchas de las barreras arancelarias se basan en requerimientos relacionados con temas de inocuidad y evaluación de riesgos.

Además del importante impacto económico, en los últimos años ha cobrado fuerza el problema del cambio climático global y la sobreexplotación de los recursos naturales. Muchos informes técnicos de agencias internacionales reportan la disminución de las poblaciones de abejas en Europa y Norte América, lo que en la actualidad se considera un grave problema ecológico que afectará la diversidad de especies vegetales y animales.

En este contexto, el trabajo y experiencia de algunos investigadores del CIATEJ se ve plasmado en el presente libro *Producción y comercialización de miel y sus derivados en México: Desafíos y oportunidades para la exportación*, ya que consideramos de vital importancia el concientizar a la población de los beneficios de la explotación sustentable de la apicultura. En este libro se describen los principales aspectos de la producción, comercialización y problemas que enfrenta esta importante actividad, su importancia económica y sus oportunidades de desarrollo, aportando así a la difusión del conocimiento aplicado y con el fin de dar a conocer la creciente relevancia de la apicultura en el contexto económico nacional.

Felicito a todos los autores que han contribuido con su experiencia y conocimiento a hacer de este libro una obra que será, sin duda, una importante referencia para todos los interesados en este tema. En particular agradezco a la Dra. Ana Luisa Ramos Díaz por haber coordinado a todo el grupo de trabajo en esta importante iniciativa.

Dr. Inocencio Higuera Ciapara
Director General del CIATEJ



Presentación

La Unidad Sureste del CIATEJ lleva 14 años en la realización de actividades científico-tecnológicas y de innovación en la región sureste del país, contribuyendo al desarrollo tecnológico del sector agrícola, forestal, pecuario y pesquero, a través del apoyo en servicios tecnológicos a los productores primarios, y en la búsqueda de nichos de oportunidad para la generación de nuevos productos acordes con las tendencias y necesidades del mercado actual del sector secundario, en las áreas de tecnología y conservación de alimentos, bioprocesos y biotecnología vegetal.

A lo largo de estos 14 años, la Unidad ha contribuido en el sector apícola proporcionando apoyo hacia el mejoramiento de la calidad de la miel mediante asesorías técnicas a productores, en temas como reducción de compuestos que afectan la calidad e inocuidad de dicho producto, obteniendo la patente número 266829, y en la elaboración de subproductos de valor agregado.

En conjunto con productores del estado de Yucatán se logró la elaboración de una bebida alcohólica a base de miel con el análisis

de las características organolépticas. Así mismo, se ha trabajado en la caracterización de metabolitos secundarios de especies florales melíferas que pudieran representar un riesgo potencial para la salud y como consecuencia de la inocuidad de la miel.

En 2012 se publicó el libro *CLATEJ: una década de investigación e innovación en el sureste de México*, que en su Capítulo 4 “La miel: inocuidad, calidad y aplicaciones” presenta los aportes de la Unidad al respecto de trabajos realizados sobre este producto. Posteriormente, en 2015 se imprimió el *Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la Península de Yucatán*, contribuyendo a incentivar el análisis polínico de la miel producida en esta región.

La miel es un producto emblemático de la región que junto con sus derivados presenta un gran potencial para la generación de nuevos productos alimenticios, farmacéuticos y cosmeceúticos, que en conjunto con la aplicación de las tecnologías innovadoras emergentes y la visión del CIATEJ nos permitirán apoyar a la apicultura regional y nacional para posicionarse en mercados internacionales que demandan productos con altos estándares de calidad.

Dra. Neith Aracely Pacheco López



Introducción

México es un país con una gran riqueza en diversidad, la cual puede ser explotada en forma sustentable con actividades compatibles que favorezcan el enriquecimiento del ecosistema, como es la apicultura. Como se menciona en el Capítulo I, la apicultura no es sólo una actividad arraigada en la cultura e historia mexicana, es una actividad económicamente productiva, generadora de divisas y con un alto potencial de crecimiento, especialmente para los estados del sur-sureste de México donde se encuentran concentrados la mayoría de los productores y son generados los mayores volúmenes de miel.

Si reflexionamos sobre la definición de miel, dada por el *Codex alimentario*⁽¹⁾

es una sustancia dulce natural producida por abejas *Apis mellifera* a partir del néctar de las plantas o de secreciones de partes vivas de éstas o de excreciones de insectos succionadores de plantas que quedan sobre partes vivas de las mismas y que las abejas recogen,

transforman y combinan con sustancias específicas propias, y depositan, deshidratan, almacenan y dejan en el panal para que madure y añeje,

se entiende claramente la importancia del cuidado y manejo de las abejas en esta actividad. Si bien, la naturaleza de las abejas las induce instintivamente a la producción de miel, un deficiente manejo de la colmena ocasionará que la cantidad producida no será suficiente para que esta actividad sea rentable; en algunos casos la población de abejas dejará la colmena por falta de alimento y agua, o se perderá por ataque de plagas devastadoras.

En el Capítulo II se describe el proceso de producción y se hacen recomendaciones basadas en las normatividades nacionales e internacionales, así como lo estipulado en manuales de buenas prácticas agrícolas y manuales de producción y envasado de la miel.

Aunado a lo anterior, el buen manejo del apiario incluye la verificación constante, en especial para reducir plagas y enfermedades como la varroasis y nosemosis que sin el tratamiento adecuado pueden destruir la colmena. Las recomendaciones propuestas en el Capítulo III permitirán un manejo saludable de la colmena y la reducción del uso de plaguicidas y antibióticos, que usados de forma indiscriminada son objeto de efectos tóxicos para los consumidores. Es importante nunca perder de vista que la miel es un producto que se consume en fresco, por lo que durante todo el proceso se debe cuidar su calidad para el consumo humano.

En el Capítulo IV se presentan las normatividades respecto de la calidad de la miel, que deben cumplirse para su distribución nacional o internacional. La calidad representa un grupo de características, definidas para un producto determinado que lo hacen aceptable para los consumidores. La aceptación de la miel no sólo está basada en los cumplimientos de las normatividades de calidad,^(1,2) también está ligada a las cualidades que la hacen atractiva para el consumidor y marcan la pauta para la continuidad de su compra. Estas cualidades se refieren a los atributos sensoriales, como el color, sabor, aroma y textura, que como se explica en el mismo capítulo, la preferencia entre un tipo de miel y otro responde a las expectativas del consumidor.

Debido a las características organolépticas de la miel mexicana, ésta ha tenido cierta preferencia en el mercado europeo, sin embargo,

los productores deben sortear dificultades para exportar la miel, cuando no se tiene conocimiento de las regulaciones internacionales, es especial en materia de la inocuidad. La inocuidad representa el aseguramiento que un alimento es inocuo y que no causará daños en el consumidor, residuos de pesticidas, metales pesados y otros compuestos presentes en las mieles son las principales razones por las que la miel puede ser rechazada. En el Capítulo V se presenta una revisión sobre los principales problemas y soluciones con respecto de la inocuidad de la miel, las cuales deberán atenderse ya sea para el consumo internacional o nacional.

Por otra parte, la exportación de la miel presenta un reto importante: la trazabilidad, la historia de un producto desde sus componentes más básicos, hasta que llega al consumidor final. Este seguimiento permite detectar el origen geográfico de la miel, pero para los comercializadores y exportadores les permite detectar los puntos del proceso donde se originaron problemas de inocuidad o de pérdida de la calidad. El sistema de trazabilidad en México se encuentra en pleno desarrollo y busca integrar a los apicultores, asociaciones y comercializadores de miel; como una aportación a este fin en el Capítulo VI, se plantea el tema de la trazabilidad, así como las normatividades y sistemas de registro vigentes en México para la miel, lo cual facilitará su exportación.

Cuando hablamos de miel, lo asociamos fuertemente a las ganancias producidas por la exportación, esto es debido principalmente a que el consumo per cápita de miel es bajo en México, en comparación con otros países, sin embargo, hay que considerar que a pesar que la miel producida en regiones apartadas de zonas urbanas pudieran cumplir con las reglamentaciones internacionales de calidad, pero por razones económicas los apicultores no pueden cumplir con otro tipo de regulaciones que les permitan exportar la miel, como son las de envasado. Considerando la importancia del aprovechamiento integral de esta actividad pecuaria, en el Capítulo VII presentamos las perspectivas de consumo de la miel, ya sea en fresco o en derivados, y productos generados a partir de ella.

Por último, consideramos por demás importante mencionar productos secundarios y alternativos de la apicultura, si bien la miel es el principal producto de esta actividad, no hay que dejar fuera subproductos como el propóleo, el polen, la cera y la jalea real, que son reconocidos por sus beneficios a la salud humana, es por

ello que en el Capítulo VIII planteamos y describimos estos productos como una actividad rentable y exitosa. Otras actividades derivadas de la apicultura con alta perspectiva económica es la cría de abejas melipona y la apiterapia, cuyo fin es medicinal, a cuyos productos se les han conferido efectos rejuvenecedores y curativos.

Al final de este libro esperamos aportar al conocimiento, a la integración y estandarización de procesos en favor de aquellos, que en las abejas ven un medio sustentable de alcanzar ganancias económicas. Pero especialmente, esperamos contribuir a la concientización de la trascendencia de la apicultura para la economía en México y la importancia de su explotación sustentable.

Dra. Ana Luisa Ramos Díaz





Capítulo I

Producción de miel en México: situación histórica y actual

Ocampo-Thomason Patricia,^a Vázquez-Elorza Ariel,^b
Cocom-Vázquez Jorge M^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Unidad Sureste

^bCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Laboratorio PROTEAA

Información: pocampo@ciatej.mx

Palabras clave:
producción miel, región sureste México,
TCA (Tasa de Crecimiento Anual), competitividad

Resumen

La actividad apícola en México tiene gran relevancia en el subsector pecuario, especialmente en el medio rural, como resultado de la cantidad de empleos que genera, así como por los ingresos monetarios que provee, además de su aporte en divisas con una contribución promedio de 12.4% de 1995 a 2009,⁽¹⁾ siendo la tercera fuente de divisas de dicho subsector.⁽²⁾ En México, la importancia milenaria de esta actividad se debe a su gran relevancia social y económica en el sector primario debido a que representa una fuente de empleos e ingresos para una gran diversidad de productores del país, en particular para pequeños productores que tienen la actividad como complementaria en sus unidades de producción. Como un esfuerzo por definir la situación histórica y actual de la producción de miel en México, se realizó un análisis en el ámbito nacional con énfasis en la región sureste, dado que esta región es la que concentra la mayor cantidad de productores y el mayor volumen de producción en el país.

Introducción

La miel constituye uno de los alimentos más primitivos que el hombre ha aprovechado para nutrirse,⁽²⁾ además de ser utilizado desde tiempos ancestrales como un producto benéfico para la salud debido a sus reconocidas propiedades curativas. En México, la apicultura es de gran relevancia social y económica sobre todo en el sector primario, ya que desde sus inicios ha sido fuente de empleos e ingresos para un gran número de productores del país. La importancia de un análisis estadístico de los valores de producción de la miel en México, y en particular en la región sureste, así como

de los valores monetarios generados en las últimas décadas, nos permiten tener un mayor entendimiento del presente y futuro de la miel como generador de divisas, la demanda actual y las tendencias del mercado. Por lo anterior y con la finalidad de definir la situación histórica y actual de la producción de miel en México, el valor monetario, la Tasa de Crecimiento Anual (TCA) y su competitividad, se realizó un análisis en el ámbito nacional y la región sureste, que comprende para fines de este estudio los estados de Chiapas, Tabasco, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo.

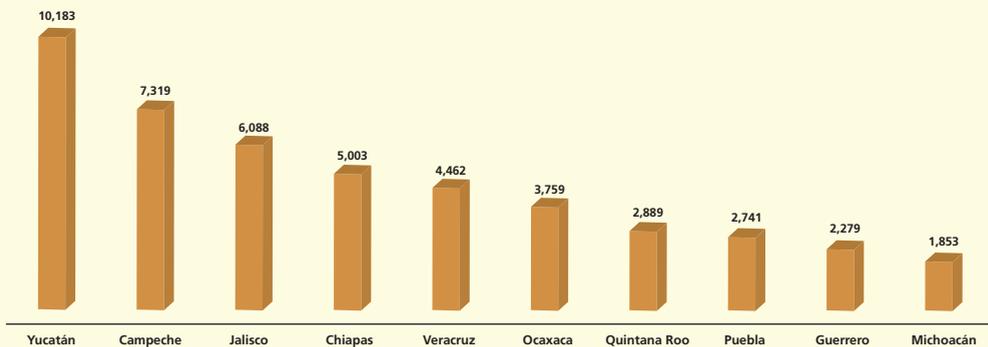
Tendencias de la producción de miel en México

Producción nacional y aporte de la región sureste

Debido a la diversidad de ecosistemas, México produce una amplia variedad de productos agropecuarios y la miel no es la excepción. En particular, la región sureste tiene un enorme potencial como productor de alimentos. Por lo que respecta a la miel, la actividad apícola en México tiene gran relevancia en el subsector pecuario, especialmente en el medio rural, como resultado de la cantidad de empleos que genera, así como por los ingresos monetarios que provee, además de su aporte en divisas con una contribución promedio de 12.4% de 1995 a 2009,⁽¹⁾ siendo la tercera fuente de divisas de dicho subsector;⁽²⁾ para 2014 el país presentó un superávit en el comercio exterior de la miel, que le significó un ingreso en divisas por una cantidad superior a 147 millones de dólares.⁽⁴⁾ La producción nacional en 2015 fue de 61,884 toneladas,⁽³⁾ provenientes aproximadamente de 2 millones de colmenas y poco más de 78 millones de colonias de abejas. Los meses de mayor

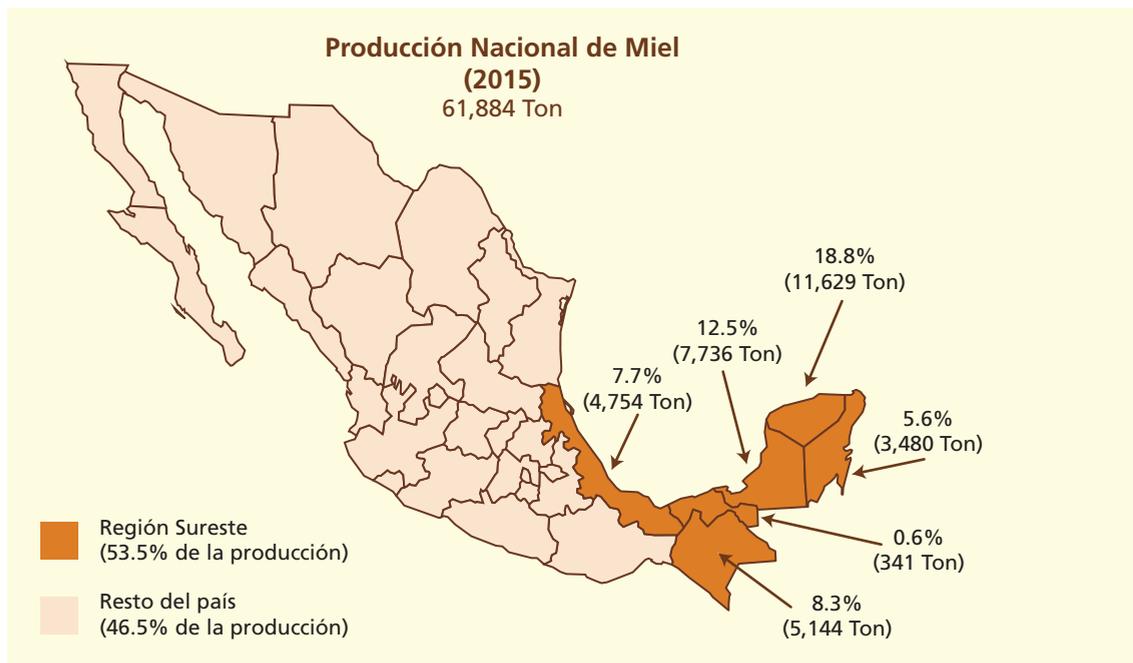
producción son abril, mayo, noviembre y diciembre.⁽⁴⁾ En 2015, el 53.5% de la producción se concentró en el sureste (Veracruz, Chiapas, Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo), el estado de Yucatán ocupó el primer lugar en producción (18.8% del total nacional para ese mismo año), lugar que ha mantenido históricamente⁽³⁾ (Figuras 1 y 2). En 2013 el país ocupaba el 8º lugar en producción a nivel mundial.⁽⁴⁾ De acuerdo con la Organización Nacional de Apicultores e información del SIAP,⁽⁴⁾ de las seis regiones apícolas del país, la región sureste es la más importante en producción de miel, concentrando la mayor parte de los apicultores y con una derrama económica considerable para comunidades rurales. La participación de la producción de miel en la producción pecuaria nacional es de 0.3%; para el caso de los estados del sureste en la Tabla 1 se presentan las contribuciones de la producción de miel en el valor monetario de la producción agropecuaria estatal.

FIGURA 1
PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE MIEL EN MÉXICO—TONELADAS
(PROMEDIO 2011-2015)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 2
CONTRIBUCIÓN DE LA REGIÓN SURESTE EN LA PRODUCCIÓN NACIONAL DE MIEL
(AÑO 2015)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

TABLA 1
APORTACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL VALOR DE LA PRODUCCIÓN PECUARIA ESTATAL
(2011-2015)

Estado	Posición a nivel nacional (2011-2015)	Valor de la producción pecuaria (Miles de pesos)	Valor de la producción de miel (Miles de pesos)	Contribución de la producción de miel (%)
Chiapas	4º lugar	12601619.20	177958.60	1.41%
Tabasco	25º lugar	4620695.80	11026.60	0.24%
Veracruz	5º lugar	29082314.20	177906.40	0.61%
Campeche	2º lugar	2217221.00	220746.60	9.96%
Yucatán	1º lugar	11577699.00	310581.60	2.68%
Quintana Roo	7º lugar	755054.40	87593.20	11.60%

Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

Evolución de la producción de miel en México y en la región sureste

Comportamiento histórico de la producción de miel en México

La Figura 3 muestra la tendencia del volumen de producción de miel en el país. Durante la primera mitad del periodo analizado, el volumen de producción nacional pasó de 65,245 toneladas en 1980 a 53,681 toneladas en 1997, con un coeficiente de variación de 15.6% y una media anual de 59,440 toneladas; en la segunda

mitad del periodo, pasó de 55,297 toneladas en 1998 a 61,884 toneladas en 2015, con un coeficiente de variación de 4.4% y una media anual de 57,265 toneladas. En cuanto al valor de la producción en el país (Figura 4), pasó de 879.6 millones de pesos en 1998 a 2,400.1 millones de pesos en 2015, con una media anual de 1,497.4 millones de pesos y un coeficiente de variación de 32.4%.

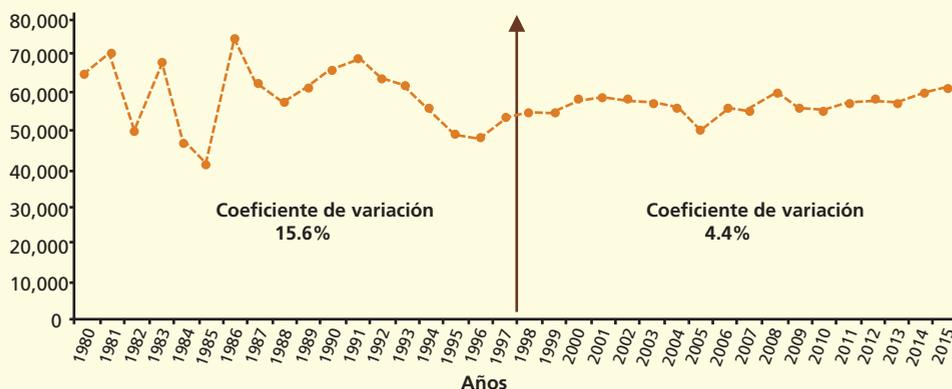
Comportamiento histórico de la producción de miel en la región sureste

Durante el periodo de análisis (1980-2015), el volumen de producción de miel en la región sureste ha presentado un comportamiento variable con tendencia a decrecer (Figura 5). Durante la primera mitad del periodo analizado, el volumen de producción regional pasó de 36,939 toneladas en 1980 a 24,492 toneladas en 1997, con un coeficiente de variación de 19.6% y una media anual de 29,400 toneladas; en la segunda

mitad del periodo, pasó de 25,024 toneladas en 1998 a 33,084 toneladas en 2015, con un coeficiente de variación de 10.2% y una media anual de 27,864 toneladas. El valor de la producción en el ámbito regional (Figura 6) pasó de 358.5 millones de pesos en 1998 a 1,188 millones de pesos en 2015, con una media anual de 660.3 millones de pesos y un coeficiente de variación de 36%.

FIGURA 3

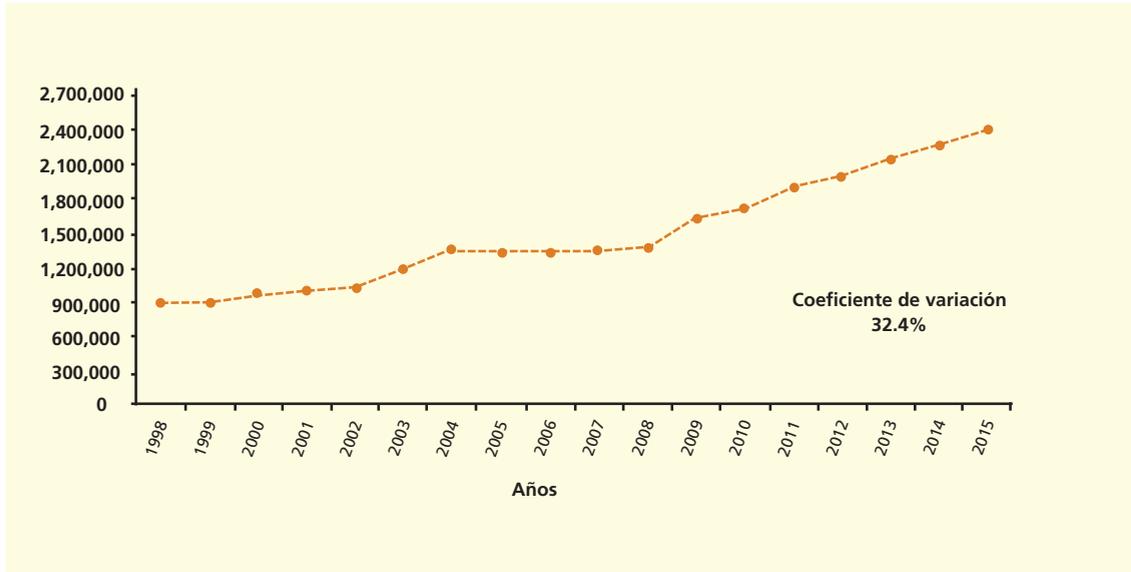
EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL PAÍS (TONELADAS)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 4

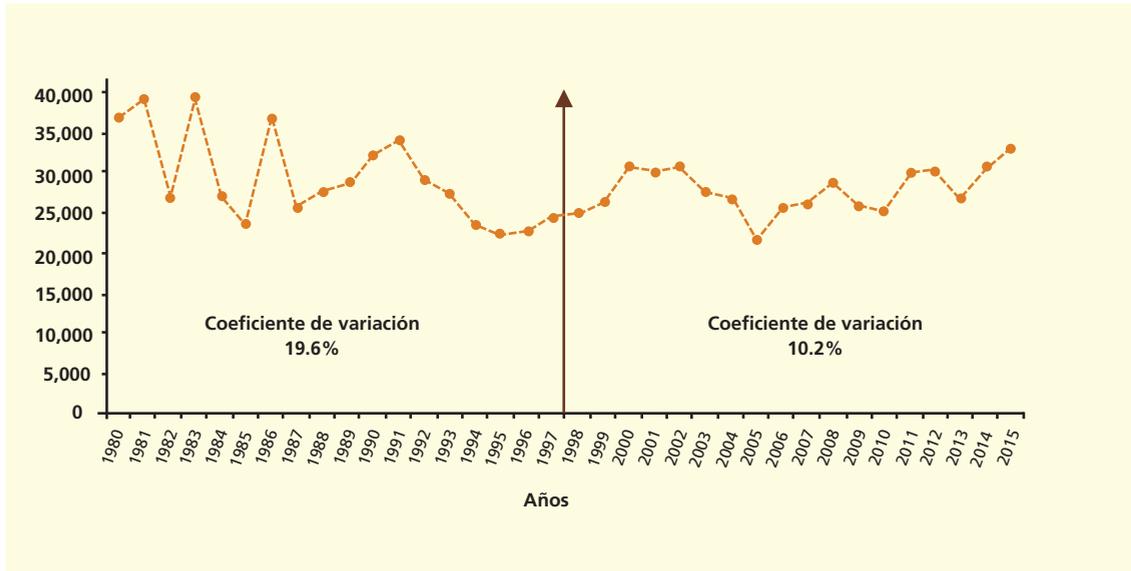
EVOLUCIÓN DEL VALOR MONETARIO DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL PAÍS (MILES DE PESOS)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 5

EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL SURESTE DE MÉXICO (CHIAPAS, TABASCO, VERACRUZ, CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO) (TONELADAS)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 6

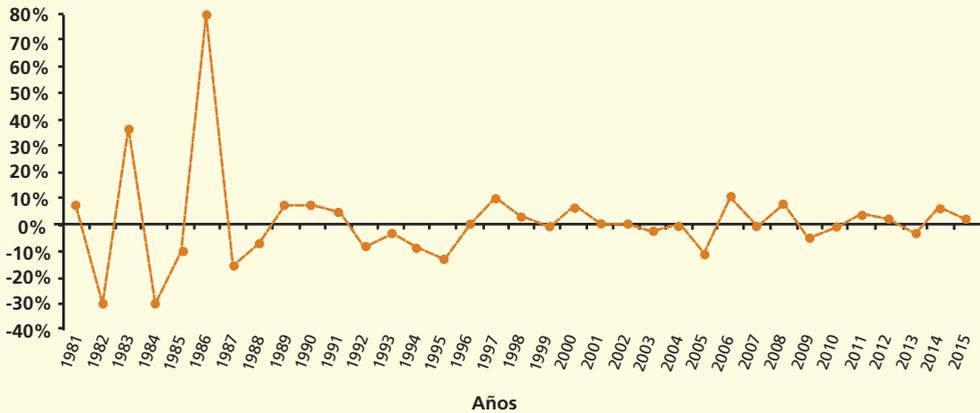
EVOLUCIÓN DEL VALOR MONETARIO DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL SURESTE DE MÉXICO
(CHIAPAS, TABASCO, VERACRUZ, CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO)
(MILES DE PESOS)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 7

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL PAÍS (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

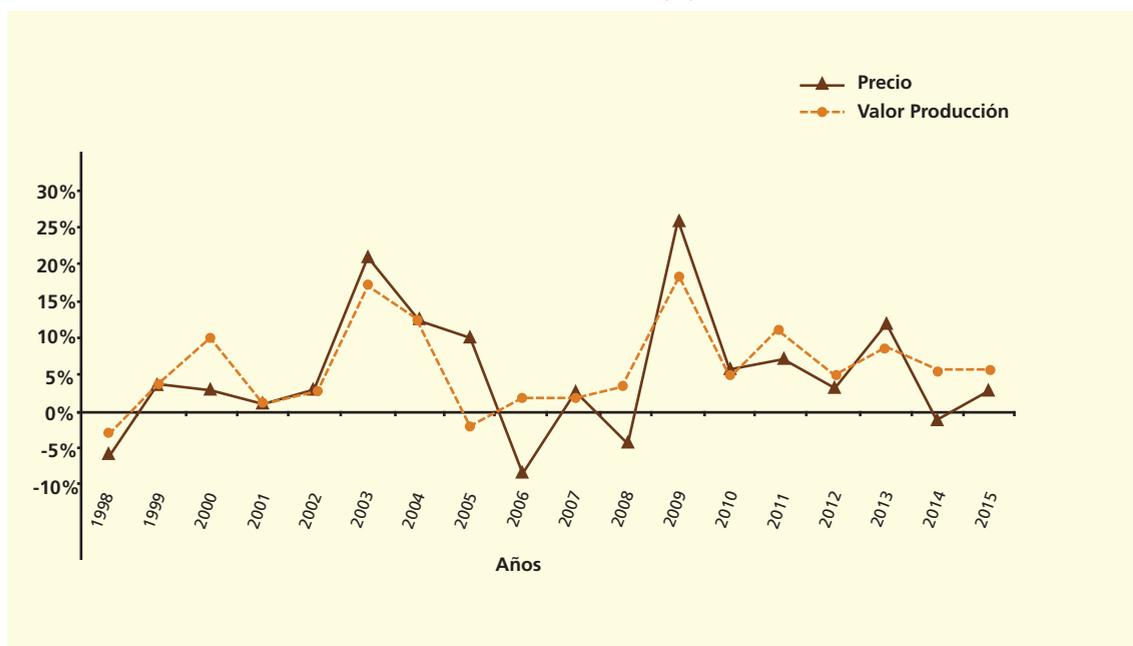
Tasas de crecimiento anual de la producción de miel en México

El análisis de las TCA de la producción de miel en el país arrojó los siguientes resultados: durante el periodo 1980-2015 el comportamiento del volumen de la producción de miel en el ámbito nacional mostró las TCA relativamente variables en los primeros siete años del periodo; posterior a éstos, las TCA presentaron cierto grado de estabilidad (Figura 7). Respecto de las TCA

del precio por kilogramo y valor de la producción también presentaron una tendencia relativamente variable (Figura 8). Las TCA del volumen de producción nacional variaron de -30.9% a 78.8%, para el caso del precio por kilogramo las TCA tuvieron una variación de -8.3% a 25.4% y, por último, las TCA del valor de la producción variaron de -3.2% a 17.8%.

FIGURA 8

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DEL PRECIO POR KILOGRAMO DE MIEL Y DEL VALOR MONETARIO DE LA PRODUCCIÓN EN EL PAÍS (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

Tasas de crecimiento anual de la producción de miel en la región sureste

Considerando el periodo 1981-2015, el volumen de producción de miel en la región sureste presentó tasas de crecimiento anual (TCA) relativamente variables, con mayor

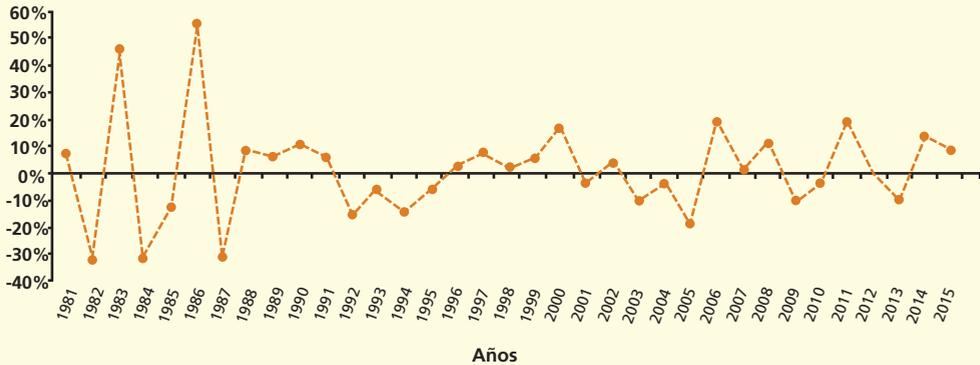
magnitud de variación durante los primeros siete años de la serie analizada (Figura 9). En cuanto a las TCA del precio por kilogramo y valor de la producción en la región,

éstas fueron más variables aunque sus rangos de variación fueron menores al del volumen de la producción (Figura 10). Las TCA presentaron los siguientes rangos:

-31.1% a 54.9% para el volumen de producción, de -17% a 34.5% para el precio por kilogramo y de -9% a 30.5% para el valor de la producción.

FIGURA 9

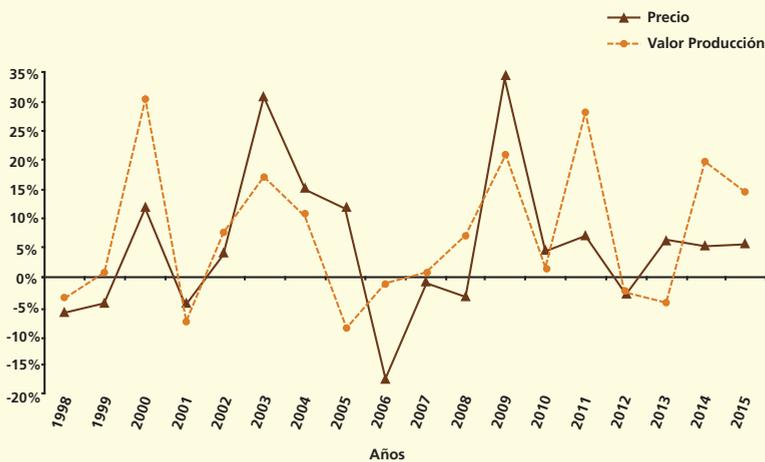
TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL SURESTE DE MÉXICO (CHIAPAS, TABASCO, VERACRUZ, CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO) (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 10

TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL DEL PRECIO POR KILOGRAMO DE MIEL Y DEL VALOR MONETARIO DE LA PRODUCCIÓN EN LA REGIÓN SURESTE DE MÉXICO (CHIAPAS, TABASCO, VERACRUZ, CAMPECHE, YUCATÁN Y QUINTANA ROO) (%)



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

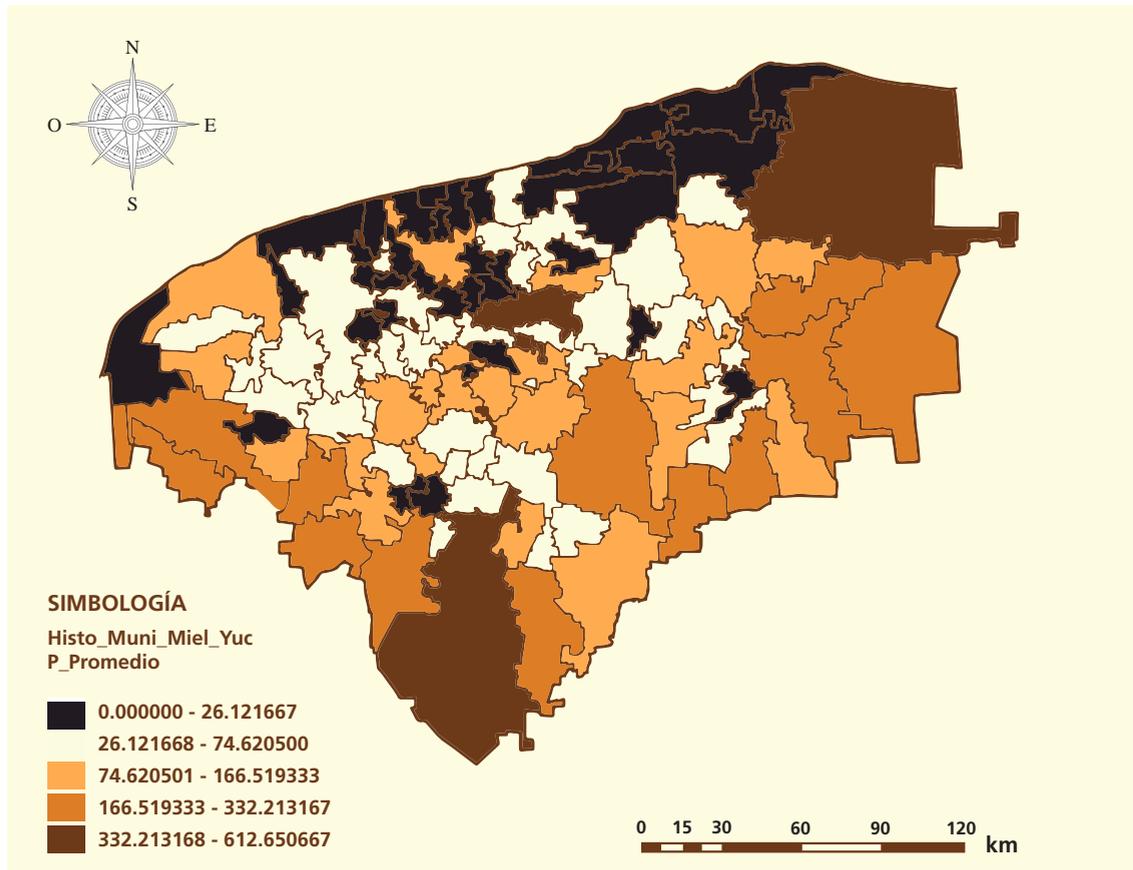
Tendencias de la producción de miel en Yucatán

Distribución de la producción de miel en Yucatán

Conforme los registros del SIAP, durante el periodo 2002-2015 el promedio anual de la producción de miel en el estado de Yucatán fue de 10,074.7 toneladas. Así mismo, en 2015 esta entidad federativa alcanzó una producción de 11,629 toneladas, las cuales representaron 18.8% de la producción nacional. La Figura 11 muestra cómo la producción se

ha concentrado en los últimos años, principalmente en la parte sur y este del estado. Así mismo, de acuerdo con el promedio de la producción en los últimos 10 años (2006-2015), los diez municipios con mayor producción de miel en el estado son Tizimín, Tekax, Ixamal, Oxkutzcab, Yaxcabá, Muna, Chemax, Valladolid, Chikindzonot y Halacho.⁽³⁾

FIGURA 11
DISTRIBUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE YUCATÁN
(PROMEDIO 2006-2011 - TONELADAS)



Fuente: INSAM, 2012. CICY⁵.

Comportamiento histórico de la producción de miel en Yucatán

Del año 1980 a 2015 el volumen de producción de miel en el estado de Yucatán ha tenido un comportamiento muy fluctuante, principalmente durante la primera mitad del periodo, con una tendencia decreciente (Figura 12). Durante la primera mitad del periodo analizado, el volumen de producción pasó de 10,719 toneladas en 1980 a 10,302 toneladas en 1997, con un coeficiente de variación de 22.6% y una media anual de 10,786.5 toneladas; en la segunda mitad del periodo pasó de 9,615 toneladas en 1998 a 11,629 toneladas en 2015, con coeficiente de variación de 13.2% y media anual de 9,363 toneladas. En contraste con el comporta-

miento del volumen de producción para el caso del valor de la producción, aunque de igual forma ha presentado fluctuaciones, en general ha registrado un comportamiento creciente debido al incremento del precio por kilogramo durante el periodo, lo cual deja ver la importancia que tiene mantener o incrementar los volúmenes de producción de miel en el estado, siendo que tiene grandes oportunidades en el mercado. El valor de la producción (Figura 13) pasó de 146.77 millones de pesos en 1998 a 414 millones de pesos en 2015, con una media anual de 209.3 millones de pesos y coeficiente de variación de 37.3%.

Tasas de crecimiento anual de la producción de miel en Yucatán

Considerando el periodo 1981-2015, el volumen de producción de miel en el estado de Yucatán presentó tasas de crecimiento anual (TCA) relativamente variables, con mayor magnitud de variación durante los primeros años de la serie analizada (Figura 14). En cuanto al precio por kilogramo y valor de

la producción, de igual forma presentaron fluctuaciones en las TCA (Figura 15). Los rangos de las TCA para ambos casos fueron los siguientes: volumen de producción fluctuó de -38.9% a 137.4%, el precio por kilogramo varió de -28.9% a 47.1%, y el valor de la producción de -18.4% a 48.4%.

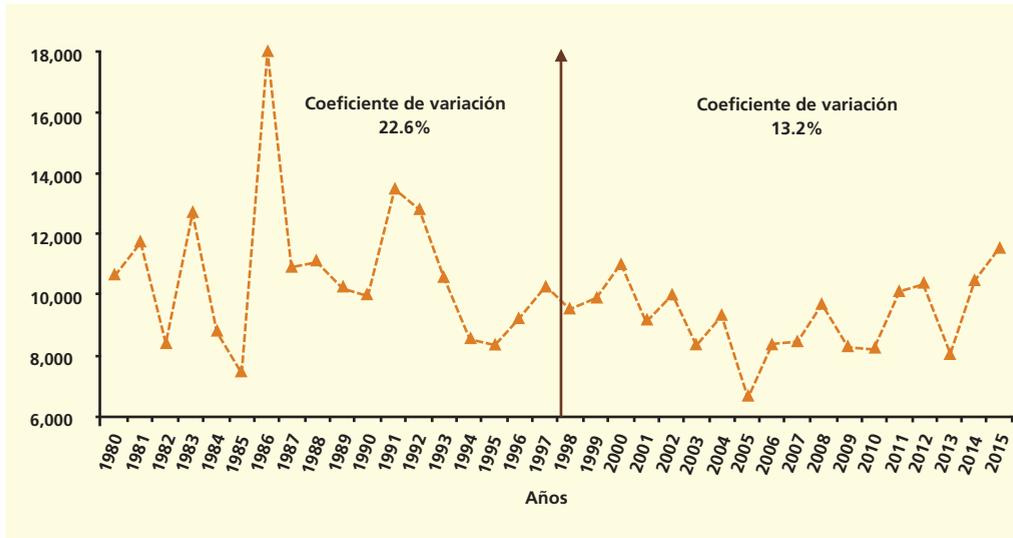
Competitividad de la miel de México en el mundo

Exportaciones de la miel en México

Las exportaciones de miel de México han crecido en los últimos años (2009-2013) de forma considerable, intensificándose a partir del año 2005 (Figura 16) y convirtiéndose en un subsector pecuario de importancia para el sureste mexicano. Después de un incremento significativo del valor de las exportaciones en el año 2001, volvieron a caer en 2005; sin embargo, la posición adquiere relevancia para aumentar en 2013 con un índice 4.03 cuya línea base

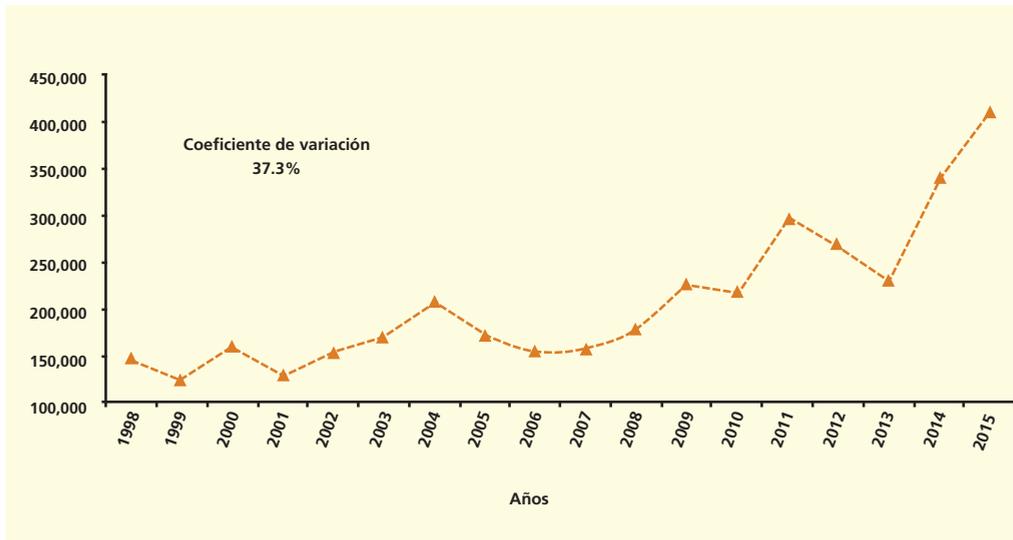
se considera en 1994=100 con la apertura comercial y económica de México. No obstante, las exportaciones de las cantidades de miel (toneladas) durante la última década no han reflejado incrementos importantes, a diferencia del valor de las exportaciones medida en dólares. Esto significa que cada vez el sector apícola se especializa y mejora el producto agregando valor y diversificando los productos dado el ascenso de los precios internacionales de la miel.

FIGURA 12
**EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE YUCATÁN
 (TONELADAS)**



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

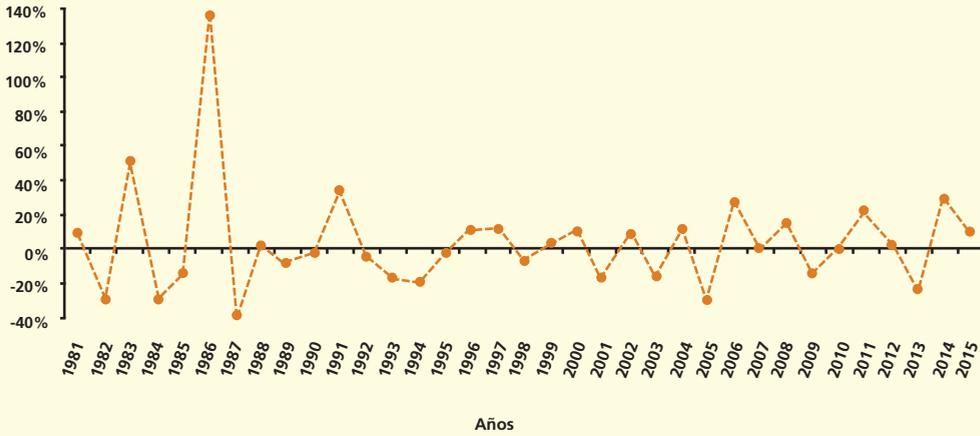
FIGURA 13
**EVOLUCIÓN DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE YUCATÁN
 (MILES DE PESOS)**



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 14

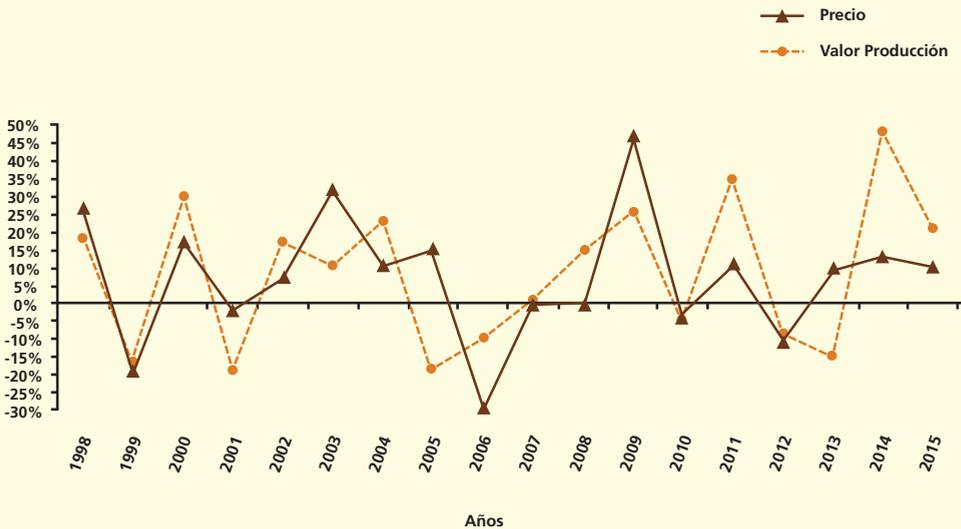
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE YUCATÁN



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 15

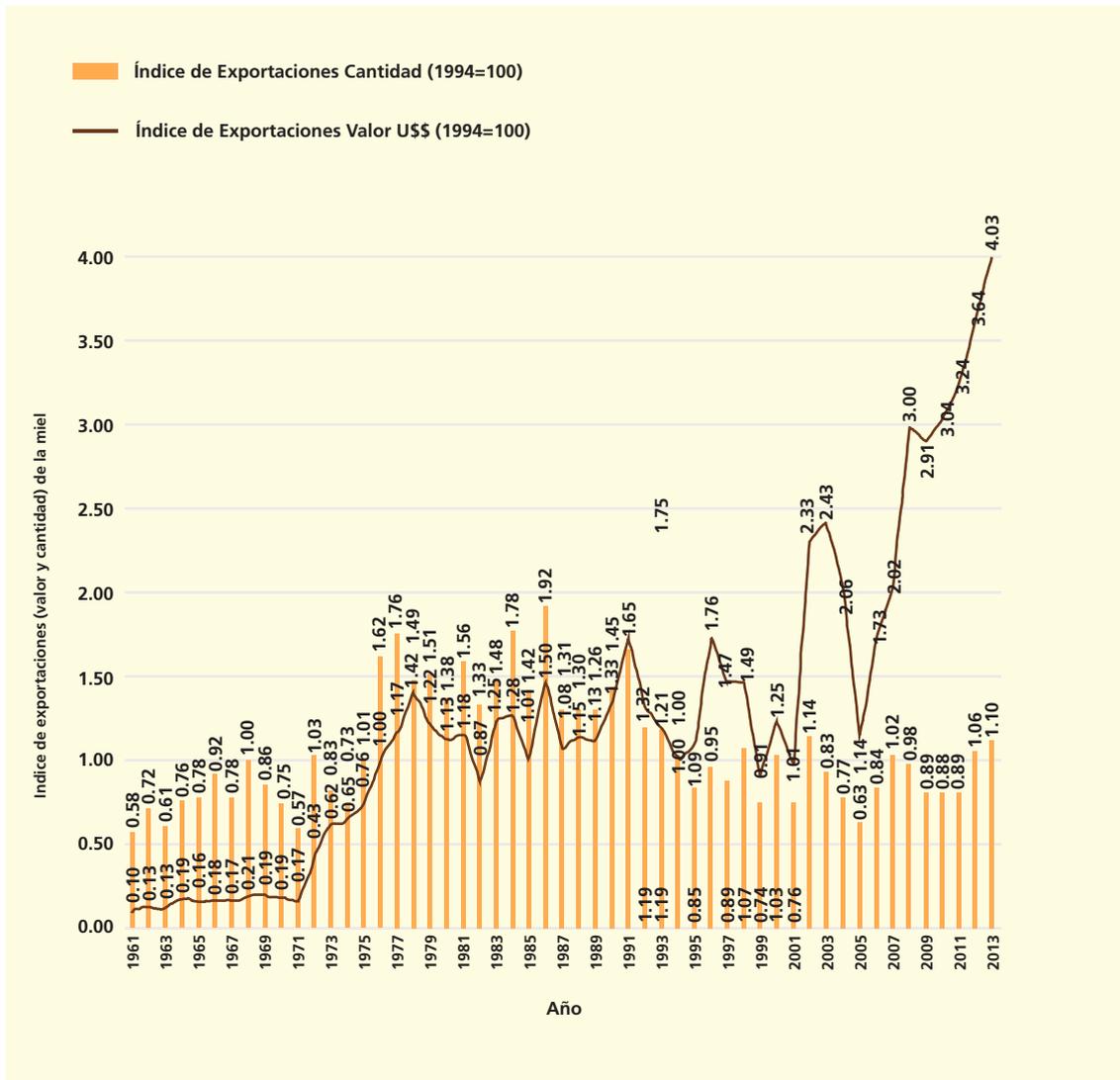
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL PRECIO POR KILOGRAMO Y DEL VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE MIEL EN EL ESTADO DE YUCATÁN



Fuente: Elaboración propia con datos del SIAP, 2016.

FIGURA 16

ÍNDICE DE LAS EXPORTACIONES DE MIEL EN MÉXICO 1961-2013 BASE 1994=100



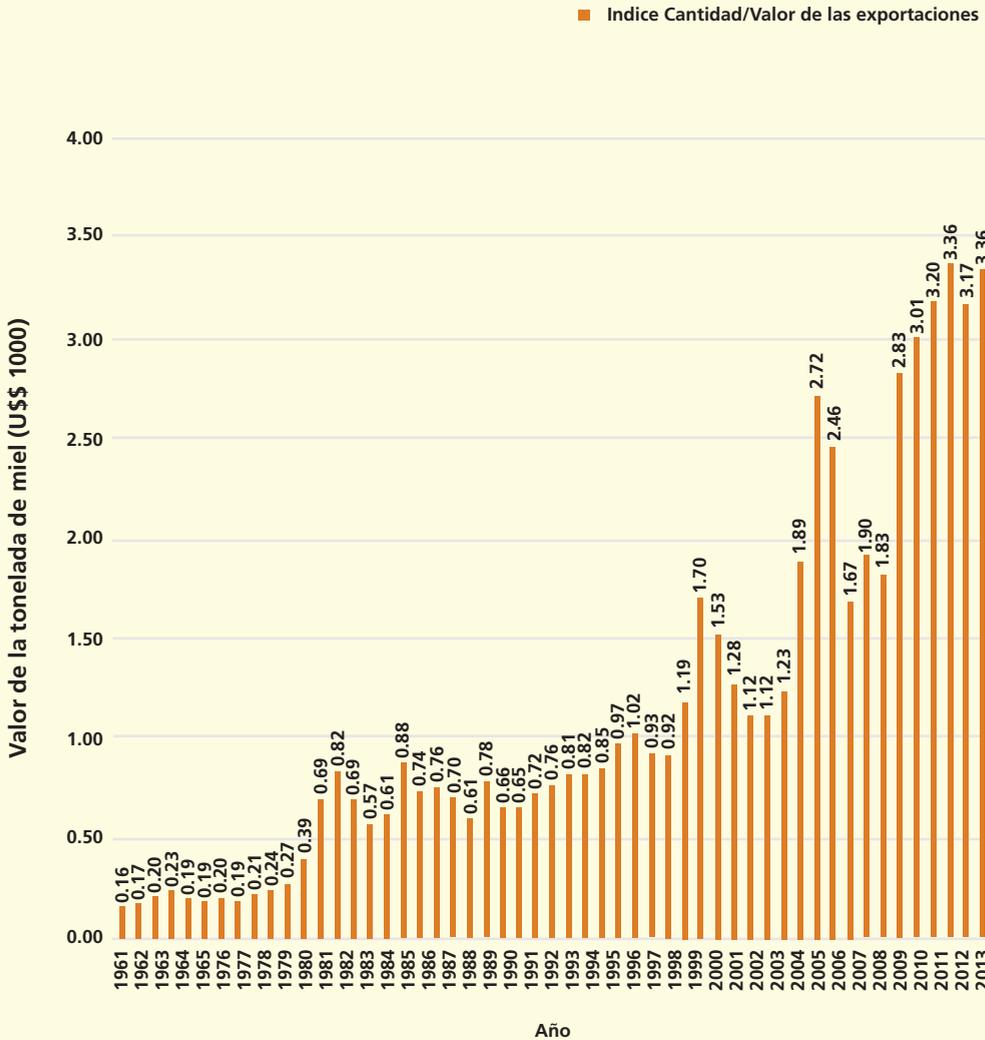
Fuente: Elaboración propia con base en datos del FAOSTAT (2016).

En la Figura 17 se aprecia que durante los años 2002 y 2003 el valor de la tonelada se incrementó de manera notable. De 2008 hacia adelante, se ha generado una ventana de oportunidad para el sector apícola, ya que el valor de la tonelada de miel se incrementó

por encima de los US\$ 2,800. Esta realidad de los precios internacionales ha generado incentivos para los comercializadores-exportadores; en contraste, los precios del valor de la producción nacional no han alcanzado incrementos de en la misma proporción.

FIGURA 17

VALOR DE LA TONELADA DE MIEL EXPORTADA (1961/2013) EXPRESADA EN US\$1000



Fuente: Elaboración propia con base en datos del FAOSTAT (2016).

Contraste de los precios reales de la miel en México 2000-2014

Cuando se elimina la inflación a los precios, se evidencia que en promedio las entidades federativas productoras de miel han alcanzado únicamente un aumento del 1% anual,

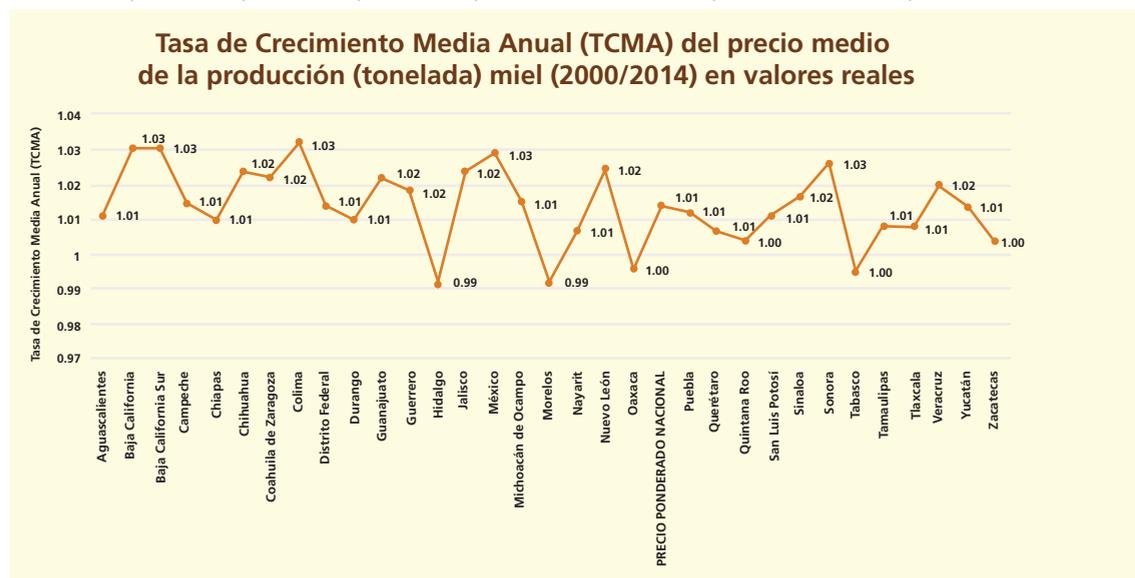
tal como se aprecia en la Figura 18, cuyas tasas se expresan en términos reales durante el periodo 2000/2014. Esta situación también refleja las disparidades del sistema

de precios entre el valor de la producción primaria y el aumento del valor de las exportaciones por toneladas. Estas diferencias ocasionadas por las fallas del Estado y del mercado establecen una relación desequili-

brada entre las unidades productoras en los estados; aunado a las divergencias ocasionadas por los costos de transacción que cada unidad productiva tiene que absorber en el sistema de mercados.

FIGURA 18

TASA DE CRECIMIENTO MEDIA ANUAL (TCMA) DEL PRECIO MEDIO DE LA PRODUCCIÓN (TONELADA) DE MIEL (2000/2014) EN VALORES REALES (2Q DIC 2010=100)



Fuente: Elaboración propia con base en datos del SIAP-Sagarpa (2016).

La competitividad internacional del mercado de la miel mexicana se puede expresar en las exportaciones. Según datos del Sistema de Información Comercial Vía Internet de la Secretaría de Economía, el país vendió al exterior un valor de 155.9 millones de dólares en 2015, que representó una cantidad de 42.1 millones de toneladas del producto. Entre los principales países donde se exporta la miel mexicana se encuentran: Alemania (República Federal), Estados Unidos de América, Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda, Arabia Saudita, Bélgica y España, entre otros.

Respecto de la producción nacional de miel, ésta se ha mantenido en un promedio de 57.2 mil toneladas anuales aproximadamente durante el periodo 2000-2014. Cuando se analizan los precios medios rurales del Sistema de Información Agroalimentaria (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa) y se elimina la inflación se evidencia que los precios medios rurales han aumentado en promedio únicamente \$6.00 pesos por tonelada. Lo anterior representa un incremento real de 1% en promedio anual. No obstante, existen dos entidades fede-

rativas donde los precios medios rurales fluctuaron por debajo de esta media (Hidalgo y Morelos). Esta realidad evidencia una reducción de los ingresos a los productores rurales y, por ende, una disminución de la

competitividad en el sector primario. Esto contrasta con el aumento del valor de las exportaciones de la miel nacional que fue de 67.9 millones de dólares en 2003 hasta 155.9 millones de dólares en 2015.

Comparación de la competitividad de la miel natural de México en el mundo, 1992-2013

Para medir la competitividad de la miel natural de México y la evaluación del comercio exterior se utilizó el índice de Ventaja Competitiva Revelada (VCR) que propone Vollrath (1989 y 1991), el cual fue considerado por Segura y Segura (2004) para adoptarse de acuerdo con la realidad latinoamericana. Las ventajas comparativas se basan en un conjunto de indicadores comerciales sobre las exportaciones e importaciones de los países y del mundo, enfocados a productos agroindustriales.

Para el análisis de la información se utilizaron las bases de datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura referentes al comercio exterior de los principales países exportadores (China, China Continental, Argentina, Nueva Zelandia, Alemania, México, España y Hungría). Posteriormente, se desarrolló la fórmula de la Ventaja Comparativa Revelada (VCR):

$$VCR_a^i = VCE_a^i - VCI_a^i \quad (1)$$

$$VCE_a^i = 1n[(X_a^i / X_n^i) / (X_a^r / X_n^r)] \quad (2)$$

$$VCI_a^i = 1n[(M_a^i / M_n^i) / (M_a^r / M_n^r)] \quad (3)$$

Donde:

X = Exportaciones

M = Importaciones

VCE = Ventaja Comparativa Revelada de las exportaciones

VCI = Ventaja Comparativa Revelada de las importaciones

Seleccionando: a = Miel natural, i = País de origen, n= Todas las mercancías menos la mercancía “a”, r = Resto del mundo menos el país de análisis.

Fuente: Segura y Segura (2004).

Los valores del comercio se encuentran ajustados en términos de US\$ dólares para la serie de análisis de datos 1992-2013. De acuerdo con Tsakok (1990) citado por Segura y Segura (2004), se requiere determinar el costo de oportunidad de la moneda extranjera para medir el VCR, el valor a precios sombra del costo de los

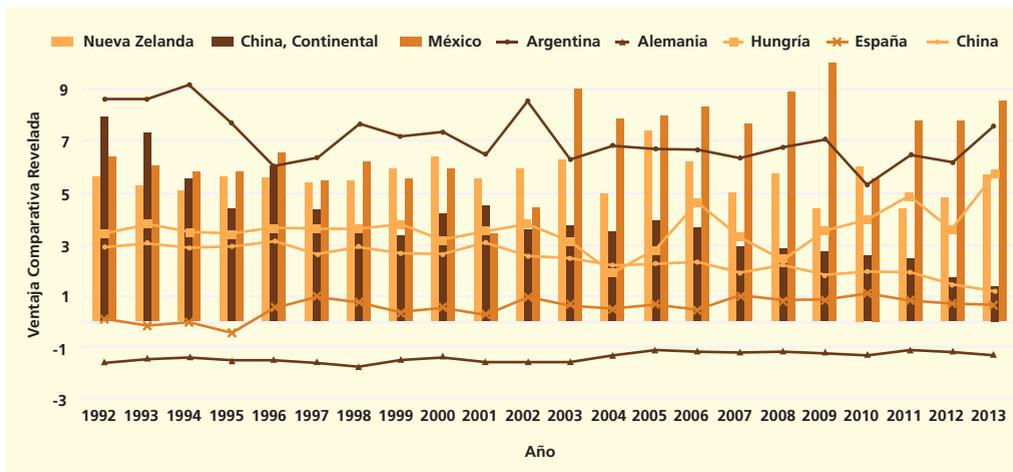
factores de producción primarios y valor agregado a precios internacionales. Además, es importante comparar los costos de los recursos con los beneficios netos con la finalidad de buscar mediciones de eficiencia. Con ello, se obtienen valores más orientados para conocer los precios sociales y económicos.

En la Figura 19 se muestran los resultados comparativos de la competitividad revelada de la miel natural para los países en estudio. Es importante destacar que la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de la VCR en México (1992-2013) fue de 1.4% inferior a la tasa de Hungría y España con 2.5% y 9.1% respectivamente. No obstante, México en los últimos años ha incrementado más su nivel de competencia en el ámbito mundial. Al respecto, se observa que la miel nacional incrementó las ventajas competitivas a partir de 2003 debido al incremento de la especialización en la producción, principalmente en el sureste del país.

Por su parte, Alemania presenta los niveles más bajos de ventajas comparativas con el resto de los países, aunque ha mejorado a partir del año 2005. El país de Argentina es el segundo país más competitivo después de México: alcanzó en 2013 un VCR de 7.6, ligeramente inferior a México (8.5). En China Continental se ha reducido la competitividad en las exportaciones de miel, el TCMA fue de -8.2%, lo que significa la pérdida de competitividad mundial. Esta situación representa una oportunidad para México para establecer estrategias de apertura de nuevos mercados asiáticos.

FIGURA 19

COMPARACIÓN DE LA COMPETITIVIDAD DE LA MIEL NATURAL DE MÉXICO EN EL MUNDO, 1992-2013



Fuente: Elaboración propia con base en datos del FAOSTAT (2016).

La competitividad de la miel se comporta de manera desigual entre los principales países productores debido a la intervención de diversas políticas públicas, variaciones climáticas, efectos del cambio climático, cambios en los gustos y preferencias de los consumidores, entre otros factores. En definitiva, los

resultados pueden ser influenciados por las diferentes políticas agropecuarias, fortalecimiento de las organizaciones de productores e industria. En general, México se encuentra en una posición para incrementar el potencial de producción de miel en la península de Yucatán.

Conclusiones

En México, la producción de miel se desarrolla en todas las entidades federativas, aunque es relevante notar la participación que tiene la región sureste en este sector productivo. De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP),⁽³⁾ en 2015 esta región contribuyó con la mitad del volumen de producción en el país (53.5%). Históricamente, el estado de Yucatán ha sido el líder en producción de miel en México (18.8% del volumen total en 2015).

Durante el periodo de análisis (1980-2015), el volumen de producción de miel en la región sureste ha presentado un comportamiento variable con tendencia a decrecer; se puede ver que durante la primera mitad del periodo analizado el volumen de producción regional pasó de 36,939 toneladas (1980) a 24,492 toneladas (1997), con un coeficiente de variación de 19.6% y una media anual de 29,400 toneladas. En la segunda mitad, pasó de 25,024 toneladas (1998) a 33,084 toneladas (2015), con un coeficiente de variación de 10.2% y una media anual de 27,864 toneladas. Mientras que el valor de la producción en la región pasó de 358.5 millones de pesos (1998) a 1,188 millones de pesos en 2015, con una media anual de 660.3 millones de pesos y un coeficiente de variación de 36%.

En relación con el comportamiento de las TCA durante el periodo 1980-2015, el comportamiento del volumen de la producción de miel en el ámbito nacional mostró un TCA relativamente variable en los primeros siete años del periodo, pero posterior a estos años las TCA fueron menos variables

con cierto grado de estabilidad. Respecto de las TCA del precio por kilogramo y valor de la producción también presentaron una tendencia relativamente variable. Las TCA del volumen de producción nacional variaron de -30.9% a 78.8%; en cuanto al precio por kilogramo las TCA tuvieron una variación de -8.3% a 25.4% y, por último, las TCA del valor de la producción variaron de -3.2% a 17.8%.

En la región sureste (considerando el mismo periodo 1981-2015), el volumen de producción de miel presentó TCA relativamente variables, con mayor magnitud de variación durante los primeros siete años de la serie analizada. En cuanto a las TCA del precio por kilogramo y valor de la producción en la región, éstas fueron más variables aunque sus rangos de variación fueron menores al del volumen de la producción. Las TCA presentaron los siguientes rangos: para el volumen de producción varió de -31.1% a 54.9%, para el precio por kilogramo presentó variaciones de -17% a 34.5%, y para el valor de la producción las TCA variaron de -9% a 30.5%.

De acuerdo con el promedio de la producción, en los últimos 10 años (2006-2015), registrados por el SIAP,⁽³⁾ los diez municipios con mayor producción de miel en el estado fueron Tizimín, Tekax, Izamal, Oxkutzcab, Yaxcabá, Muna, Chemax, Valladolid, Chikindzonot y Halachó.

Es importante notar que en el periodo estudiado, el volumen de producción de miel en el estado de Yucatán ha tenido un comportamiento muy fluctuante, principal-

mente durante la primera mitad del periodo, con una tendencia decreciente. Además, el volumen de producción pasó de 10,719 toneladas (1980) a 10,302 toneladas (1997), con un coeficiente de variación de 22.6% y una media anual de 10.786.5 toneladas. En la segunda mitad del periodo pasó de 9,615 toneladas (1998) a 11,629 toneladas (2015), con coeficiente de variación de 13.2% y media anual de 9,363 toneladas.

En contraste, el valor de la producción, si bien ha presentado fluctuaciones, en general ha registrado un comportamiento creciente debido al incremento del precio por kilogramo durante el periodo. En el análisis se puede apreciar que el valor de la producción pasó de 146.77 millones de pesos (1998) a 414 millones de pesos (2015), con una media anual de 209.3 millones de pesos y coeficiente de variación de 37.3%. Esto nos muestra la importancia que tiene mantener o incrementar los volúmenes de producción de miel en el estado, dada sus grandes oportunidades en el mercado.

El valor de las exportaciones de miel de México ha crecido de forma consistente en la última década, generando una oportunidad para exportar productos diversificados

que satisfagan las necesidades y gustos, cada día más en la demanda internacional. Sin embargo, este incremento en los precios internacionales contrasta con el valor de la producción nacional donde en términos reales del año 2000/2014 únicamente se han incrementado en 1%. Esta realidad genera desincentivos para el primer eslabón de la cadena productiva de la miel. Por ello es necesario focalizar fondos sectoriales al sector apícola en innovación primaria productiva para incrementar los niveles de ingresos de los pequeños productores.

De acuerdo con el índice de competitividad revelada, México es un líder en el ámbito internacional, aunque por debajo de los niveles del año 2009. Para incrementar la productividad y competitividad del sector apícola se requiere fortalecer la base y organización productiva de la cadena, mediante el diseño e implementación de acciones y políticas públicas eficientes y eficaces con mayor focalización a la especialización agroindustrial; además, se requiere la participación de las instituciones académicas y de investigación aplicada. La base productiva de la cadena del sector apícola representa una oportunidad para aumentar el comercio internacional sobre la base de una especialización primaria. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Magaña-Magaña, M.Á. *et al.* “Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México”. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 3, 49-64 (2012).
- ⁽²⁾Ulloa, J.A. *et al.* “La miel de abeja y su importancia”. *Rev. Fuente* 2, 11-18 (2010).
- ⁽³⁾SIAP. Producción Pecuaria 1980-2015: Otros productos. Resumen nacional por estado (2016).
- ⁽⁴⁾——— *Atlas Agroalimentario* 2015 (2015).
- ⁽⁵⁾INSAM. Mitigación de los efectos del cambio climático en las cadenas productivas de plátano, papaya, chile habanero y miel en el sureste de México en el proyecto “Iniciativa Nacional para la Sustentabilidad Alimentaria de México (INSAM)”. Fondo Institucional Conacyt. Centro de Investigación Científica de Yucatán (2012).

Bibliografía incorporada

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2016). *Estadísticas internacionales*. URL: <http://faostat.fao.org/>. Última consulta 13 de septiembre de 2016.
- Secretaría de Economía. Sistema de Información Arancelaria (SIAVI) Estadísticas de comercio internacional. (2015). URL: <http://www.economia.gob.mx/?P=2261>. Última consulta, 15 de agosto de 2016.
- Segura, A. & J Segura Ruiz, O. *Índice de ventaja comparativa revelada: un indicador del desempeño y de la competitividad productivo-comercial de un país*. IICA, San José (Costa Rica).
- Tsakok, I. *Agricultural price policy: a practitioner's guide to partial-equilibrium analysis*. Cornell University Press. (1990).
- Vollrath, T.L. “A theoretical evaluation of alternative trade intensity measures of revealed comparative advantage”. *Weltwirtschaftliches Archiv*, 127(2), 265-280 (1991).
- Vollrath, T.L., Cerna-Bazán, L., Arbaiza-Cubas, G., Reichel, B.J., Woodman, W.F., Shelley, M.C. & Blejer, M.I. *Competitiveness and protection in world agriculture* (No. PROG IV-E71 V943). Department of Agriculture, Washington, DC (EUA) (1989),





Capítulo II

Etapas de la producción de miel

Ramos-Díaz Ana,^b Cano-Sosa Julia,^b Uc-Vázquez Alberto,^b
García-Muñoz Yazmín,^a Koyoc-Canché Antonio^a

^aGrupo Apícola Texán de Palomeque S. de P.R. de R.L.,
Texán de Palomeque, Hunucmá, Yucatán. CP 97350

^bCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Unidad Sureste

Información: aramos@ciatej.mx

Palabras clave:
producción de miel, desoperculado, cosecha de miel

Resumen

En los últimos años, organizaciones nacionales e internacionales han incrementado el rigor de las sanciones al incumplimiento de sus políticas, emitiendo alertas de seguridad y sanciones en contra de empresas o zonas geográficas donde se han detectado problemas relativos a la inocuidad y adulteración de productos alimenticios,^(1,2) por lo que es necesario modificar los procesos de producción de la miel si se destina a la exportación o venta en el mercado nacional a gran escala. Los obstáculos para mejorar el proceso de producción de la miel son el arraigo a métodos culturales de producción y baja inversión en el sector para reducir las prácticas de riesgo, como el uso de antibióticos o falta de medidas sanitarias durante la cosecha y envasado de la miel. El presente capítulo tiene como objetivo describir el proceso de producción de la miel, de acuerdo con los procesos descritos por las normatividades nacionales e internacionales para asegurar la inocuidad de la misma.

Introducción

La apicultura en México se ha realizado desde la época precolonial con la cría de las *Meliponas* y *Trigonas*,⁽³⁾ y a mediados del siglo XVI se introdujo la apicultura con la especie *Apis mellifera*; desde entonces se ha extendido en todo el territorio mexicano, por lo que esta actividad está arraigada en la cultura mexicana, además que representa una actividad económica altamente productiva, como se menciona en el Capítulo I. Si consideramos que el consumo de miel en México es de 300 g

per cápita anualmente, es evidente que la rentabilidad de esta actividad se encuentra en la exportación de la miel, lo que hace imprescindible cumplir con los requerimientos de los organismos de sanidad internacionales, con las reglamentaciones de la Comisión Europea y Food and Drug Administration (FDA).

Este razonamiento ha sido adaptado por apicultores y asociaciones civiles que han decidido invertir esfuerzo y recursos para

lograr certificaciones nacionales e internacionales con el fin de aumentar sus ganancias. Para apoyar estos esfuerzos, organismos gubernamentales a través del Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) han emitido normatividades y manuales, así como el otorgamiento de apoyos y capacitaciones para implementar sistemas de trazabilidad e inocuidad de la miel.⁽⁴⁾

El proceso de producción se divide en tres etapas: precosecha, cosecha y poscosecha. La precosecha inicia con la ubicación del apiario y termina cuando la miel, dentro de las colmenas, se encuentra madura.

Etapas de la producción de miel

El proceso de producción de miel, como otros procesos de producción de alimentos, es sensible a contaminaciones físicas, químicas y biológicas que pueden producir daños en los consumidores, por ello es necesaria la aplicación de estrategias para disminuir los riesgos. Las estrategias pueden derivarse de diferentes manuales de buenas

Etapa de precosecha

El primer paso es establecer la ubicación del apiario e instalación de las colmenas, para ello es necesario considerar si en el sitio se cuentan con los medios para fortalecer y desarrollar las colonias, evitando zonas donde las abejas puedan ser perturbadas o atacadas.⁽⁵⁾ Para el desarrollo de las colonias debe asegurarse una abundante vegetación de plantas melíferas, ya que de ellas depende la producción y rendimiento de la

La cosecha da inicio con la colecta de los panales llenos, el desoperculado, la centrifugación, filtrado y la transferencia al tanque de sedimentación de la miel. El proceso de poscosecha incluye el envasado y almacenaje. Cada uno de los pasos del proceso es sensible a mejorar, y el conocimiento previo de los puntos críticos del mismo permitirá asegurar la inocuidad y calidad de la miel.

El presente capítulo tiene como objetivo describir el proceso de producción de la miel, conforme la Ley Federal de Sanidad Animal y disposiciones aplicables al cumplimiento de las Buenas Prácticas Pecuarías.

prácticas para la producción, manufactura, Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos (HACCP), así como el Programa Nacional de Inocuidad y Calidad de la Miel; estas estrategias deben aplicarse a cada paso del proceso de producción de la miel, lo cual garantizará la sanidad del producto final.

colmena.⁽⁶⁾ Se deben buscar sitios con sombra, poco calurosos y rodeados por árboles.

Es importante considerar que una colmena puede utilizar la vegetación presente en un diámetro de hasta 3 ha, sin embargo, en floración abundante las abejas mayormente utilizarán las flores encontradas en un radio de 1 km,⁽⁶⁾ por lo que se debe asegurar que haya suficiente vegetación con flor en

diferentes épocas del año, ya que entre menor recorrido tengan que hacer las abejas para conseguir el néctar, mayor será el rendimiento de la colonia.⁽⁵⁾ En este aspecto, también es necesario considerar los apiarios vecinos, el tamaño del apiario y el número de colmenas y el manejo del mismo, para asegurar que la flora será suficiente para soportar a las abejas de todas las colonias, de lo contrario éstas no proliferarán y se perderán.

En cuanto al aseguramiento de la inocuidad, el apiario deberá estar alejado de fuentes de contaminantes (industriales, agrarias, domésticas, sanitarias, etc.) para evitar la presencia de residuos tóxicos en la miel.⁽⁷⁾ Hay que considerar que la apicultura no es compatible con otras actividades agropecuarias, ya que el uso de plaguicidas, herbicidas y otros productos químicos, permanecen y se acumulan en la miel (Capítulo V), adicionalmente a los efectos directos sobre la mortalidad de las abejas.

Por último, los apiarios deben instalarse a una distancia apropiada de viviendas, vías públicas y criaderos de animales, según dicte la reglamentación federal y estatal vigente, así como las normatividades dictadas por los comisarios y alcaldes de las poblaciones cercanas, pero en general se recomienda una distancia mínima de 200 m. Es importante señalar que en México es necesario contar con un registro obligatorio de la ubicación de la unidad de producción apícola. Una vez determinada la ubicación del apiario, se recomienda la instalación de cercas, mallas ciclónicas o alambre de púas, así como la colocación de avisos y letreros, para prevenir el ingreso accidental de personas y animales.

En caso de que se desee incorporar a sistemas de producción orgánica, las colmenas deberán colocarse a una distancia mínima de 3 km a la redonda de zonas agrícolas no orgánicas, o de otros apiarios en los cuales se utilicen químicos prohibidos, además de otras áreas de riesgo como zonas urbanas con alto índice de contaminación, depósitos de basura, rellenos sanitarios o plantas de tratamiento de aguas negras.⁽⁸⁾

Una vez determinada la ubicación de la colmena, el área debe ser limpiada de maleza, durante este proceso debe observarse la presencia de hormigueros u otros depredadores de las abejas o de la miel.⁽⁵⁾ Las hormigas que atacan a las abejas son conocidas en la península de Yucatán como Xulab (*Eciton burchelli*), las cuales son atraídas por la miel, devoran las larvas y las pupas de las abejas y son capaces de destruir la colmena.⁽⁹⁾ Los apicultores experimentados recomiendan el uso de recipientes con agua (o aceite quemado) o piletas sobre las cuales instalar las cajas. Como se observa en la Figura 1, en medio de la piletta se colocan unas crucetas, que funcionan como soporte para las tiras de madera o rieles, donde se colocan las colmenas con el fin de reducir el ataque de la hormiga.⁽¹⁰⁾ Sin embargo, el uso de aceite en las piletas no es recomendable debido a que puede contaminar la miel de la colmena.

Las colmenas deben colocarse a 20 cm sobre la superficie del suelo, orientadas de tal forma que la piquera se disponga al oriente y en contra de los vientos predominantes; esta posición facilita la regulación de la temperatura y humedad en el interior de la colmena, además que se ha sugerido que mejora la eficiencia del pecoreo durante las horas de sol.⁽⁵⁾

FIGURA 1

APIARIO ESTABLECIDO EN CHAN SAN ANTONIO, TIZIMÍN, YUCATÁN



A señala la cerca de alambre de púas; B, un contenedor de agua (pileta), y C, la cruceta donde se montan la colmena y se llena de agua.

Hay varios tipos de colmena, la más utilizada en la península de Yucatán es la del tipo Langstroth, ya que la cámara de cría es del mismo tamaño que las alzas miele-
ras. La colmena (compuesta de cajas de madera generalmente) es el lugar donde las abejas se reproducirán y formarán la miel; debe prepararse cuidadosamente considerando su estructura (Figura 2) y la

función de cada parte, lo cual se detalla en la Tabla 1, el armado correcto de la misma favorecerá el crecimiento de la colonia y la producción de miel. Para la producción de miel orgánica las colmenas deberán estar hechas de materiales que no porten riesgos de contaminación, como las hechas de maderas no tratadas con pinturas con plomo o pesticidas.

TABLA 1

ESTRUCTURA DE LA COLMENA TIPO LANGSTROTH DESCRITA DE ABAJO HACIA ARRIBA⁽¹¹⁾

Estructura de la colmena	
Descripción	Función
Piso	Es una pieza de madera dura en cuyos lados se apoya la cámara de cría; el largo del piso es mayor al de la cámara de cría, por lo que sobresale 5 cm aproximadamente, la cual funciona como una pista de aterrizaje y despe- gue de todas las abejas de la colonia en sus vuelos al exterior.
Cámara de cría	Caja generalmente de madera donde se encuentra la reina y hace la postura; es donde nace y crece la colonia. Algunos apicultores utilizan excluidores sobre la cámara de cría para evitar la postura de la reina en los cuadros de las alzas.
Piquera	La piquera es una rendija que se forma entre el piso y la cámara de cría (Figura 2A); permite la ventilación, la salida y entrada de las abejas de la colmena.

Continuación...

Estructura de la colmena	
Descripción	Función
Marcos o cuadros	Los marcos de madera (Figura 2B) sirven para enmarcar la construcción de los panales. A estos marcos se les colocan hilos de alambre tensos para ayudar a mantener fijo el panal y hacerlos más resistentes.
Cera estampada	La cera estampada es la base en la que se construyen las celdas en el interior de la colmena, éstas se colocan en los marcos. La cera debe estar libre de residuos de agroquímicos, ya que la contaminación de la cera puede afectar la sanidad de la miel o provocar enfermedades en las abejas, por lo que es necesario contar con proveedores confiables que no las almacenen junto con agroquímicos.
Alza o caja mielera	Cuando las abejas han blanqueado los panales de cera de la cámara de cría y se observa un continuo flujo de polen y néctar, se presenta la oportunidad de ampliar la colmena y se coloca una estructura similar a la cámara de cría (en colmenas tipo Langstroth) (Figura 2C). Se coloca entre la cámara de cría y la tapa. Únicamente la miel producida en esta estructura será la considerada para la cosecha de miel.
Techo o tapa	Es una pieza de madera recubierta por una lámina de zinc galvanizado que evita que el agua de las lluvias llegue al interior de la colmena. Algunos apicultores no la utilizan debido a que se incrementa la temperatura en el interior de la colmena.

FIGURA 2

ESTRUCTURA DE LAS COLMENAS



(A) Colmena, donde Te: techo o tapa, AM: Alza mielera, CC: cámara de cría, PF: piso, Pi: piquera y TV: tabla de vuelo. (B) marco y (C) colocación de los marcos dentro del alza.

Después de instalar las colmenas se requiere que la colonia cuente con acceso a una fuente de agua, estimando que una colmena requiere 3 litros de agua al día, y ésta debe estar limpia y libre de crecimiento de microorganismos que pudieran contaminar la miel o enfermar a las abejas.⁽⁵⁾ La falta de agua puede causar problemas de sobrecalentamiento de las colmenas, ya que el agua ayuda a controlar la temperatura; además, es mezclada con la miel si se necesita reducir su viscosidad para alimentar a la colonia, por lo que su escasez generará problemas de nutrición u ocasionará que las abejas recorran mayores distancias para conseguirla,⁽⁵⁾ lo que reducirá la eficiencia en la producción de miel. Tanto el cuidado de mantener recipientes de agua limpia, como la eliminación periódica de hierba, ramas de árbol y desechos, son tareas que deberán realizarse constantemente; la frecuencia de estas tareas está determinada por el tamaño de la población de abejas, la floración y la época del año.

El mantenimiento y crecimiento de la colonia también incluye las actividades de limpieza de las colmenas al iniciar un ciclo de floración. Esta limpieza se refiere a retirar la miel almacenada en los panales de forma que, al iniciar el periodo de producción intensa, las abejas tengan los espacios necesarios para almacenar la miel, esta actividad se quiere realizar para obtener miel unifloral. Durante esta época de alta producción es importante la supervisión frecuente para determinar el momento óptimo para aumentar las alzas y de ser necesario dividir las colmenas^(6,10) o realizar la cosecha.

Durante la época de baja floración es importante la supervisión frecuente, de ello

depende la detección de enfermedades y plagas (Capítulo III), y determinar la necesidad de alimentar a las abejas de forma artificial, lo que se conoce como alimentación de sostén o de mantenimiento con soluciones azucaradas, por ejemplo: 500 g de azúcar por litro; 2 kg de miel y 500 g de azúcar por litro de agua; cada una o dos semanas dependiendo del tamaño de la colmena. La alimentación artificial también se utiliza para estimular a la reina con el fin de que aumente su nivel de postura, preparando a la colonia antes de iniciar una época de floración, de lo contrario el tamaño de la colonia será pequeño y no será suficiente para aprovechar el máximo de la cantidad de néctar y polen presentes, teniendo bajos rendimientos; a esta alimentación se le conoce como alimentación de estímulo. Dicha alimentación deberá iniciarse 45 días antes de pronosticar el inicio de la floración, ambos tipos de alimentación deberán realizarse con soluciones preparadas con agua hervida, todo esto el mismo día, con el fin de reducir la fermentación de las soluciones, además es recomendable agregar 1 g por cada 10 litros de ácido tartárico, para reducir la cristalización.^(5,12)

La alimentación se realiza de diferentes maneras, utilizando alimentadores colocados en la piquera o dentro de la cámara de cría. Una de las más utilizadas es colocarla dentro de una caja vacía por encima de la cámara de cría, teniendo cuidado de no ubicar el alimento afuera pues puede provocar el pillaje y la invasión de otros insectos. Ésta se pondrá sobre papel encerado cuando se trate de una torta proteica y cuando el alimento se suministre en solución se recomienda un contenedor no profundo para que las abejas no se ahoguen, asimismo, inocuo, para evi-

tar contaminación. Todo el proceso deberá realizarse con guantes de apicultura limpios y evitando dañar la cámara de cría.^(5,7,12) Para el cultivo orgánico se deberá almacenar néctar o miel producida durante la última época de floración para alimentar a la colonia durante la época de baja producción, así como no retirar la totalidad de la miel de la última cosecha con el fin de dejar en las colmenas reservas de miel y de polen para mantenerse en la época crítica por falta de alimento.⁽⁸⁾

En épocas de floración abundante, el néctar de las flores es recogido por las abejas pecoreadoras. En la colmena las abejas pecoreadoras pasan el néctar a las abejas receptoras, en su interior ocurre el desdoblamiento del azúcar, la primera transformación del néctar, entonces es depositado en las celdas y es transferido de una celda a otra, y con la ayuda del batido de las alas de las abejas se reduce la humedad hasta la formación a miel madura, entonces las abejas cubren con cera la celda llena de miel (operculado); cuando el 90% de las celdas está operculado se considera que la miel está madura.⁽⁶⁾

Para mantener el rendimiento y la población de abejas en la colmena se deben seguir estrategias enfocadas a la renovación de la colmena, tales como cambiar la abeja reina cada año, utilizando reinas fecundadas de proveedores certificados conforme la NOM-001-ZOO-1994 y NOM-002-ZOO-1994. En casos en que la población de abejas se haya reducido drásticamente en la colmena, es posible incrementar el tamaño de la población introduciendo o fusionando con núcleos huérfanos (sin reina), además de cambiar la abeja reina cuando se sospeche la presencia de reinas débiles o viejas. En ocasiones la reducción del tamaño de la

población de abejas en la colmena ocurre por la presencia de plagas o enfermedades (Capítulo III), así que lo más importante es tratar de identificar el origen del problema para elegir la posible solución.⁽⁵⁾

El uso de agroquímicos es altamente regulado por las normatividades mexicanas e internacionales, ya que la miel es un producto que se consume prácticamente sin ninguna modificación de la forma en que es producido en los apiarios, es por ello que la acumulación de tóxicos es transferida casi directamente a los consumidores. Cuando las colmenas son colocadas dentro o cerca de una parcela de cultivo, los agroquímicos utilizados deben tener bajo efecto residual en las abejas; su aplicación debe hacerse en las últimas horas de día, cuando las abejas han terminado el pecoreo. Las colmenas deben ser protegidas de la contaminación, resguardándolas con mantas limpias y húmedas antes de la aplicación, esto reduce la contaminación por contacto directo, sin embargo, muchos agroquímicos aplicados pueden ser transmitidos al néctar (Capítulo V).

Por último, es importante mencionar que es necesario instaurar un manejo apropiado de los desechos, ya que la zona del apiario deberá mantenerse limpia de basura, de residuos tóxicos, de recipientes que estuvieron en contacto con antibióticos y plaguicidas, ya que el agua de lluvia pudiera difuminar los residuos, generando otro tipo de problemas de inocuidad. Por otro lado, la mala disposición de los desechos y materiales con los que se preparan las soluciones dulces, así como colmenas y cuadros viejos, atraen a insectos antagonistas de las abejas y aumentan la probabilidad de una infestación de plagas.^(5,7)

Cosecha de la miel

En la etapa de cosecha se debe buscar mantener la calidad e inocuidad de la miel procesada, y esto depende de la habilidad, experiencia y buenas prácticas del apicultor, siendo los apicultores cuyos ingresos se derivan principalmente de esta actividad quienes se apegan a los manuales de buenas prácticas emitidos por Senasica,⁽⁵⁾ ya que de ello depende la calidad de la miel y el precio de venta.

El proceso de cosecha de la miel (Figura 3) inicia con la colecta de los cuadros de miel operculada, encontrados dentro de las alzas para asegurar que el panal contenga miel madura, se considera el porcentaje de operculación del panal (90% en zonas del norte y altiplano de México y en 100% en zonas tropicales). Si contienen crías, éstos no deberán cosecharse, ya que pondrán en peligro el crecimiento de la colonia y es posible que la reina se encuentre en esa alza.

Los cuadros serán retirados y colocados cuidadosamente dentro del alza de cosecha, que debe colocarse en una superficie limpia, evitando contacto con el suelo. Las abejas pueden retirarse cuidadosamente con un cepillo especial (cepillo de barrido) de cerdas delgadas para evitar el daño de las abejas. Para reducir el ataque de las abejas es común el uso de ahumadores, sin embargo, hay que considerar que el humo puede ser adsorbido por la miel y cambiar el sabor y la inocuidad de la misma. Para reducir este riesgo, es necesario que este proceso se realice rápidamente y que el combustible de los ahumadores sean troncos secos, ramas que no hayan estado en contacto con agroquímicos, evitando el de combustibles fósiles. Cuando es necesario su traslado, las alzas

de cosechas pueden apilarse, cubriendo la última con la tapa exterior. Luego deberán cubrirse con una lona limpia para su traslado, para evitar la contaminación física y química de la miel.^(5,7,13) En la mayoría de los casos, los apiarios se encuentran lejos del cuarto del proceso, por lo que la mayoría de los apicultores realiza la extracción en el apiario, utilizando casas de campaña, mosquiteros o camiones.⁽⁶⁾

Las siguientes etapas de la cosecha deben realizarse en un espacio que pueda dividirse en tres áreas de acuerdo con el nivel de medidas de higiene y actividades que se realizarán en las mismas: limpia, semilimpia y sucia, esto reducirá los peligros de contaminación. En el área sucia se encuentra el área de carga y descarga, baños y casilleros para el personal, espacio de pesado de productos químicos, espacios de lavado de materiales, oficinas, comedor y entrada de personal. El área semilimpia comprende la sección de cuarto de almacenamiento de alzas con miel, desoperculado y la extracción, almacenes de alimento para las abejas, productos terminados, alzas vacías, tambores y cubetas. El área limpia incluye la cámara de sanitización y área de proceso donde se realiza la sedimentación, filtrado, calentamiento, homogeneizado y envasado de la miel.⁽¹³⁾

Los cuadros con miel operculada deberán ser desoperculados, retirando la capa de cera de las celdas en cada lado del cuadro, esto permitirá la extracción de la miel, este proceso puede realizarse manualmente utilizando cuchillo, peines y cuchillos eléctricos específicos para el desoperculado, además del uso

de equipo automático para desopercular y exprimir el panal con el fin de obtener la mayor cantidad de miel posible; independientemente de la forma que se realice, se debe considerar el uso de mesa de extracción, así como la vestimenta adecuada libre de contaminantes; el cuidado durante esta actividad obedece las mismas normas sanitarias que la preparación de alimentos, ya que es uno de los puntos críticos de contaminación. Los marcos desoperculados serán colocados en los tanques de extracción, donde se recuperará la miel mediante centrifugación manual o eléctrica. Los cuadros, después de la cose-

cha, serán revisados para corregir daños en la tensión del alambre o eliminar cera colocada en los bordes del cuadro de madera, para que finalmente se introduzcan en la colmena como parte del alza.

La miel es filtrada con mallas metálicas para eliminar fragmentos sólidos. La miel filtrada se coloca en tanques de sedimentación (maduradores) de acero inoxidable, los cuales generalmente están provistos de una llave de paso en la parte inferior del tanque para retirar la miel que se ha decantado y facilitar el envasado.

FIGURA 3

PROCESO DE COSECHA DE LA MIEL



Envasado y almacenaje

La mayoría de los pequeños y medianos apicultores, que constituyen la base productiva de la apicultura en Yucatán, venden la miel a empresas acopiadoras o forman organizaciones y asociaciones apícolas. Es-

tas empresas y asociaciones apícolas que realizan el acopio y venta de miel también prestan asesoría, capacitación, proveen préstamos y equipos a los productores,⁽¹⁰⁾ pero su actividad principal es la de acopiar

la miel. Esto se da principalmente debido a que los pequeños productores producen poca miel o no disponen de los recursos para implementar los espacios e instalaciones necesarias que disminuyan el peligro de contaminación de la miel, ya que para su venta directa la miel deberá ser envasada siguiendo el “Manual de Buenas Prácticas de Manejo y Envasado de la Miel”.⁽¹³⁾ Cuando la miel llega a las acopiadoras, se verifica su calidad y dependiendo del resultado la miel podría ser almacenada o rechazada. Cuando la miel presenta problemas de impurezas pasa por un proceso de filtrado, o sedimentación, para retirar los residuos de ceras, abejas y basura que se encuentra en la superficie. La capa más pesada también se retira ya que contiene impurezas.⁽¹³⁾ Cuando

la miel presenta la calidad reglamentada⁽¹⁴⁾ (Capítulo IV), para su comercialización es transferida al tanque de mezclado, con la miel proveniente de otros apiarios, por lo que el mezclar es indispensable para asegurar la homogeneidad del lote,⁽¹³⁾ después inicia el proceso de envasado y almacenamiento.

Durante el almacenamiento se deben cuidar las condiciones de temperatura y exposición a la luz; la exposición a temperaturas bajas podría provocar la cristalización de la miel y visualmente no ser aceptada por el consumidor final. Por otra parte, temperaturas por arriba de los 40 °C y altas intensidades de luz provocan la degradación de los azúcares presentes en la miel y el decaimiento de su calidad.

Conclusión

El ciclo de la miel está compuesto de tres etapas: precosecha, cosecha y poscosecha; en cada una de las etapas se tienen puntos clave de los cuales depende el éxito o el fracaso de los productores. En cada caso se recomienda el establecimiento de talleres y cursos de capacitación, lo que permitirá aumentar la concientización de los puntos críticos del proceso para asegurar la calidad de la miel.

En cuanto a la etapa de precosecha, la ubicación y mantenimiento de los apiarios es necesaria para lograr el máximo rendimiento de las colmenas, actualmente los productores cuentan con la experiencia necesaria para el aprovechamiento de la colmena, no así para el manejo inocuo del producto. En cuanto a la cosecha, hay una falta de infraestructura que evita el es-

tablecimiento de buenas prácticas para los pequeños apicultores. Sin embargo, las empresas acopiadoras constantemente brindan apoyo a los productores para mejorar estas condiciones. En cuanto a la etapa de poscosecha, el principal problema es el número de intermediarios entre los productores y los consumidores finales, esta situación no ha podido resolverse ya que los productores no están interesados en invertir en una marca propia, etiquetas, envasados y en un sistema de mercadotecnia para la distribución de sus productos. Cada una de las etapas del ciclo productivo de la miel presenta retos u oportunidades de desarrollo, los cuales pueden resolverse por medio del uso e implementación de tecnologías con el fin de mantener o aumentar los volúmenes de la miel para exportación. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾FDA. Import Alert 36-04: “Detention without physical examination of honey and blended syrup due to unsafe drug residues”. *Import Alert* (2015).
- ⁽²⁾RASFF. Notification details-2016.0561. RASFF Portal, European Commission (2016). en <https://webgate.ec.europa.eu/rasff-window/al/?event=notificationDetail&NOTIF_REFERENCE=2016.0561>
- ⁽³⁾Echazarreta, C.M., Quezada-Euán, J.J.G., Medina, L.M. & Pasteur, K.L. “Beekeeping in the Yucatan peninsula: development and current status”. *Bee World* 78, 115-127 (1997)
- ⁽⁴⁾Senasica. “Programas de inocuidad”. Asuntos Regulatorios e Internacionales (2014).
- ⁽⁵⁾———. *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel* (2015).
- ⁽⁶⁾Alfaro, B.R.G. *et al.* Denominación de Origen de mieles de la Península de Yucatán. 19-21 (2011).
- ⁽⁷⁾Blanc, C.R.L., Sancho, P.J., Sanz, V. Alfredo & Picot, C.A. *Guía de prácticas correctas de higiene para el sector de la miel* (2015).
- ⁽⁸⁾*Diario Oficial de la Federación*. “Acuerdo por el que se da a conocer los lineamientos para la operación orgánica de las actividades agropecuarias”. (2013). en <http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5319831&fecha=29/10/2013>
- ⁽⁹⁾Dávila, N. Defensa de las colmenas de abejas contra las hormigas. (Dic 1985) v. 28 p. 59-61.
- ⁽¹⁰⁾Ayala, A.M.E. *La apicultura de la península de Yucatán: un acercamiento desde la ecología humana*. Tesis de Maestría. Departamento de Ecología Humana, Posgrado en Ecología Humana Cinvestav, IPN, Unidad Mérida-México (2001).
- ⁽¹¹⁾Barrilas, S.M.E. *Transferencia de Tecnología para el manejo integral de los apiarios en la Huasteca Hidalguense*. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (2010).
- ⁽¹²⁾Coordinación General de Ganadería. *Manual básico de apícola* (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación).
- ⁽¹³⁾Senasica. *Manual de buenas prácticas de manejo y envasado de la miel* (2009).
- ⁽¹⁴⁾NMX-F-036-NORMEX-2006. Alimentos-miel-especificaciones y métodos de prueba (2006).

Fotografías:

Uc Vázquez Alberto: Figura 1

Uc Vázquez Alberto: Figura 2



Capítulo III

Principales problemas sanitarios y errores comunes en la producción de la miel de abeja (*Apis mellifera*)

Uc Vázquez Alberto^a y Ramos-Díaz Ana^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco AC., Unidad Sureste

Información: auc@ciatej.mx

Palabras clave:
sanidad, higiene de la colmena, enfermedades de las abejas,
plagas de la colmena

Resumen

La presencia de plagas y enfermedades en la colmena afecta la calidad de la miel y rentabilidad de la actividad apícola, ya que un pobre manejo y control sanitario aumentan los costos de producción, y los pesticidas utilizados para contrarrestar las infestaciones pueden ser un factor que demerita la inocuidad de la miel por contaminación. En el presente capítulo se mencionan algunos errores comunes que se cometen durante el proceso de cosecha y almacenamiento de la miel, además se describen las principales plagas y enfermedades que afectan la colmena, así como las alternativas de manejo.

Introducción

Las abejas (*A. mellifera*), como cualquier otro organismo vivo, son susceptibles al ataque de plagas y enfermedades. Éstas pueden ser de origen parasitario, bacteriano, fúngico o viral. Algunos reportes mencionan que la pérdida anual por problemas de plagas y enfermedades en las abejas es de \$40.00 pesos aproximadamente por colmena. Considerando que en México se cuenta con 1.9 millones de colmenas, entonces la pérdida total por consecuencia del ataque de plagas y enfermedades asciende a \$76 millones anualmente.⁽¹⁾ Tomando en cuenta la importancia de la sanidad en la producción apícola, el apicultor requiere mejorar condiciones de las colmenas, observar deterioro en las cajas (Figura 1) y las acciones que realiza para la prevención

y control de los principales problemas sanitarios que afectan la colmena. Entre ellos se pueden mencionar: aplicación correcta en tiempo y tipo de alimentación de la colmena, el monitoreo permanente para la detección oportuna de plagas y enfermedades que afectan a las abejas, de manera que pueda iniciar la aplicación del método de control que asegure el menor efecto en la población de abejas y en la producción de la colmena. En este capítulo también se describen los principales problemas sanitarios de la colmena, el manejo utilizado para prevenir y controlar las plagas y enfermedades, así como los riesgos de contaminación de la miel producida por pesticidas utilizados en el manejo de la enfermedad.

Problemática durante la cosecha de miel

La cosecha de la miel es una de las actividades más importantes para el productor; realizarlo en el lugar correcto, en el momento y la forma adecuada, repercuten directamente en la calidad de la miel. En el Capítulo II se describe el proceso de cosecha, sumado a lo descrito en manuales y otras revisiones en donde puede observarse la forma correcta de hacer una.⁽²⁻⁴⁾ En

este capítulo se describe uno de los errores más recurrentes que comete el productor en la cosecha, que afecta la calidad de la miel y resulta en pérdidas económicas por parte del productor, pues la consecuencia de este error se observa al determinar el principal parámetro (la humedad en la miel), que utilizan los centros de acopio al momento de comprar la miel.

FIGURA 1

ASPECTO COMÚN DE OBSERVAR EN UN APIARIO DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN



(a) Colmenas con cierto deterioro en las cajas de madera que afectan el manejo de la sanidad (b) y uso de trampas para el monitoreo de plagas (c) como el pequeño escarabajo de la colmena.

Algunos de los principales problemas que se tienen durante la cosecha y que muchas veces el productor realiza por falta de información es la cosecha de miel no madura o panales no operculados. Peña y colaboradores (2012)⁽⁵⁾ mencionaron que entre los factores que rigen el comercio de las mieles se encuentra el parámetro de humedad.

La humedad de la miel es un indicador de conservación y madurez del producto en el tiempo y está relacionado con las condiciones climáticas. Los mismos autores mencionan que las condiciones de humedad relativa, temperatura y precipitación al momento de la cosecha, afectan significativamente el grado de humedad en la miel cosechada.

Como se menciona en el Capítulo II, la recomendación es cosechar panales con más de 90% de celdas operculadas, con el objetivo de conservar la calidad de la miel, ya que el contenido de humedad es alto en mieles cosechadas de panales no operculadas. Al respecto, en el *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel*,⁽²⁾ se sugiere cosechar la miel con 100% de celdas operculadas o después de realizar una prueba sencilla que consiste en

sacudir el panal y verificar la caída de miel; cuando la miel está madura no cae del panal.

Otro factor que afecta el contenido de humedad de la miel es la cosecha durante el periodo lluvioso, ya que se ha reportado que mieles colectadas en el periodo lluvioso presentan mayor contenido de humedad, en comparación con mieles cosechadas en periodos de sequía.⁽⁴⁾

Principales plagas y enfermedades en la colmena y su manejo

Las enfermedades y parasitosis que afectan a las abejas melíferas causan importantes pérdidas económicas a la actividad apícola, debido a que los daños van desde la reducción de la producción de miel hasta la pérdida de la colmena. Además, las medidas preventivas y de control utilizadas para el manejo de la problemática incrementan los costos de producción y reducen la rentabilidad de la actividad apícola. Considerando que los problemas sanitarios en la colmena ocurren prácticamente todo el año, el uso de plaguicidas en el apiario para el control de plagas y enfermedades es una práctica común que puede generar serios problemas cuando son aplicados en forma indiscriminada o cuando su uso no está autorizado. Sin duda, las colmenas son afectadas por múltiples pro-

blemas sanitarios y la descripción detallada de algunos de ellos puede encontrarse en artículos y manuales publicados.⁽⁶⁻⁸⁾ Sin embargo, entre los más importantes en el sureste de México, se encuentran la Varroasis, escarabajo de la colmena, Loque americana, Loque europea, Nosemosis y la Cría de cal. El control mediante pesticidas de la Varroa, Loque americana y actualmente el escarabajo de las colmenas, representan un riesgo debido a la contaminación de la miel, del polen y de la cera, lo cual provoca el rechazo de la miel para exportación, por lo que el uso racional de los plaguicidas, así como la utilización de alternativas biológicas y la selección de colmenas resistentes pueden ser una opción viable para el manejo de los problemas sanitarios de la colmena.

Varroasis (*Varroa destructor* Anderson & Trueman)

Varias especies de ácaros se han reportado como parásitos de las abejas (*Varroa destructor*, *Varroa underwoodi* y *Varroa rindereri*) cada una afectando diferentes especies del

género *Apis*.⁽⁹⁾ En México, *V. destructor* es causante de la Varroasis sobre *A. mellifera*. La Varroasis es considerada como el principal problema sanitario al que se enfrenta la

apicultura en el ámbito mundial, ya que se ha observado la pérdida total de colonias en caso de no recibir ningún tratamiento. Posiblemente, debido en parte a que las abejas afectadas pueden vivir 50% de tiempo menos que las no afectadas. En el estado de Yucatán, México, los productores reportaron pérdidas de 30 a 70% de las colonias infestadas por *V. destructor*. La producción de miel se reduce hasta en 65%, dependiendo del porcentaje de infestación, fortaleza de la colmena y condiciones ambientales.⁽¹⁰⁾

El *V. destructor* es un ácaro ectoparásito del tamaño de la cabeza de un alfiler, mide 1.6 mm aproximadamente y su coloración es castaño rojizo, aunque los machos son ligeramente más pequeños y de color blanquecino. Su ciclo de vida es de 90 a 100 días con variaciones que dependen de las condiciones ambientales.⁽⁹⁾ Por otro lado, se ha reportado que la población de ácaros en colmenas de *A. mellifera* varía en relación con el tiempo y al parecer estas diferencias son debidas a las condiciones de temperatura, precipitación y humedad relativa.⁽¹¹⁾ Un estudio de dinámica poblacional del ácaro en dos apiarios localizados en diferentes regiones, mostró que la población del ácaro presenta variaciones a lo largo del año y que estas variaciones pueden ser atribuibles a la fortaleza de la colmena, a la cantidad de larvas de abeja en los panales, a factores de la propia varroa, así como al comportamiento higiénico natural de las abejas ante la eliminación de larvas muertas e infestadas por el ácaro.⁽¹²⁾ Lo anterior sugiere que la búsqueda de colonias de abejas con un buen comportamiento higiénico puede ser una buena estrategia para el manejo del ácaro.^(11,12) En contraste, otros autores mencionan que no hay relación directa del nivel de infestación y la productividad de la colme-

na, aunque coinciden en que el manejo de la colmena puede ser uno de los factores que afectan el nivel de infestación.⁽¹³⁾

Los daños que ocasiona la varroa en las abejas se deben a que se alimenta de la hemolinfa de las larvas de la cría y de los adultos, sin embargo, tiene preferencia por la cría de los zánganos.⁽⁹⁾ Otro problema asociado a la varroa es su capacidad de funcionar como vector de virus y otros patógenos, ya que los daños físicos que ocasiona la alimentación del ácaro en los adultos y larvas de las abejas son la fuente de entrada de hongos y bacterias.^(14,15)

Cuando el diagnóstico revela la presencia de varroa en un porcentaje mayor al 3%, es preciso tomar medidas terapéuticas de forma inmediata, no solamente para bajar la tasa⁽¹⁵⁾ de infestación de las colmenas, sino también para limitar su expansión en el apiario, ya que el ácaro puede incrementar su población hasta 100 veces en un año. Existen en la actualidad numerosos productos para el tratamiento de varroa que se dividen en tres tipos: químicos, alternativos y biológicos.

Los tratamientos químicos más utilizados para el control del ácaro son el amitraz, cimiazol, coumafós, fluvalinato y malatión, para los cuales se han establecido niveles de tolerancia que permiten la existencia limitada de residuos en la miel.^(10,16-18) Una evaluación realizada⁽¹⁹⁾ para determinar la efectividad de coumafós, amitraz y fluvalinato para el control de la varroasis, indicó que el coumafós y el amitraz poseen porcentajes de efectividad que van de 99% hasta 89% sin diferencia estadística entre los tratamientos. Mientras que los menores porcentajes de efectividad fueron obtenidos con el fluvalinato. Aunque de manera general los tres productos son

efectivos para el control de las poblaciones de varroa, estos productos pueden inducir la generación de resistencia en el ácaro cuando son aplicados de manera continua.

Los tratamientos de control alternativos tienen la ventaja de ser de menor costo y de no contaminar la miel; entre éstos tenemos el ácido fórmico, láctico, oxálico, timol y rotonona. Sin embargo, pueden ocasionar pillaje, evasión, diarrea en las abejas o que cese la postura de la reina.⁽¹⁰⁾ Con relación al timol se ha reportado⁽²⁰⁾ que la aplicación del timol en gel, en una o dos aplicaciones a intervalo de 15 días, tiene una efectividad de 52.9% y 91.9% respectivamente, sobre la mortalidad de adultos de *V. destructor*.

Los tratamientos biológicos utilizan la atracción química del ácaro hacia las larvas del

zángano, para lo cual se coloca un panal con cera para zánganos ya trabajada, en el interior de las colmenas; una vez que el panal es infestado se retira de la colmena. Este método de control sólo debe ser usado en colonias fuertes y debe revisarse con frecuencia para retirarse oportunamente, impidiendo el nacimiento de los zánganos. La desventaja resulta cuando el panal con cera para zánganos no se retira de manera oportuna, funcionando como fuente de reinfestación en la colonia.⁽¹⁰⁾ Otra estrategia que se ha evaluado es la selección de colmenas con alto comportamiento higiénico (Figura 2), ya que se ha reportado un incremento en el volumen de producción de miel en colmenas con un buen comportamiento higiénico, aunque los niveles de infección por parte de la varroa no difieren en relación con colmenas con bajo comportamiento higiénico.^(21,22)

FIGURA 2

COMPORTAMIENTO HIGIÉNICO DE COLMENAS CON POTENCIAL PARA SU SELECCIÓN Y USO PARA LA GENERACIÓN DE NUEVAS COLMENAS



La abeja obrera elimina abejas muertas (a), abejas débiles (b) y residuos de cera o cualquier otro material contaminante fuera de la colmena (c), además, mantiene sin opercular y elimina larvas enfermas (d).

Escarabajo de la colmena (*Aethina tumida*)

El escarabajo de las colmenas es un insecto carroñero de las abejas melíferas que se clasifica dentro del orden Coleóptera y familia Nitidulidae. Su ciclo de vida está formado por los estadios de huevecillo, larva, pupa y adulto. Las larvas y adultos del escarabajo se alimentan de la cría, polen y miel en las colmenas infestadas. Así que los efectos de su ataque se pueden observar por la rápida disminución de la población provocada por la muerte de las crías, por la fermentación de la miel y destrucción de la colmena. Varios autores mencionan que la severidad del daño por el ácaro depende de las condiciones ambientales, fortaleza de la colmena e incluso comportamiento higiénico de las abejas.^(1,23) En México se ha reportado que el escarabajo de las colmenas está distribuido en ocho estados del país (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Guanajuato, Michoacán, Quintana Roo y Yucatán) siendo el primer reporte de su presencia en Coahuila en el año 2007.⁽¹⁾

El insecto se caracteriza porque su cuerpo es pequeño (5 mm de largo), de forma ovalada, su coloración es café a negro, los huevecillos blancos y se depositan en masas en pequeñas cavidades dentro de la colmena; las larvas salen de la colmena y el periodo de pupa ocurre generalmente en el suelo. La duración de este periodo está influenciado por el tipo de suelo y de otros factores.⁽²³⁾ Otros autores reportaron que la temperatura tiene un efecto sobre el éxito y tiempo de la eclosión de los huevecillos, así como en el crecimiento de las larvas del escarabajo, además mencionaron que temperaturas bajas (21 °C) pueden aumentar el tiempo de eclosión (61 h), a diferencia de las

temperaturas más altas (35 °C) que reducen el tiempo de eclosión (22 h). Considerando lo anterior es de esperarse que en las regiones tropicales la población de *A. tumida* sea mayor. Sin embargo, Hernández y colaboradores (2014) reportaron en Estados Unidos porcentajes de infestación mayor en comparación con México.⁽¹⁾ Lo anterior puede explicarse considerando que la temperatura acorta los tiempos de eclosión pero también disminuye el ciclo de vida incrementando la mortalidad de los adultos. Otro estudio reportó que la longevidad del escarabajo de las colmenas es mayor cuando se alimenta con miel, a diferencia cuando únicamente se alimenta de polen o larvas de abeja. Los autores también mencionan que la reproducción del escarabajo, cuando se alimenta sobre fruta, sugiere que es un parásito facultativo.⁽²⁴⁾

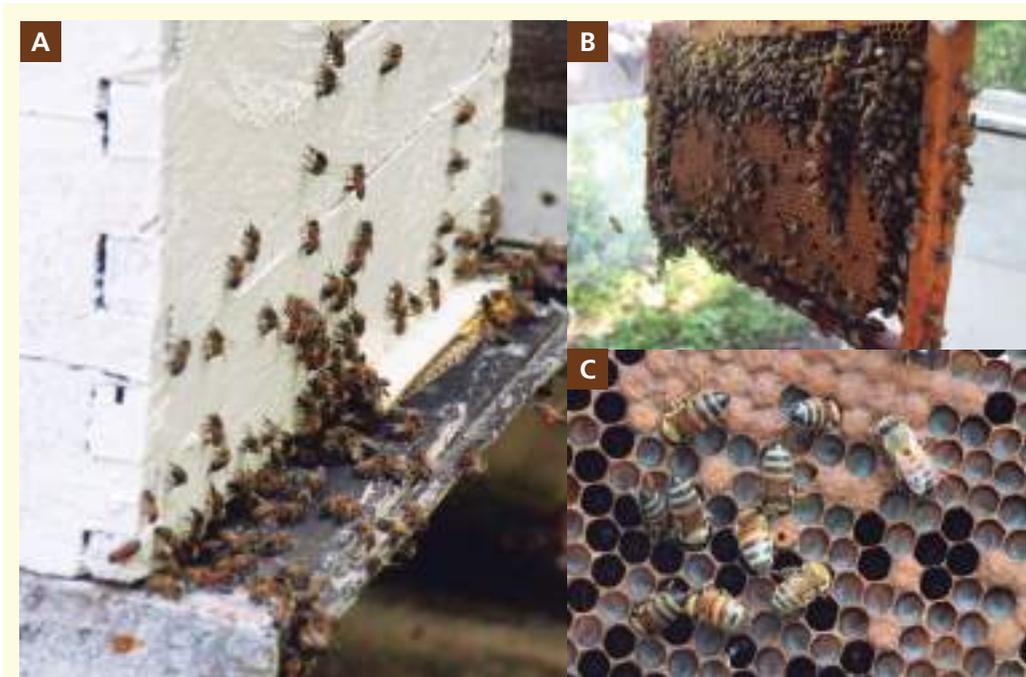
Las estrategias de manejo hasta el momento se limitan a la aplicación de actividades preventivas, por ejemplo se menciona que los restos de panales de cera vieja o cajas de madera antigua se eliminen o mantengan lejos de las colmenas para evitar espacios propicios para el desarrollo del escarabajo. También se recomienda sellar cualquier abertura de la colmena con el objeto de reducir posibles orificios para la entrada del escarabajo adulto. Finalmente, como una estrategia generalizada del manejo de plagas y enfermedades, se recomienda realizar y mantener una vigilancia continua mediante el uso de trampas para detectar la presencia de la plaga al inicio de la infestación⁽²⁵⁾ (Figura 3), ya que estas acciones ayudan a que la colmena resista el ataque de plagas y enfermedades comunes en la región. Des-

afortunadamente, aunque las actividades mencionadas son sencillas de realizar, son pocos los productores que la realizan, lo común es ver apiarios con restos de materiales dentro o alrededor de las colmenas, y el monitoreo de plagas mediante el uso de trampas

es una actividad poco frecuente (Figura 1). Ante esta situación, lo más recomendable es continuar con las campañas de capacitación a los productores y concientizarlos sobre las ventajas del monitoreo y control oportuno de todas y cada una de las plagas.

FIGURA 3

CARACTERÍSTICAS QUE SE OBSERVAN EN UNA COLMENA VIGOROSA Y FUERTE, QUE ES CAPAZ DE TOLERAR EL ATAQUE DE PLAGAS Y ENFERMEDADES



Buena densidad en la población de abejas en la colmena, misma que se observa por la cantidad de abejas que entran y salen de la colmena con o por alimento, (a) la cantidad de larvas en celda cerrada, (b) y abierta, (c) presentes en la cámara de cría de la colmena.

Loque americana (*Paenibacillus larvae*)

Es una enfermedad bacteriana (*Paenibacillus larvae*, anteriormente conocido como *Bacillus larvae*) y contagiosa, que se desarrolla y multiplica en las larvas, pupas, obreras, zánganos y reinas; puede presentarse todo el año y cuando afecta más de 100 crías por

panal y sin manejo existen altas probabilidades de muerte de la colonia. La Loque americana es una de las enfermedades más serias e infecciosas de las colmenas por su alto grado de patogenicidad y virulencia, causa severos daños económicos al sector

apícola en muchos países productores de miel. La bacteria causal se caracteriza por producir endosporas altamente resistentes a temperaturas elevadas y a desinfectantes como el cloro y el yodo. Las esporas pueden sobrevivir en el ambiente por mucho tiempo, lo que dificulta su control en campo. Además, la dispersión de las esporas de la bacteria (*Paenibacillus larvae*) dentro y fuera de la colmena puede realizarse por el ácaro *V. destructor*, así que el manejo de la enfermedad bacteriana puede complicarse por la presencia del ácaro en la colmena.⁽¹⁴⁾

Colmenas afectadas por Loque americana son tratadas con antibióticos entre los cuales sobresale la furazolidona. Este antibiótico pertenece al grupo de los nitrofuranos y se ha demostrado que estas sustancias tienen el potencial de ser carcinogénicas, teratogénicas y mutagénicas, por lo que su uso en alimentos ha sido prohibido en algunos países. Además, se ha demostrado que es posible que cera contaminada pueda pasar a la miel cuando está en contacto de 33 a 100 días a temperaturas de 37 °C, sin embargo, las concentraciones experimentales que se

utilizaron en la cera fueron muy elevadas (52, 70 y 138 g/kg) por lo que los mismos autores mencionan que no es posible asociar la contaminación de furazolidona por la transferencia de la cera a la miel.

Por otro lado, en otro estudio se evaluó la efectividad de cuatro bactericidas (tilosina, tilmicosina, lincomicina y clorhidrato de oxitetraciclina) para el control de seis cepas de la bacteria causal de Loque americana, los resultados mostraron que la oxitetraciclina y tilosina presentaron un mayor efecto bactericida, mientras que la tilmicosina y lincomicina tuvieron un mayor efecto bacteriostático.⁽²⁶⁾ En otro estudio, se reportó que el tartrato de tilosina, administrado en tiras de papel, fue efectivo para el control de Loque americana, en dosis de 1000 y 1200 mg, por lo que se sugiere su uso como una alternativa a la tetraciclina para el manejo de la enfermedad.⁽²⁷⁾ Otra estrategia que se ha utilizado es el uso combinado de aceites esenciales como canela y tomillo junto con timol, esta estrategia representa una opción biológica para el control de la enfermedad sin riesgo de contaminación de la miel.⁽²⁸⁾

Loque europea (*Melissococcus plutonius*)

Es una enfermedad bacteriana (*M. plutonius*, anteriormente *M. pluton*) y contagiosa que afecta a las larvas de obreras, zánganos y reinas; puede presentarse al momento de cambios estacionales y es recurrente debido a que las colonias de las abejas aparentemente no muestran síntomas en una temporada y en las siguientes se muestran enfermas, dependiendo del medio ambiente y atacando principalmente en primavera o principios de verano y ocasionalmente en otoño.⁽²⁹⁾ Al respecto, Belloy y colabo-

radores⁽²⁹⁾ determinaron la presencia de hasta 90% de *M. plutonius* a partir de colonias asintomáticas, pero localizadas en apiarios con síntomas de Loque europea. Mientras que sólo 30% de las colmenas sin síntomas de Loque europea resultaron positivos, cuando fueron colectados en apiarios asintomáticos pero cercanos a apiarios sintomáticos. Estos resultados sugieren que la incidencia real de Loque europea en apiarios con colmenas sintomáticas es mayor del que aparentemente se observa. Así que

las estrategias de manejo de la enfermedad, cuyo diagnóstico se basa únicamente en la sintomatología, deberían considerar este aspecto.

Uno de los productos que han sido reportados como efectivos para el tratamiento

de Loque europea es la oxitetraciclina. Sin embargo, cuando adicionalmente a la aplicación de oxitetraciclina se realiza un cambio de cajas, la recurrencia de la enfermedad es de 4.8%, mientras que cuando únicamente se utilizó el tratamiento con el antibiótico la recurrencia ha sido de 21%.⁽³⁰⁾

Nosemosis (*Nosema apis* y *N. ceranae*)

Es una enfermedad provocada por hongos (*N. apis* y *N. ceranae*) microsporidios del género *Nosema*, que afectan el tracto digestivo de las abejas adultas. *N. ceranae* ha sido asociado con un despoblamiento gradual de las colmenas y con síntomas atípicos, a diferencia de *N. apis* cuya estacionalidad es marcada y se presenta con mayor incidencia y porcentaje de infestación en primavera.⁽⁸⁾

La enfermedad se encuentra latente durante todo el año, sobre todo después de encierros prolongados de las abejas dentro de su colmena, debido por ejemplo a lluvias, vientos, nevadas, fríos, etcétera. Entre más largo sea el periodo de encierro, más grave será la manifestación de la enfermedad, motivo por el que se conoce como la enfermedad del colapso o desaparición instantánea de las abejas en algunos países.⁽³¹⁾

La Nosemosis es una de las enfermedades ampliamente distribuida en las abejas, provocando serios problemas en la apicultura debido a que la enfermedad provoca desórdenes digestivos en las abejas, acortando el periodo de vida y disminuyendo el tamaño de la población, por lo que reduce la producción de miel en la colmena.^(8,32) La transmisión de la *Nosema* ocurre a través de la ingesta de las esporas producidas por el hongo y localizadas en la cera, jalea

real y miel contaminada por excretas de abejas infectadas.

N. ceranae ha sido reportado generalmente en las regiones templadas, en donde parece estar desplazando a *N. apis*.⁽³²⁾ Medina Flores y colaboradores determinaron la frecuencia y grado de infección de Nosemosis (*Nosema* spp.) en colonias de abejas (*A. mellifera*) en tres zonas ecológicas del estado de Zacatecas en México: zona semiseca templada, zona semiseca semicálida y zona subhúmeda templada, durante el otoño y la primavera. Sus resultados mostraron una incidencia de *Nosema* spp. en 4.7% de la población analizada en primavera; a diferencia del 86% de incidencia detectada en la zona semiseca semicálida.⁽²¹⁾

El control de *N. apis* y *N. ceranae* se ha reportado con buenos resultados con el antibiótico fumagilina, sin embargo, los riesgos de contaminación de la miel son altas, así que su uso ha sido prohibido en la Unión Europea.⁽³²⁾ Por otro lado, el cambio de cera vieja por nueva, así como la aplicación de ácido acético en equipo contaminado ha sido utilizado como un medio para reducir la transmisión de la enfermedad entre las abejas de una misma colmena y entre colmenas de un mismo apiario, respectivamente. Otros autores han evaluado el uso de metabolitos,

producidos por bacterias de ácido lácticas para el control de *N. ceranae*, con resultados promisorios debido a que no se presentaron daños en la población de abejas, incluso a dosis elevadas, además, se redujo la severidad de la infección del patógeno.⁽³³⁾ Por otra parte, una selección hecha para determinar si la incidencia de Nosemosis tiene un com-

ponente genético, mostró que en la primera generación el número de esporas de Nosema fue menor por abeja en la línea resistente. Aunque los resultados son preliminares, se sugiere la posibilidad de que el mejoramiento genético mediante selección de líneas resistentes es una buena estrategia para el manejo de la enfermedad.⁽³⁴⁾

Cría de cal (*Ascosphaera apis*)

Es una de las enfermedades más extendidas en las áreas apícolas del mundo, el agente causal de la enfermedad es un hongo (*A. apis*), el cual produce esporas que son elementos de resistencia y dispersión, que al ser ingeridas en el alimento por las larvas de la abeja producen la reinfección. Las colmenas infectadas presentan larvas duras de color amarillo marrón, larvas secas momificadas en el piso de la colmena, en la piquera o frente a la colmena. Las colmenas infectadas nunca alcanzan un buen desarrollo poblacional.

Invernizzini (2011)⁽³⁵⁾ reportó una clara asociación entre la presencia de Cría de cal y el bajo comportamiento higiénico de las colonias, lo cual sugiere que la selección de colonias por su comportamiento higiénico

puede ser una buena estrategia de manejo de la enfermedad.⁽³⁵⁾ Por otro lado, Reynaldi y colaboradores⁽³⁶⁾ evaluaron el potencial biocontrol de *Ascosphaera apis* mediante cepas de *Bacillus* y *Paenibacillus* aislados de miel, sus resultados indicaron que tres cepas de *Bacillus* tienen el mayor porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo. En otro estudio se reportó que la cera contaminada con esporas de *A. apis* es una fuente de inóculo para la infección de colmenas sanas, por lo que el manejo y uso de cera libre de esporas de *A. apis* es una estrategia de manejo efectiva.⁽³⁷⁾ La Cría de cal se presenta en los meses de mayor humedad y con temperaturas bajas, lo que explica en parte que colmenas débiles que no pueden mantener la temperatura en el interior de la colmena son más susceptibles a la enfermedad.⁽³⁸⁾

Conclusiones

La consecuencia más importante de los errores que comete el productor durante la cosecha y almacenaje de la miel de *A. mellifera* se encuentra en el alto porcentaje de humedad y contaminación por el uso de pesticidas no recomendados. Por otra parte, los efectos de los principales problemas de plagas y enfermedades que afectan la producción

apícola en la región pueden reducirse a través de acciones preventivas de vigilancia permanente, reforzamiento de las colmenas y un programa de mejoramiento mediante selección de las colmenas con tolerancia al problema, aunque a la fecha no se ha encontrado evidencia en México de un programa de mejoramiento de *A. mellifera*. 

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Hernández, C.A., Barraza, J.L.O., Adame, G.J.A. & López, C.D.G. “Situación actual y perspectivas de distribución, crecimiento y control del pequeño escarabajo de la colmena (*Aethina tumida*) en México”. *Apiciencia* XVI, 40-52 (2014).
- ⁽²⁾Sagarpa. *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel*. 50 (2015).
- ⁽³⁾_____ *Manual de buenas prácticas de manufactura de miel* (2016).
- ⁽⁴⁾Moguel, O.Y.B., Echazarreta, G.C. & Mora, E.R. “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”. *Tec.Pec.Mex* 43, 323-334 (2005).
- ⁽⁵⁾Peña, B.M., Díaz, M.D., Mirta, L.B., Rodríguez, C.G. & Gómez, J.M. Estudio del comportamiento de la humedad en dos tipos de mieles específicas cubanas. 14, 86-97 (2012).
- ⁽⁶⁾Sagarpa. *Manual de patología apícola* (2014).
- ⁽⁷⁾Saldaña, L., Lara, L. & Dorantes, J. *Nuevos manejos en la apicultura para el control del pequeño escarabajo de la colmena Aethina tumida Murray* (2014). doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- ⁽⁸⁾Manzoor, M., Mathivanan, V., Nabi Shah, G., Mir, G. & Selvisab, H. “Nosemosis and its effect on performance of honey bees - a review”. *Int. J. Pharma Bio Sci.* 4, 923-937 (2013).
- ⁽⁹⁾Rosenkranz, P., Aumeier, P. & Ziegelmann, B. “Biology and control of *Varroa destructor*”. *J. Invertebr. Pathol.* 103, S96-S119 (2010).
- ⁽¹⁰⁾Martínez Puc, J.F. & Medina Medina, L.A. “Evaluación de la resistencia del ácaro *Varroa destructor* al fluvialinato en colonias de abejas (*Apis mellifera*) en Yucatán, México”. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 2, 93-99 (2011).
- ⁽¹¹⁾Pérez, R.A. & Hernández, M.M.A. “Relación entre los factores climatológicos (temperatura, precipitaciones y humedad relativa) y los índices de infestación por *Varroa* en abejas”. *Apiciencia. La Rev. Cuba. Cienc. Apícola* 14, 51-64 (2012).
- ⁽¹²⁾Mondet, F. *et al.* “Specific Cues Associated With Honey Bee Social Defence against *Varroa destructor* Infested Brood”. *Nat. Publ. Gr.* 1-8 (2016). doi:10.1038/srep25444.
- ⁽¹³⁾Chemurot, M. *et al.* “Factors influencing the prevalence and infestation levels of *Varroa destructor* in honeybee colonies in two highland agro-ecological zones of Uganda”. *Exp. Appl. Acarol.* 68, 497-508 (2016).
- ⁽¹⁴⁾Alippi, A.M. Transporte de esporas de *Bacillus larvae* por el ácaro *Varroa jacobsoni*. 83-86 (1993).
- ⁽¹⁵⁾Kang, Y., Blanco, K., Davis, T., Wang, Y. & Degrandi-Hoffman, G. “Mathematical Biosciences Disease dynamics of honeybees with *Varroa destructor* as parasite and virus vector”. *Math. Biosci.* 275, 71-92 (2016).

- ⁽¹⁶⁾Lanzelotti, P. “Dinámicas de contaminación de miel y cera en la colmena. Estudio de casos con residuos de nitro-furanos y coumaphos”. *Agro Sur* 35, 28-29 (2007).
- ⁽¹⁷⁾Soria, M., Malacalza, N.H., Mouteira, M.C., Silva, R. & Alessandro, L. “Transferencia de furazolidona de cera a miel”. *Rev. Argentina Prod. Anim.* 27, 83-89 (2007).
- ⁽¹⁸⁾Hillier, N.K., Frost, E.H. & Shutler, D. “Fate of Dermal Applied Miticides Fluvalinate and Amitraz Within Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Bodies”. *J. Econ. Entomol.* 106, 558-565 (2013).
- ⁽¹⁹⁾Crespo, R.J., Crespo, L.R., Viader, S.A. & Guardia-López, A. “Ensayo a campo de la eficacia de acaricidas comerciales para el control de *Varroa destructor* (Acari : varroidae)”. *RLA* 37, 225-230 (2011).
- ⁽²⁰⁾Medellín-Pico, R.A. & Espinosa-Montaño, L.G. “Utilización del timol en gel para el control de *Varroa destructor* en colonias de abejas del altiplano mexicano”. *Apiciencia. La Rev. Cuba. Cienc. Apícola* 65-71 (2007).
- ⁽²¹⁾Medina-Flores, C.A. *et al.* “Frecuencia de varroosis y nosemosis en colonias de abejas melíferas (*Apis mellifera*) en el estado de Zacatecas, México”. *Rev. Chapingo, Ser. Ciencias For. y del Ambient.* 20, 159-167 (2014).
- ⁽²²⁾Martínez, P.J.F., Medina, L.A.M. & Ventura, G.A.C. “Frecuencia de *Varroa destructor*, *Nosema apis* y *Acarapis woodi* en colonias manejadas y enjambres silvestres de abejas (*Apis mellifera*) en Mérida, Yucatán, México”. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 2, 25-38 (2011).
- ⁽²³⁾Meikle, W.G. & Patt, J.M. “The Effects of Temperature, Diet, and Other Factors on Development, Survivorship, and Oviposition of *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae). *J. Econ. Entomol* 104, 753-763 (2011).
- ⁽²⁴⁾Ellis, J.D., Neumann, P., Hepburn, R. & Elzen, P.J. “Longevity and Reproductive Success of *Aethina tumida* (Coleoptera: Nitidulidae) Fed Different Natural Diets”. *J. Econ. Entomol.* 95, 902-907 (2002).
- ⁽²⁵⁾Neumann, P. *et al.* “Métodos estándar para la investigación del pequeño escarabajo de las colmenas”. *J. Apic. Res.* II (2013).
- ⁽²⁶⁾Reynaldi, F., Rule, R., Arauz, S. & Alippi, A. “Sensibilidad *in vitro* de *Paenibacillus larvae* frente a los antibióticos oxitetraciclina, tilosina, tilmicosina y lincomicina”. *Analecta Vet.* 30, 25-29 (2010).
- ⁽²⁷⁾Reynaldi, F.J., Albo, G.N., Alippi, A.M. & De Giusti, M.R.” Determinación de la dosis óptima de tartrato de tilosina para el control a campo de la Loque americana de las abejas”. *Analecta Vet.* 119, 24-30 (2009).
- ⁽²⁸⁾Fuselli, S.R., García De La Rosa, S.B., Gende, L.B., Eguaras, M.J. & Fritz, R. “Inhibition of *Paenibacillus larvae* employing a mixture of essential oils and thymol”. *Rev. Argent. Microbiol.* 38, 89-92 (2006).
- ⁽²⁹⁾Belloy, L. *et al.* “Spatial distribution of *Melissococcus plutonius* in adult honey bees collected from apiaries and colonies with and without symptoms of European foulbrood”. *Apidologie* 38, 136-140 (2007).

- ⁽³⁰⁾Waite, R.J., Brown, M.A., Thompson, H.M. & Medwin, B.H. “Controlling European foulbrood with the shook swarm method and oxytetracycline in the UK”. *Apidologie* 34, 569-575 (2003).
- ⁽³¹⁾Paxton, R. “Does infection by *Nosema ceranae* cause «Colony Collapse Disorder» in honey bees (*Apis mellifera*)?” *J. Apic. Res.* 49, 80 (2010).
- ⁽³²⁾Botías, C., Martín-Hernández, R., Meana, A. & Higes, M. “Screening alternative therapies to control Nosemosis type C in honey bee (*Apis mellifera iberiensis*) colonies”. *Res. Vet. Sci.* 95, 1041-1045 (2013).
- ⁽³³⁾Maggi, M. *et al.* “Effects of the organic acids produced by a lactic acid bacterium in *Apis mellifera* colony development, *Nosema ceranae* control and fumagillin efficiency”. *Vet. Microbiol.* 167, 474-483 (2013).
- ⁽³⁴⁾Mendoza, Y., Santos, E., Antunez, K. & Invernizzi, C. “Selección bidireccional de *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) para aumento de la resistencia y la susceptibilidad a la nósemosis”. *Rev. la Soc. Entomológica Argentina* 73, 65-69 (2014).
- ⁽³⁵⁾Invernizzi, C. “Resistencia a la enfermedad de cría yesificada por colonias de *Apis mellifera* con eficiente comportamiento higiénico (Hymenoptera, Apidae)”. *Iberingia. Série Zool.* 108-114 (2001). doi:10.1590/S0073-47212001000200016
- ⁽³⁶⁾Reynaldi, F.J., De Giusti, M.R. & Alippi, A.M. “Inhibition of the growth of *Ascosphaera apis* by Bacillus and Paenibacillus strains isolated from honey”. *Rev. Argent. Microbiol.* 36, 52-55 (2004).
- ⁽³⁷⁾Flores, J.M., Spivak, M. & Gutiérrez, I. “Spores of *Ascosphaera apis* contained in wax foundation can infect honeybee brood”. *Vet. Microbiol.* 108, 141-144 (2005).
- ⁽³⁸⁾Flores, J.M. *et al.* “Effect of temperature and humidity of sealed brood on chalkbrood development under controlled conditions”. *Apidologie* 27, 185-192 (1996).



Capítulo IV

Características fisicoquímicas, sensoriales y técnicas analíticas en la calidad de la miel

Pacheco-López Neith,^a Ayora-Talavera Teresa del R,^a
García-Cruz Norberto,^b González-Flores Tania,^a
Patrón-Vázquez Jesús,^a Sánchez-Contreras Ángeles,^a
Ramos-Díaz Ana^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Unidad Sureste

^b Centro de Investigación y Estudios Avanzados
del Instituto Politécnico Nacional Cinvestav.
Departamento de Recursos del Mar, Yucatán, México

Información: npacheco@ciatej.mx

Palabras clave:
sensorial, calidad, sentidos

Resumen

La aceptación de un producto alimenticio depende en gran manera de sus características de calidad, lo cual se refiere al conjunto de propiedades inherentes al alimento que nos permiten caracterizarlo y valorarlo con respecto del resto de los demás, haciéndolo atractivo para el cliente, además de marcar la pauta para la continuidad de su adquisición. Dentro de los principales atractivos de la miel se encuentran las características fisicoquímicas y sensoriales, estas últimas hacen referencia a las propiedades olfativas y gustativas, además de otras particularidades que no son identificables por separado pero que le dan en conjunto ese toque especial. Los aromas y sabores de la miel se derivan de una amplia variedad de flores utilizadas por las abejas y que dependiendo del origen geográfico y estacionalidad pueden producir notas ácidas, amargas o dulces, que al combinarlo con los colores nos dan tonalidades y sabores que proporcionan mieles únicas. México es un país que posee una inmensa biodiversidad, la cual se ve reflejada en la cantidad de mieles alrededor del país, como las mieles uniflorales de Tahonal y Dzidzilché provenientes de la península de Yucatán, sin embargo, es poca la información referente a sus características organolépticas y funcionales, parámetros de calidad que nos permitirían proporcionarle un valor agregado a tan importante producto.

Introducción

Las propiedades organolépticas de la miel se definen como todas aquellas características que pueden ser percibidas por los sentidos, como el sabor, olor, textura, color y que les confieren en gran medida su calidad, además de guardar una estrecha relación con las características fisicoquí-

micas y la posible percepción de defectos como adulteraciones presentes en los productos. La evaluación sensorial es innata en el ser humano ya que desde el momento que se prueba algún producto se hace un juicio acerca de él, si le gusta o disgusta, describe y reconoce sus características de

sabor, color, olor y textura. Es por eso que el análisis sensorial de la miel representa un instrumento eficaz para el control de calidad y la aceptabilidad de la misma, pues en los sabores, aromas, texturas y colores se reflejan la higiene, inocuidad y calidad del producto.

La miel fue sensorialmente analizada por primera vez en Francia usando técnicas tradicionales en 1979 por un grupo de investigadores pertenecientes al equipo de Gonnet y Vache, posteriormente en Italia le tomaron principal entusiasmo a dicho estudio dedicando sus esfuerzos hacia el entrenamiento de jueces y lograron el establecimiento de terminología homogeneizada, tipos de evaluaciones y métodos.⁽¹⁾

La evaluación sensorial nos permite distinguir aspectos como el origen botánico de la miel, así como identificar y cuantificar algunos defectos como: fermentación, impurezas, olores no deseados y sabores extraños. Además, juega un papel muy importante

para estandarizar productos y relacionarlos con un parámetro establecido, principalmente es una parte esencial para los estudios de preferencias del consumidor.

Si bien la herramienta básica o principal para llevar a cabo el análisis sensorial de la miel son las personas, algunas de las características pueden ser determinadas mediante análisis de laboratorio.⁽¹⁾ Así mismo, los avances de la tecnología nos permiten tener instrumentos que logran identificar una gran variedad de compuestos responsables de aromas y sabores con tal precisión que podamos identificar y clasificar los productos con base en características específicas.

El presente capítulo tiene como principal interés presentar las características fisicoquímicas y sensoriales que repercuten en la calidad de la miel, considerando parámetros de adulteración y métodos de análisis, así como las técnicas instrumentales que permiten determinar los aromas característicos que las hacen únicas.

Características fisicoquímicas de la miel que afectan la calidad sensorial

La calidad de la miel varía según el origen botánico, la manipulación, el transporte y el almacenamiento que se le dé. En diversos trabajos se han evaluado las características fisicoquímicas, como parámetros cuantitativos asociados con la calidad de la miel y con sus diferentes orígenes geográficos, su sabor y aroma característicos. Con base en el conocimiento de estos parámetros, se ha regulado la calidad de la miel internacionalmente para su comercialización. El *Codex*

alimentario divide en dos sectores la aplicación de la norma a la miel, distinguiendo la miel para consumo directo de la que se emplea para usos industriales (o como ingrediente en otros alimentos). Sin embargo, en todos los casos, la miel vendida en México, para consumo directo como tal o para industrialización, posee características nutricionales que la hacen única. En la Tabla 1 se resumen sus componentes nutricionales promedio.⁽²⁾

TABLA 1

COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL PROMEDIO DE LA MIEL DE ABEJA *APIS MELLIFERA*

Nutriente	Cantidad promedio en 100 g
Agua	17.1 g
Carbohidratos (totales)	82.4 g
Fructosa	38.5 g
Glucosa	31.0 g
Maltosa	7.20 g
Sucrosa	1.50 g
Proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales	0.50 g
Energía	304 Kcal
Grasas (lípidos)	0.0 g
Colesterol	0.0 g
Vitaminas	
Tiamina	< 0.00 mg
Riboflavina	< 0.06 mg
Niacina	< 0.36 mg
Ácido pantoténico	< 0.11 mg
Piridoxina (B6)	< 0.32 mg
Ácido ascórbico	2.2 - 2.4 mg
Minerales	
Calcio	4.4 - 9.20 mg
Cobre	0.003 - 0.10 mg
Fierro	0.06 - 1.5 mg
Magnesio	1.2 - 3.50 mg
Manganeso	0.02 - 0.4 mg
Fósforo	1.9 - 6.30 mg
Potasio	13.2 - 16.8 mg
Sodio	0.0 - 7.6 mg
Zinc	0.03 - 0.4 mg

Fuente: *Revista del Consumidor* Núm. 287, enero 2001.⁽²⁾

Se sabe que para preservar esta calidad la miel no deberá ser añadida de ningún ingrediente o aditivo alimentario con fines de preservación. También la norma mexicana específica que la miel no se debe calentar o procesar mediante tratamientos químicos o bioquímicos, debido a que esto altera significativamente su composición de tal manera que su sabor, color y aroma cambian sustancialmente deteriorando su calidad. Es por ello que las normas nacionales, basadas en las dictadas internacionalmente, establecen los límites fisicoquímicos permisibles, que garantizan su calidad y que se deben cumplir para su comercialización (Tabla 2).⁽³⁾

Dentro de los parámetros fisicoquímicos que más se relacionan con su calidad sensorial encontramos el contenido de azúcares, la re-

lación sacarosa/glucosa, la humedad, grados brix (Brix^o), cenizas, acidez, Hidroximetilfurfural (HMF) y actividad de Diatasa (AD). Sin embargo, otros componentes como vitaminas, minerales, polifenoles y flavonoides, también contribuyen significativamente, añadiendo valor a parámetros sensoriales muy apreciados como su sabor y textura. Con la caracterización de mieles de diferentes regiones se ha podido establecer que estos últimos compuestos pueden considerarse como características distintivas de las mieles para determinar su origen botánico y geográfico, en conjunto con otras evaluaciones que determinan su origen floral por medio de melisopalinología.^(4,5) Por ello, dado su variabilidad, éstos no se consideran dentro de los análisis requeridos por norma para verificación de calidad.⁽³⁾

TABLA 2
ESPECIFICACIONES FISICOQUÍMICAS DE LA MIEL DE ABEJA

Especificaciones/Unidades	Mínimos	Máximos
Contenido de azúcares reductores % (g/100 g) de azúcar invertido	63.88	-
Sacarosa % (g/100 g)	-	5.00
Glucosa % (g/100 g)	-	38.00
Humedad% (g/100 g)	-	20.00
Sólidos insolubles en agua % (g/100 g)	-	0.30
Cenizas % (g/100 g)	-	0.60
Acidez expresada como miliequivalentes de ácido/kg	-	40.00
Hidroximetilfurfural expresado en mg/kg de más de 6 meses	-	80.00
Hidroximetilfurfural expresado en mg/kg de menos de 6 meses	-	40.00
Índice de diatasa unidades Schade	-	8.00

Fuente: NMX-F-036-98 Norma Mexicana de miel de abeja y especificaciones.⁽³⁾

En esta sección nos enfocamos a aquellos parámetros fisicoquímicos que se evalúan comúnmente para certificar la frescura y calidad de la miel, haciendo énfasis en cómo pequeños cambios en estos parámetros afectan significativamente en su calidad sensorial.

Características fisicoquímicas relacionadas con la madurez de la miel y que afectan el dulzor:⁽⁶⁾

- a) Azúcares reductores (calculados como azúcar invertido): en la miel proveniente del néctar de flores se establece como mínimo 65%, mientras que en la miel de mielada y su mezcla con miel de flores debe ser de mínimo 60%. La variación en estos contenidos de azúcares puede deberse a adulteraciones, así como al tipo de alimentación que recibe la colmena o a su cosecha prematura.
- b) Sacarosa aparente: la miel de flores debe poseer un máximo de 5%, mientras que las de mielato puede alcanzar hasta 10%.
- c) Relación fructosa/glucosa: este es un parámetro que define adulteraciones ya que en miel natural esta relación no debe ser mayor o igual que 1.
- d) Humedad: entre 19 y 20% en la miel de *Apis mellifera*. La recolección de la miel con alta humedad o la posterior adición de agua a la miel puede resultar en la fermentación de la miel y el deterioro (ver cuestiones

de autenticidad). El deterioro de la miel puede ser probado por un recuento de levadura microscópica, mediante la medición de glicerol o etanol.

Otras características fisicoquímicas relacionadas con el contenido de iones y que afectan el sabor característico debido a diferentes orígenes geográficos y florales son la conductividad, acidez y pH:^(7,8)

- a) Conductividad eléctrica: en las mieles maduras el límite general máximo de 0.8 mS/cm. Este valor se ha correlacionado con la acidez y pH de mieles en diferentes regiones.
- b) Acidez libre: En el *Codex alimentario* se establece para la miel que la acidez libre debe ser de no más de 50 miliequivalentes de ácido por kg de miel.
- c) pH: Otro parámetro importante es el valor de pH. Éste influye en la textura de la miel, la estabilidad y la vida útil. En general, todas las mieles tienen un carácter ácido. Sus valores de pH varían desde 3,6 hasta 4,6. Un pH bajo de la miel inhibe el crecimiento y la proliferación de microorganismos.

Estos últimos tres parámetros están intensamente relacionados con otros dos: el contenido de HMF y la actividad de diastasa. En las muestras de miel todos los parámetros contribuyen significativamente a la variación en el sabor y preservación del producto. Sin embargo, son estos dos últimos los que se relación más frecuente-

mente con la frescura y adecuado manejo del producto.^(7,8)

- a) Contenido de hidroximetilfurfural. En la miel fresca se debe contener no más de 40 mg / kg. Sin embargo, se acepta en el caso de la miel proveniente de países o regiones con temperaturas ambientes tropicales, que el contenido de HMF no sea más de 80 mg / kg.
- b) Actividad de diastasa: La actividad de la diastasa de la miel, determinada después de su recolección y acopio, en general, debe ser de no menos de 8 unidades Schade y, en el caso de mieles almacenadas a temperaturas altas puede bajar a no menos de 3 unidades Schade. Algunas mieles, con orígenes específicos como los cítricos, acacia, romero, tienen bajos niveles de la enzima diastasa de forma natural y esto debe tenerse en cuenta al interpretar los resultados.⁽⁷⁾

Algunos métodos para la determinación de frescura están basados en determinaciones enzimáticas que son rápidas y de bajo costo. También resulta importante mencionar que en algunas ocasiones la pérdida parcial o completa de actividad enzimática es el resultado de un sobrecalentamiento del producto, en todos los casos de mal manejo térmico se establece que el contenido de HMF es muy alto y actividad de diastasa muy baja, reflejando una falta de cuidado a lo largo del proceso de producción y de almacenamiento, tal como una exposición al sol, un mal almacenaje o un transporte deficiente, como sugiere un estudio en Yu-

catán, México,⁽⁹⁾ o bien, por el efecto de la dilución con algún agente adulterante.

La determinación de otros constituyentes menores de miel, como las mieles monoflorales, difieren en cierta medida en su contenido de aminoácidos y oligoelementos. En particular, la combinación de los diferentes métodos quimiométricos podría ser un enfoque prometedor para demostrar autenticidad, especialmente cuando se aplicaron técnicas de evaluación de datos estadísticos modernos, considerando algunos métodos adecuados basados en el análisis de componentes específicos o en el análisis de varios componentes. En su mayoría, tales métodos dan indicios de su origen botánico, investigan patrones de flavonoides, distribución de polen, compuestos de aroma y marcador especial. Hay algunos otros perfiles de los componentes que probablemente podrían ser utilizados para la detección de la procedencia geográfica (por ejemplo, oligosacáridos, aminoácidos y oligoelementos).⁽¹⁰⁾

Sin duda los parámetros más adecuados discriminantes para mieles de distinto origen geográfico son aquellos que describen los patrones de pH y conductividad eléctrica con los cambios de concentración de la miel, pero debido a que los compuestos presentes en la miel pueden sufrir degradación formando otros metabolitos y que largos periodos de almacenamiento y calefacción favorecen la degradación de la miel, la prioridad para garantizar la reducción y reacciones de oxidación ocurren en miel después de la cosecha con la inminente degradación, causando cambios en la composición química, color y sabor de la miel. El *Codex alimentario* se limita a indicar estos parámetros como esenciales.⁽¹¹⁾

Características sensoriales que afectan la calidad de la miel

Color

El color en las mieles líquidas varía de clara o amarilla pálida a ámbar y oscura; la mayor importancia del aspecto del color de la miel radica en su valor en el mercado y el uso que se le va a dar; después de la determinación de calidad fisicoquímica, el color es el factor individual más importante que afecta el costo de la miel en el mercado.

El color de la miel es comúnmente medido en milímetros de la escala estadounidense Pfund (Figura 1) que a su vez presentan un nombre definido de color y pueden ser convertidos a densidad óptica como se menciona en la Tabla 3.⁽¹²⁾ En la Figura 2 se muestra un ejemplo de determinación de color utilizando la presente técnica.

FIGURA 1

COLORES DE LA MIEL DE ACUERDO A LA ESCALA AMERICANA PFUND⁽¹²⁾

0 mm	Blanco agua	8 mm
8 mm	Extra blanco	17 mm
17 mm	Blanco	34 mm
34 mm	Ámbar extra claro	50 mm
50 mm	Ámbar claro	85 mm
85 mm	Ámbar	114 mm
114 mm	Ámbar oscuro	140 mm

TABLA 3

CLASIFICACIÓN DE COLORES DE LA MIEL DE ACUERDO CON LA ESCALA PFUND Y SU CONVERSIÓN A DENSIDAD ÓPTICA

Colores de la miel		
Nombre del color	Escala de Pfund en milímetros	Densidad óptica
Blanco agua	< 9	0.0945
Extra blanco	9 - 17	0.189
Blanco	18 - 34	0.378
Ámbar extra claro	35 - 50	0.595

Continuación...

Colores de la miel		
Nombre del color	Escala de Pfund en milímetros	Densidad óptica
Ámbar claro	51 - 85	1.389
Ámbar	86 - 114	3.008
Ámbar oscuro	>114	-

modificada de⁽¹²⁾

El color de la miel está estrechamente ligada a la fuente floral, exposición al calor y al periodo de tiempo que ésta ha sido almacenada. Cuando la miel se vuelve granulosa, el color se aligera, lo cual depende de la composición y del color inicial, generalmente se pone oscura cuando es almacenada a temperaturas altas. La determinación de color de la miel puede utilizarse para su clasificación en mieles uniflorales, comúnmente se relaciona el color ligero a un sabor ligero, mientras que sabores fuertes se relacionan a tonos más oscuros; las mieles más aceptadas son las ligeras, sin embargo, en países como Alemania, Austria y Suiza las mieles oscuras son las más apreciadas,

ya que se ha reportado que contienen mayor contenido de compuestos polifenólicos y derivados.⁽¹³⁾

Tomando en cuenta como criterio de clasificación el color de la miel, las mieles oscuras son generalmente ricas en contenido de minerales en comparación con las claras, las cuales contienen alrededor de 0.2% de materiales coloidales, mientras que las oscuras tienen aproximadamente 1%. Se considera que el color de la miel se origina principalmente de la presencia de pigmentos (carotenoides, flavonoides, derivados de taninos y polifenoles) que son conocidos por presentar propiedades antioxidantes.⁽¹⁴⁾

Determinación del color

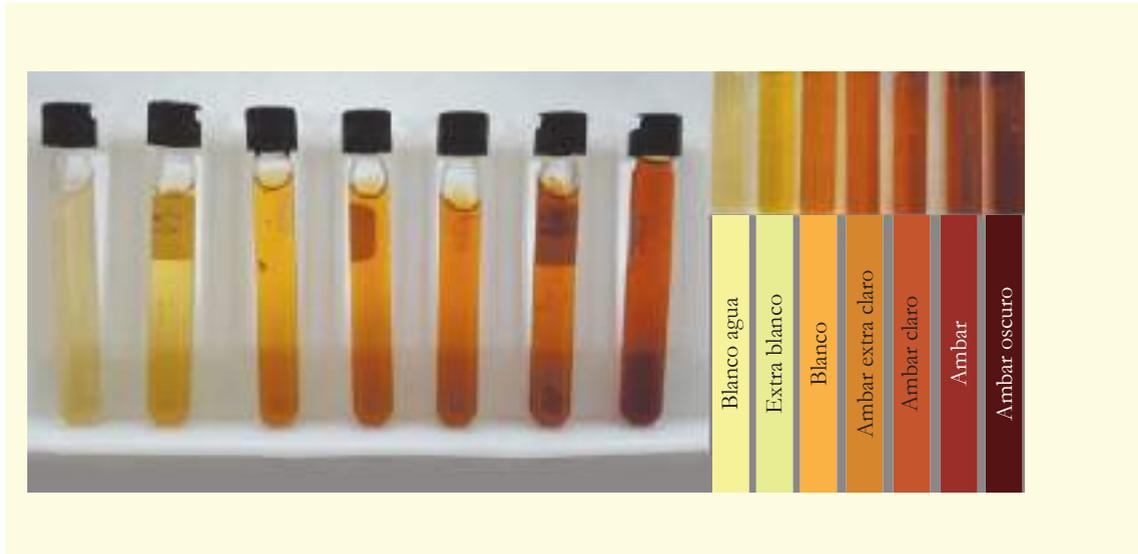
Las técnicas para la determinación del color se han basado en metodologías subjetivas (sensoriales) y objetivas (instrumentales), estas últimas se realizan comúnmente mediante el uso del método CIE $L^*a^*b^*$.⁽¹⁴⁾ Para la realización visual del atributo de color de acuerdo con la norma ISO 5492 (1992), se requiere de aproximadamente 40 g de muestra en un matraz de bola de 160 ml de capacidad a temperatura ambiente, de esta manera es factible identificar:

A) intensidad de color, la cual se refiere al grado de ligereza u oscuridad en el color de la miel cuando se observa en su forma líquida; como referencia puede considerarse como muy ligera cuando el color es muy tenue, y casi incolora o color intenso cuando es casi negra, entre ellos se encuentran valores intermedios con tonos beige. B) tono del color, que se refiere a los diferentes atributos del color de la miel, como el índice hue, la luminiscencia, saturación y fluorescencia. Los

parámetros se establecen como: color normal de la miel, amarillo brillante, blancuzco,

grisáceo, amarillo, rojizo, anaranjado, intermedio, brillante, verde fluorescente.

FIGURA 2
DETERMINACIÓN DE COLOR EN MIELES



Aroma

El aroma es la cualidad de una sustancia que afecta al olfato y se considera que pertenece a los sentidos químicos, puesto que la única manera en la que responde es a través de estímulos. Para poder percibir un olor, las sustancias deben ser volátiles, ya que ellas son transmitidas cuando el aire pasa de la nariz a la cavidad nasal, donde se encuentra el área olfatoria. El gusto es debido a las sensaciones que se perciben en la lengua, también pertenece a los sentidos químicos. Los receptores del sabor involucran a las papilas filiformes. Éstas son las más numerosas, están distribuidas en los dos tercios delanteros de la lengua y por no tener yemas gustativas sólo son importantes en las sensaciones táctiles.

El aroma, junto con el sabor de un alimento, forma lo que llamamos “flavor” que se vuelve característico de cada producto.⁽¹⁵⁾

El flavor convierte a la miel en un producto con características muy especiales que invita al consumidor a degustar nuevamente el producto, por lo que la determinación de este parámetro se vuelve de gran importancia en la calidad sensorial de la miel. Además de los gustos elementales (dulce, ácido, amargo y salado), las principales notas de sabor para el análisis de la miel se agrupan en ocho familias: floral, frutal, vegetal, aromático, químico, animal y cálido que se muestran en la Figura 3, que comprenden atributos como

rial con una estructura molecular cambiante debido a la presencia de compuestos como azúcares, ácidos, proteínas, pequeñas cantidades de minerales, pigmentos, compuestos fenólicos y coloides, entre otros. Las propiedades reológicas de la miel son influenciadas por su grado de cristalización y por su viscosidad. La proporción fructosa a glucosa, así como su relación con el contenido de humedad, son los dos factores que determi-

Cristalización de la miel

El contenido de humedad de la miel es un factor importante que contribuye tanto a su estabilidad frente a la fermentación como a la granulación durante el almacenamiento; este parámetro puede verse afectado por las condiciones climáticas, la estación del año y el contenido de humedad del néctar floral libado por la abeja.⁽¹⁸⁾ El contenido de humedad afecta las propiedades físicas de la miel como viscosidad, cristalización y comportamiento reológico, así como otros parámetros como apariencia, color, palatabilidad, sabor, gravedad específica, solubilidad, conservación y en gran medida, su valor comercial.

Los monosacáridos representan aproximadamente el 75% de los azúcares encontrados en la miel, junto con un 10-15% de disacáridos y pequeñas cantidades de otros azúcares. Estos azúcares son responsables de las propiedades de la miel, entre las que se pueden mencionar su alto valor energético, su viscosidad, higroscopicidad y granulación.⁽¹⁹⁾ La concentración de fructosa y glucosa, así como la proporción entre ellas, generalmente es utilizada como indicadores para la clasificación de las mieles monoflorales.⁽²⁰⁾ La fructosa es el azúcar que se encuentra en mayor proporción en la mayoría de los tipos de

nan las tasas de cristalización de la miel y, en consecuencia, también son responsables directos de la mayor parte de las propiedades reológicas de las mieles.^(16,17) El conocimiento de la reología de la miel es necesario en su procesamiento, almacenamiento, manejo y transportación, y desempeña un papel muy importante en la transferencia de calor del fluido y en las características sensoriales de este endulzante.

miel, excepto en algunas mieles como la de canola (*Brassica napus*) y la de diente de león (*Taraxacum officinale*), en las que la fracción de glucosa es mayor que la de fructosa y, por lo tanto, estas mieles presentan una cristalización muy rápida pues los primeros cristales se observan inmediatamente después de la cosecha.^(20,21)

Con el paso del tiempo, la miel líquida tiende a cristalizar, pues la miel es una solución supersaturada de glucosa y este azúcar puede precipitar espontáneamente en forma de monohidrato de glucosa. La cristalización de la miel puede ser un gran problema durante el procesamiento debido a que afecta el flujo de la miel durante la extracción, bombeo, sedimentación, filtración, mezclado y envasado. En el procesamiento industrial, la miel cristalizada es calentada para romper los cristales formados y este proceso induce la formación de hidroximetilfurfural (HMF), que es el principal indicador de que la miel ha perdido su frescura y de exposición al calor, lo que disminuye la calidad de este edulcorante.⁽⁷⁾

El tiempo requerido para que la miel cristalice depende principalmente de la proporción

fructosa a glucosa (F/G), pues un alto contenido de glucosa tiene un fuerte efecto en el incremento de la tasa de cristalización: durante la cristalización, la glucosa empieza a cristalizar primero, mientras que la fructosa tiene una solubilidad más alta y permanece en solución durante mayor tiempo. Las muestras de miel que no cristalizan por un periodo largo de tiempo tienen proporciones F/G mayores a 1.33, y si la proporción es menor a 1.11, la miel cristaliza rápidamente. La tasa a la cual se da la cristalización de la glucosa también depende del equilibrio glucosa/agua (G/A), la cristalización lenta se da en mieles con proporciones G/A menores de 1.7, y cuando esta relación es mayor a 2.0 el fenómeno es rápido y completo.^(21,22) Los cinco grupos hidroxilo de la glucosas interactúan con las moléculas de agua, y después de la cristalización la glucosa se encuentra como monohidrato de glucosa y cada molécula de glucosa se une a una sola molécula de agua; por otro lado, la cristalización de la glucosa libera agua, con lo que la actividad de agua

se ve incrementada y se fija menos agua en el estado cristalizado.⁽²³⁾

También se tienen otros factores en la miel, como la presencia de azúcares distintos a la glucosa y fructosa, los granos de polen, las burbujas de aire y pequeñas partículas que pueden actuar como semilla para la formación de los cristales, contribuyendo de esta forma a la cristalización de la miel y a sus características reológicas.⁽²⁴⁾

El proceso de cristalización generalmente es indeseable y debe evitarse o retardarse lo más que sea posible, ya que el producto puede adquirir características de un semi-lido opaco que disminuyen la aceptabilidad de los consumidores.^(16,25) Sin embargo, una cristalización controlada puede utilizarse para producir una miel cremosa, que se caracteriza por tener un número elevado de pequeños cristales que no se perciben en el paladar.⁽²¹⁾ En la Figura 4 se muestra un ejemplo de miel cristalizada.

FIGURA 4

MIEL CRISTALIZADA



Fuente (http://articulo.mercadolibre.com.ar/MLA-616996343-miel-pura-en-tambor-_JM).

Viscosidad

Otro factor importante para los atributos de calidad y en el procesamiento de la miel es la viscosidad, que está influenciada por la temperatura y el contenido de humedad, así como por la presencia de cristales y de coloides.^(16,22) La viscosidad de la miel afecta las interacciones con y dentro del microambiente, el transporte de materiales, así como la experiencia del consumidor, pues la viscosidad afecta los atributos sensoriales de la miel y la aceptabilidad de los consumidores.⁽²⁴⁾ También se observa un incremento en la viscosidad de la miel con el tiempo y puede estar relacionado con la formación de la estructura cristalina en las mieles; por ejemplo, se ha reportado que después de 84 días de almacenaje las mieles poliflorales aún pueden seguir fluyendo pues tienen una viscosidad de 1,100 Pa.s.⁽²³⁾

Las variedades de mieles más fluidas presentan un comportamiento Newtoniano y su viscosidad depende fuertemente de la temperatura,⁽²⁶⁻²⁸⁾ sin embargo, también se han reportado mieles con comportamiento no-Newtoniano, que puede ser ocasionado por la presencia de cristales de azúcar o por compuestos con alto peso molecular

Adulteración

La principal preocupación de los productores para seguir manteniendo la aceptación de la miel en los mercados nacional e internacional es garantizar su autenticidad, dado que es posible la práctica de su adulteración o deterioro por su inadecuado manejo y almacenamiento. El alto precio que puede alcanzar la miel en el mercado internacional ha ocasionado un incremento en su adulte-

ración, lo cual tiene un impacto económico significativo. Sin embargo, los parámetros de identidad y calidad de la miel son considerados útiles para detectar estas posibles alteraciones, así como para confirmar las condiciones higiénicas de la manipulación y almacenaje de la miel. Las formas más comunes de adulteración de la miel incluyen la adición de edulcorantes más económicos

como las proteínas y el dextrano.⁽¹⁷⁾ En un estudio realizado con mieles brasileñas, se encontró que todas las mieles presentan un comportamiento Newtoniano a 25 °C y que la viscosidad varía de 6.65 a 0.19 Pa.s, como una función exponencial del contenido de humedad de las muestras. La ausencia del fenómeno no dilatante de tixotropía puede explicarse con la ausencia de macromoléculas y/o partículas en suspensión.^(25,29)

La viscosidad de la miel es dependiente de la temperatura y su relación se describe a través de la ecuación de Arrhenius; este mismo modelo se utiliza para describir el comportamiento de jarabes azucarados y jugos de frutas. La dependencia a la temperatura de la viscosidad es una función logarítmica, es decir, se tiene un gran cambio en la viscosidad a un bajo cambio de temperatura. La viscosidad de la miel (independientemente de su origen botánico) disminuye al incrementarse la temperatura y tal disminución alcanza su máximo a una temperatura de alrededor de 40 °C. En el rango de temperatura de 10 a 40 °C, la viscosidad de la miel disminuye gradualmente de 100 Pa.s a 2 Pa.s.⁽³⁰⁾

como el azúcar de caña, azúcar refinada de remolacha, jarabe de maíz, jarabe de alta fructosa o jarabe de maltosa, así como la alimentación de las abejas con sacarosa.⁽⁷⁾ También se ha reportado la adición de melazas, solución de almidón, agua y glucosa.⁽³¹⁾

Se ha observado un cambio considerable en la viscosidad en muestras de miel adulteradas con más del 50% de una solución saturada

de azúcar. Además, las mieles adulteradas con la adición de diferentes concentraciones de melaza (1, 3, 6, 12, 24%) presentan un comportamiento pseudoplástico.⁽³¹⁾ Generalmente, la viscosidad de la miel disminuye con el contenido de agua, por lo que puede ser utilizada como un parámetro para identificar adulteraciones de la miel por adición de agua; en la Figura 5 se muestran ejemplos de mieles adulteradas.

FIGURA 5

MUESTRAS DE MIELES FERMENTADAS Y ADULTERADAS



Efecto del origen florar en los sabores y aromas

Las abejas recogen néctar y polen de las flores, y otras exudaciones azucaradas de las plantas, las cuales transportan hasta la colmena, donde continúan un proceso hasta obtener miel.⁽³²⁾ Cuando la aportación de néctar y polen proviene principalmente de una especie vegetal, que por espacio y tiempo se encuentra en forma abundante, la miel adquiere características organolépticas de la planta, pudiendo reconocer los aromas y sabores propios de los compuestos volátiles y químicos presentes en el néctar. En el laboratorio podemos identificar la miel producida principalmente a partir de una especie

vegetal, por medio del análisis del contenido polínico de la miel, clasificándola como miel monofloral (o unifloral) cuando más del 45% del polen encontrado pertenece a una especie vegetal, de lo contrario la miel se considera multifloral (o polifloral).⁽³²⁻³⁷⁾

Si consideramos la abundante diversidad florística de México existente en una diversidad de ambientes, con épocas de floración relacionadas con las temporadas climáticas claramente marcadas durante el año en algunas zonas, es entendible que la miel producida en cada región y estación del año tenga carac-

terísticas organolépticas distintivas, dado el origen botánico de las mismas.^(34,38)

En México se reconocen cinco zonas productoras de miel (Figura 6): (a) región sureste (Campeche, Yucatán y Quintana Roo), (b) región norte (Baja California, Baja California Sur, Sonora, Chihuahua, Durango, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León y parte de Tamaulipas y altiplano de San Luis Potosí), (c) región costa del Pacífico (Sinaloa, Nayarit, poniente de Jalisco, Michoacán, Colima, parte de Guerrero y Oaxaca y Chiapas), (d) región del Golfo (Veracruz y parte de Tabasco, Tamaulipas), la región de la huasteca de San Luis Potosí, Hidalgo y Querétaro, y (e) región del altiplano (Tlaxcala, Puebla, México, Morelos, Ciudad de México, Guanajuato, Aguascalientes, la parte oriente de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas y parte poniente de Hidalgo y Querétaro, así como la región media de San Luis Potosí).⁽³⁹⁾ Cada una de

estas zonas posee distintas condiciones edafológicas que favorecen el crecimiento de diversas especies vegetales, con diferente composición de vegetación primaria y secundaria; es por ello que de cada una de estas zonas se pueden destacar mieles monoflorales que son reconocidas nacional e internacionalmente.

A pesar de la gran diversidad de mieles monoflorales producidas en México,^(34,35,40-44) es poca la información referente a sus características organolépticas y funcionales, siendo reconocidas únicamente por los estudios de melisopalinología. En contraste, en las zonas de mayor producción de miel se han realizado estudios de caracterización del color, sabor y aroma, para poder conferirle a la miel monofloral un valor agregado en el mercado internacional; sobre estas últimas, en la Tabla 1 se describen las principales mieles monoflorales producidas en México.

FIGURA 6
REGIONES PRODUCTORAS DE MIEL



Fuente: Modificado de Ochoa y Ortega, 2010.

TABLA 4

PRINCIPALES MIELES MONOFLORALES PRODUCIDAS EN MÉXICO

Nombre	Origen botánico	Características	Referencia
Región de la península de Yucatán			
Chakàah	<i>Bursera simaruba</i>	Color ámbar ligero, con sabor dulce, con un aroma herbal-floral.	42, 45
Tahonal	<i>Viguiera dentata</i>	Color amarillo claro, sabor suave acaramelado, con aroma principalmente herbal.	42, 46
Káncuunúp	<i>Thouinia paucidentata</i>	Tiene un color amarillo-ámbar claro, con sabor y aroma herbal.	35, 45
Dzidzilché	<i>Gymnopodium floribundum</i>	Color ámbar oscuro, con un sabor dulce acaramelado, con aroma floral intenso.	40, 45–47
Pucté	<i>Bucida buceras</i>	Tiene un color ámbar oscuro, ligeramente amargo, un poco medicinal, con aroma a polen.	35
Haábin	<i>Psidium piscipula</i>	Miel color ámbar de ligero a ámbar oscuro. Tiene un sabor acaramelado, dulce, con ligera acidez y ligeramente picante. Con aroma ligeramente floral y a caramelo.	45
Tsalam	<i>Lysiloma latisiliquum</i>	Miel clara, de color blanco a ámbar extraligero. Sabor fuerte a caramelo.	45
Box káatsim	<i>Acacia gaumeri</i>	Su color varía de ámbar extraligero a ámbar ligero. Tiene un sabor y aroma dulce y un toque herbal.	45
Sak káatsim	<i>Mimosa bahamensis</i>	Miel amarilla clara transparente, categoría blanca a ámbar ligero, con olor herbal, sabor dulce, ácido y ligeramente fermentado.	45

Continuación...

Nombre	Origen botánico	Características	Referencia
Región Norte			
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	La miel es de color amarillo claro a blanco, rica en polen, aroma floral, con cristalización lenta, suave y fina. Es originaria del estado de Hidalgo, pero también puede encontrarse en las regiones del Golfo.	48, 49, 50
Región Costa de Pacifico			
Encino	<i>Quercus</i> sp	Caracterizadas por un color ámbar rojizo, con sabor ahumado.	44, 34
Región del Golfo			
Flor de azahar de naranjo	<i>Citrus sinensis</i>	Color ámbar claro. Contiene la esencia de las naranjas, se cristaliza rápidamente, sabor ligeramente ácido, pero muy dulce, conserva el aroma del azahar de la naranja.	34,51,52
Región del Altiplano			
Acahual (girasol silvestre)	<i>Helianthus annuus</i>	Es una miel de color amarillo claro, de sabor suave y dulce.	51,53
Acetilla manzanilla silvestre	<i>Tagetes lunulata</i> Ortega	Color amarillo claro, con una textura acaramelada, un poco translúcida.	51

Técnicas analíticas para la detección de compuestos aromáticos en la miel

Una de las propiedades organolépticas más importantes de la miel (como se menciona al principio de este capítulo) es su aroma, el cual es muy particular y resulta muy agradable al olfato. Este aroma tan especial

es debido a la compleja mezcla de compuestos aromáticos presentes en el néctar de las flores. El estudio o la detección de estos compuestos es de gran importancia para la industria apícola debido a que el

perfil aromático se puede ver como la huella digital de la miel, ya que brinda información muy importante sobre la fisiología de las abejas, así como las características y calidad de la miel.

La miel consiste en una mezcla bastante compleja de sustancias que incluye aminoácidos, carbohidratos, enzimas activas, flavonoides, compuestos fenólicos y, en menor medida, compuestos orgánicos volátiles (COV). Sin embargo, estos volátiles minoritarios son los principales responsables de proporcionar los aromas y, junto con otros factores, contribuyen con el sabor final de la miel.^(7,54,5) El perfil de aromas es la característica más típica para

evaluar en las cualidades organolépticas de la miel. La contribución de aromas está fuertemente determinada por la fuente floral, las condiciones medioambientales, el almacenaje y la fisiología de las abejas.⁽⁵⁵⁻⁵⁷⁾ Así, cada miel está constituida por una variedad específica de COV que la vuelven verdaderamente diferente a otra, es decir, no existen mieles que tengan la misma composición y concentración de sustancias volátiles. Esto es debido a que en la actualidad y gracias a las nuevas técnicas cromatográficas desarrolladas en las últimas décadas se han detectado alrededor de 600 COV provenientes de diferentes tipos de miel.⁽⁵⁸⁾ En la Tabla 5 se muestran los COV más representativos.

TABLA 5

COMPUESTOS VOLÁTILES ENCONTRADOS EN MIELES DE DIVERSAS ZONAS GEOGRÁFICAS⁽⁵⁸⁻⁶⁰⁾

No	Compuesto	No	Compuesto	No	Compuestos
1	Octano	40	2-decenal	79	Alcohol bencílico
2	Butil acetato	41	Ácido nonanóico	80	4-oxosioforona
3	Furfural	42	Limonen-10-ol	81	Carvacrol
4	Xileno	43	Tridecano	82	β -damascenona
5	Nonano	44	Undecanal	83	<i>trans</i> -sabinenohidrato
6	Heptanal	45	Decanoato de metilo	84	<i>p-sec</i> -butiltolueno
7	Benzaldehído	46	Metil antranilato	85	5,9-dimetil-1-decanol
8	6-metil-5-hepten-2-ona	47	8-hidroxlinalool	86	Isopropil fenilacetato
9	Dehidroxi- <i>trans</i> -linalóxido	48	Ácido decanóico	87	Bencilnitrilo
10	Decano	49	β -damascenona	88	β -felandreno
11	Octanal	50	Tetradecano	89	3-carene-2-ol
12	Dehidroxi- <i>cis</i> -linalool-óxido ^{a,c}	51	Dodecanal	90	5-metilfurfural
13	Cimeno ^a	52	Metil- <i>n</i> -metil-antranilato		
14	Limoneno	53	Geranil acetona		
15	Fenilacetaldehído	54	Pentadecano		
16	<i>trans</i> -furan-linalool-óxido	55	Metil dodecanoato		
17	<i>cis</i> -furan-linalool-óxido	56	Nerolidol		

Continuación...

No	Compuesto	No	Compuesto	No	Compuestos
18	Cimeno	57	Hexadecano		
19	Metil benzoato	58	Heptadecano		
20	Undecano	59	Metil nonanoato		
21	Linalool	60	2-aminoacetofenona		
22	Nonanal	61	3-metil-1-butanol		
23	Hotrienol	62	3-metil-3-buten-1-ol		
24	Feniletil alcohol	63	2-hidroxi-2-pentanona		
25	Metil octanoato ^a	64	2-hidroxii-2-propanona		
26	1,3,8- <i>p</i> -mentatrieno	65	(<i>Z</i>)-linalool óxido		
27	Lilacaldehído (1° isómero)	66	<i>p</i> -anisaldehído		
28	Lilacaldehído (2° isómero)	67	<i>p</i> -cresol		
29	Lilacaldehído (3° isómero)	68	Eugenol		
30	1- <i>p</i> -menten-9-al (1° isómero)	69	Limonil alcohol		
31	1-nonanol	70	2-hidroxiacetofenona		
32	1,8-mentadien-4-ol	71	Ácido pentanoico		
33	Ácido octanoico	72	Ácido fórmico		
34	α -terpineol	73	Pentanal		
35	Dodecano	74	Ácido butanoico		
36	Decanal	75	Hotrienol		
37	1- <i>p</i> -menten-9-al (2° isómero)	76	Verbenona		
38	1- <i>p</i> -menten-9-al (3° isómero)	77	<i>p</i> -etilcumeno		
39	1- <i>p</i> -menten-9-al (4° isómero)	78	<i>p</i> -cimen-7-ol		

De hecho, los compuestos volátiles son utilizados como un marcador químico para identificar el origen botánico, la procedencia geográfica y determinar la autenticidad de la miel.⁽⁶¹⁾ Algunas sustancias ya han sido calificadas como marcadores en mieles de diversas zonas geográficas, por ejemplo el furfuralmercaptano, alcohol bencílico, δ -octalactona, γ -decalactona, eugenol, ácido benzoico, ácido isovalérico, feniletil alcohol y 2-metoxifenol son particularmente importantes para definir a la miel caju de Brasil.⁽⁶²⁾ También se ha suge-

rido que el 1-penten-3-ol sea considerado como un marcador propio de las mieles de origen inglés.⁽⁶³⁾

Para determinar la presencia y composición de sustancias volátiles en la miel se han desarrollado a la par, en las últimas décadas, metodologías de extracción, así como técnicas para su detección y cuantificación en sistemas cromatográficos y no cromatográficos. Tanto las metodologías de extracción como las técnicas de identificación son de gran importancia, ya que el contar con una

buena técnica de extracción garantiza que en la muestra se conserven y permanezcan estables los COV de interés; esto, en combinación con una técnica de detección adecuada ayudará a detectar la mayor cantidad de estos compuestos. En este sentido las técnicas de extracción son de gran importancia debido a que la miel es una matriz muy compleja de compuestos, en donde los compuestos principales son el agua y azúcar,

Técnicas de extracción

Actualmente existen diferentes técnicas de extracción; a continuación se describen las más

Solventes

Entre las técnicas más sencillas por su rapidez está la extracción con *solventes*; esta técnica es utilizada cuando se requieren detectar compuestos que no sean termoes- tables debido a que durante el proceso de extracción no se aplica calor a la mues- tra. Esta metodología se puede utilizar en combinación con columnas de extracción empacadas con algún polímero para mejo- rar la extracción de COV. Algunos autores han reportado que con el uso de ambas técnicas utilizando ciclohexano y dietil-eter como solventes y una columna empacada con Poropak Q han logrado identificar al- rededor de 130 compuestos entre los que

Destilación simultánea

Otra técnica que se ha utilizado es la destila- ción simultánea con vapor, esta metodología también se puede usar en combinación con una preextracción con solventes, como son el diclorometano o la acetona para mejorar los resultados. Para llevar a cabo esta me-

los cuales se tienen que eliminar durante el proceso de extracción de la muestra y a su vez a partir de esta matriz tan compleja ex- traer y conservar de manera adecuada los COV para su posterior análisis. En esta sec- ción se describirá de manera breve algunas de las técnicas que se han desarrollado para la extracción de los COV, así como los equi- pos que se han utilizado para su detección y cuantificación.

reportadas (para una mayor información con- sultar las referencias bibliográficas 56 y 64).

destacan alcoholes, aldehídos, cetonas, este- res, ácidos entre otros.⁽⁶⁴⁾

Una de las desventajas que presenta esta técnica es que los solventes también pue- den disolver compuestos como son algunos compuestos no volátiles los cuales, según se ha reportado, causan problemas de de- tección cuando el extracto se analiza por cromatografía de gases como son la conta- minación del puerto de muestreo; por otra parte, el solvente puede enmascarar algunos aromáticos al tener el mismo tiempo de re- tención, lo que dificultaría la detección de ciertos COV.⁽⁶⁴⁾

todo se requiere de aparatos especiales donde se llevan a cabo la extracción y la des- tilación. Algunos autores han reportado que haciendo pasar N_2 o llevando la reacción al vacío se pueden mejorar los resultados e incluso reducir la presencia de compuestos

derivados del furan. Con esta metodología se han detectado compuestos benzoicos y

fenólicos los cuales en su mayoría provienen de compuestos cítricos.⁽⁶⁴⁾

Análisis por espacio de cabeza

Para llevar a cabo esta metodología se requiere burbujear la muestra con N₂ y con una trampa de temperatura variable se pueden concentrar los compuestos. Gracias a la sensibilidad de esta técnica se ha

podido detectar un amplio rango de compuestos volátiles y semivolátiles como son: aldehídos, cetonas, compuestos cíclicos, alcoholes, ésteres, hidrocarburos y compuestos clorados.⁽⁶⁴⁾

Microextracción de fase sólida

Esta metodología es la más utilizada gracias a las grandes ventajas que tiene con respecto de las antes mencionadas. Esta técnica se lleva a cabo utilizando cartuchos los cuales llevan en un extremo una fibra de sílica la cual puede estar recubierta de un polímero,

y el cual va a depender del equipo analítico que se vaya a utilizar (GC, GC-masas, HPLC). Entre las ventajas que presenta esta metodología destaca la gran sensibilidad; se requiere un volumen pequeño de muestra y no generan desechos tóxicos.

Métodos cromatográficos

Ciertamente, la cromatografía de gases es una herramienta poderosa y muy utilizada que permite identificar los componentes volátiles de la miel, los cuales proporcionan los aromas y sabores. Sin embargo, otra técnica relevante para el estudio de la composición de productos apícolas es la cromatografía de líquidos de alta eficiencia (CLAE). Esta quizá no es muy utilizada en el análisis de COV, pero su implementación es indispensable para identificar varios fitoquímicos. Por ejemplo, Tuberoso *et al.*⁽⁶⁵⁾ investigaron la presencia de ácidos abscísicos en miel de néctar de sauce y en miel de rocío de sauce y (*Salix* spp.) con la técnica de CLEA acoplado a un detector de arreglo de diodos (CLAE-DAD). Encontraron ácido 4-hidroxiquinolin-2-carboxílico (ácido kynurénico) y ácido (2*E*,4*E*)-abscísico en la miel de rocío y ácido (2*Z*,4*E*)-abscísico y ácido salicílico en la miel de néctar.

Jerković *et al.*⁽⁶⁶⁾ estudiaron la composición de sustancias volátiles en miel de cardo utilizando CG-MS y CG-DIF. Identificaron 46 diferentes COV, incluido el ácido 3-feniláctico pero como mezcla enantiomérica. Adicionalmente a los experimentos de cromatografía de gases, realizaron la separación quiral de los dos isómeros mediante CLAE acoplado a un detector de rotación óptica (CLAE-RO). Encontraron que la especie ácido (*S*)-(-)-feniláctico se presentaba con un exceso enantiomérico mayor al 95%. Los autores concluyeron que altos niveles del estereoisómero, junto con lumicromo, hetricionol, 2-fenilacetaldehído y 2-feniletanol son marcadores principales del origen botánico de la miel de cardo.

Recientemente se ha comenzado a utilizar técnicas analíticas en conjunto con instru-

mentos sensoriales para el análisis de COV en miel. Una de éstas es la cromatografía de gases-olfatometría (CG-O), la cual combina un cromatógrafo de gases con una máscara respiratoria denominada olfatómetro (técnica sensorial) que permite el cribado y la detección de especies químicas con aromas activos contenidos en un extracto inodoro. Esta técnica proporciona información instrumental y datos de análisis sensorial, simultáneamente.⁽⁶⁷⁾

Ruisinger y Schieberle⁶⁸ han aplicado esta técnica para detectar los componentes volátiles y sus aromas en mieles uniflorales de colza procedentes de Alemania. Bajo diferentes técnicas de preparación de muestra, los autores detectaron 28 olores activos, de los cuales los más importantes fueron (*E*)- β -damascenona (olor a manzana cocida), 4-metoxibenzaldehído (notas de anís), 2-metoxi-vinilfenol (aroma similar a clavo), ácido fenilacético (aroma

parecido a la miel), ácido 3-fenilpropanoico (olor florido-ceroso), fenilacetaldehído (olor florido) y 4-alil-2-metoxifenol (aroma similar a clavo). En adición, estos autores reportaron por primera vez la presencia del 4-alil-2-metoxifenol como constituyente de la miel de colza.

Mahattanatawee *et al.*⁽⁶⁹⁾ analizaron cuatro tipos de mieles uniflorales (logan, lichí, café, common floss) provenientes de Tailandia usando CG-O. A partir de una extracción sencilla obtenida por equilibrio térmico a 40 °C por 30 minutos, determinaron la presencia de 28 COV. Los compuestos que fueron encontrados en todas las mieles fueron 2,3-butandiona (mantequilla), ácido acético (agrio), ácido butanoico (sudor de pies), fenilacetaldehído (rosa floral), Guaiacol (humo, medicina), nonanal (cítrico verde), Neral (cítrico-menta) y (*E*)- β -damascenona (miel, floral).

Métodos no cromatográficos

La gran mayoría de los métodos analíticos para la detección de volátiles se basan en técnicas cromatográficas, casi exclusivamente en CG-MS. Sin embargo, otras que no involucran la separación física de los componentes de una matriz pueden ser utilizadas para examinar la composición de aromas en productos apícolas.

La resonancia magnética nuclear es una técnica espectroscópica rápida y eficaz basada en las propiedades magnéticas de los núcleos de los átomos. Es aplicada en la elucidación estructural de compuestos orgánicos, siendo las más utilizadas la resonancia de protón (RMN-¹H) y la de carbono-13 (RMN-¹³C).

Ciertas señales pueden ser representativas de un determinado compuesto y, por tanto, es posible utilizar los patrones de resonancia para identificar compuestos que brindan aroma.

Kortesniemi *et al.*⁽⁷⁰⁾ determinaron cualitativamente ciertos compuestos que brindan aromas y sabores en miel a través de experimentos de RMN-¹H. Midieron señales representativas del ácido 2-hidroxi-3-metilpentenoico, ácido 3-metil-2-oxopentanoico y ácido 4-metil-2-oxopentanoico en la región δ 0.7-1.1 ppm en extractos acuosos de miel de diente de león procedente de Finlandia. Los compuestos evidenciados

en la resonancia pueden ser un producto de fermentación microbiana, sin embargo, siguen siendo sustancias específicas para determinar el origen.⁽⁷¹⁾ Otros análisis cualitativos de extractos en cloroformo fueron realizados en distintas mieles de Finlandia.

En la miel de brezo, encontraron 4-hidroxi-3, 5, 5-trimetil-4-(3-oxobutenil)-3-ciclohex-1-ona

(Dehidrovomifoliol) un compuesto carbonílico inoloro que se relaciona con los sabores de la miel. En miel de tilo identificaron el ácido 4-(1-hidroxi-1-metiletil) ciclohexa-1, 3-dieno-1-carboxílico y en miel de arándano rojo encontraron un alto contenido de metil siringato que fue identificado por señales simples en desplazamientos a δ 7.33, 3.95 y 3.90 ppm.

Conclusiones

Las características fisicoquímicas y el valor nutritivo son parámetros que determinan los criterios de calidad de cualquier alimento. Sin embargo, las propiedades organolépticas como el color, el sabor, el olor y la textura de la miel juegan un papel muy importante para la estandarización de los productos y son una parte esencial para los estudios de preferencias por el consumidor.

Las propiedades organolépticas de la miel dependen de muchos factores, incluyendo su composición, origen floral, época de cosecha, temperatura de almacenamiento, contenido de humedad, composición de los azúcares individuales, y de la cantidad y tipo de coloides que contienen y que nos permiten identificarlas y clasificarlas. Por otro lado, parámetros como la viscosidad y color son buenos indicadores de calidad, de prácticas adecuadas de procesamiento y de almacenaje de la miel que nos pudieran indicar algunos defectos como: fermentación, impurezas, olores no deseados y sabores extraños.

Como se mencionó anteriormente, los avances de la tecnología permiten tener instrumentos que logran determinar una gran variedad de compuestos responsables de aromas y sabores en los alimentos con tal precisión que podamos identificar y clasificar los productos en base a características específicas, tal es el caso de la miel, que al conocer los compuestos volátiles presentes en ellas se puede tener, de manera general, una huella digital de cada una de ellas.

El interés de presentar las características fisicoquímicas y sensoriales que repercuten en la calidad de la miel, los métodos de análisis y las técnicas instrumentales que nos permiten determinar los aromas característicos que las hacen únicas, se enfoca a la búsqueda del incremento de valor a este producto, ya que al tener una radiografía más completa de las características de las distintas mieles se podrán estandarizar procesos y mantener la calidad de la miel deseada. 🍯

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Piana, M.L. *et al.* “Sensory analysis applied to honey: state of the art”. *Apidologie* 35, S26–S37 (2004).
- ⁽²⁾“Calidad de miel de abeja”. *Revista del Consumidor* 1–5 (2001).
- ⁽³⁾NMX-F-036-981 (1978).
- ⁽⁴⁾Acquarone, C., Buera, P. & Elizalde, B. “Pattern of pH and electrical conductivity upon honey dilution as a complementary tool for discriminating geographical origin of honeys”. *Food Chem.* 101, 695–703 (2007).
- ⁽⁵⁾Anklam, E. “A review of the analytical methods to determine the geographical and botanical origin of honey”. *Food Chem.* 63, 549–562 (1998).
- ⁽⁶⁾Popek, S. “A procedure to identify a honey type”. *Food Chem.* 79, 401–406 (2002).
- ⁽⁷⁾Da Silva, P.M., Gauche, C., Gonzaga, L.V., Costa, A.C.O. & Fett, R. “Honey: Chemical composition, stability and authenticity”. *Food Chem.* 196, 309–323 (2016).
- ⁽⁸⁾El Sohaimy, S.A., Masry, S.H.D. & Shehata, M.G. “Physicochemical characteristics of honey from different origins”. *Ann. Agric. Sci.* 60, 279–287 (2015).
- ⁽⁹⁾Moguel, B., Echazarreta, C. & Mora, R. “Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración”. *Técnica Pecu. en México* 43, 323–334 (2005).
- ⁽¹⁰⁾Karabagias, I.K. *et al.* “Characterization and geographical discrimination of commercial *Citrus spp.* honeys produced in different Mediterranean countries based on minerals, volatile compounds and physicochemical parameters, using chemometrics”. *Food Chem.* 217, 445–455 (2017).
- ⁽¹¹⁾Codex Alimentarius Commission. *Codex Alimentarius Commission Standards. Codex Stan 12-1981* (2001).
- ⁽¹²⁾United States Department of Agriculture. United States Standards for Grades of Extracted Honey. *Fed. Regist.* 50FR15861, 12 (1985).
- ⁽¹³⁾Belay, A., Solomon, W.K., Bultossa, G., Adgaba, N. & Melaku, S. “Botanical origin, colour, granulation, and sensory properties of the Harena forest honey, Bale, Ethiopia”. *Food Chem.* 167, 213–219 (2015).
- ⁽¹⁴⁾Jovanka Popov-Raljića, Nebojša Arsićb, B.Z., Biljana Basarina, M.M. & Jovanka Laličić-Petronijević, Milan Ivkova, V.P. “Evaluation of color, mineral substances and sensory uniqueness of meadow and acacia honey from Serbia”. 20, 10784–10799 (2015).
- ⁽¹⁵⁾Salamanca Grosso, G. Criterios relativos al análisis sensorial de mieles. 57, 1–14 (2015).

- ⁽¹⁶⁾Oroian, M. *et al.* “Chemical Composition and Temperature Influence on the Rheological Behaviour of Honeys”. *Int. J. Food Prop.* 17, 2228–2240 (2014).
- ⁽¹⁷⁾Witczak, M., Juszcak, L. & Gałkowska, D. “Non-Newtonian behaviour of heather honey”. *J. Food Eng.* 104, 532–537 (2011). ⁽¹⁸⁾Rodríguez, B.A., Mendoza, S., Iturriga, M.H. & Castaño-Tostado, E. “Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys”. *J. Food Sci.* 77 (2012).
- ⁽¹⁹⁾Kamal, M.A. & Klein, P. “Determination of sugars in honey by liquid chromatography”. *Saudi J. Biol. Sci.* 18, 17–21 (2011).
- ⁽²⁰⁾Kaškonienė, V. & Venskutonis, P.R. “Floral Markers in Honey of Various Botanical and Geographic Origins: A Review”. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 620–634 (2010).
- ⁽²¹⁾Escuredo, O., Dobre, I., Fernández-González, M. & Seijo, M.C. “Contribution of botanical origin and sugar composition of honeys on the crystallization phenomenon”. *Food Chem.* 149, 84–90 (2014).
- ⁽²²⁾Dobre, I., Georgescu, L.A., Alexe, P., Escuredo, O. & Seijo, M.C. “Rheological behavior of different honey types from Romania”. *Food Res. Int.* 49, 126–132 (2012).
- ⁽²³⁾Laos, K., Kirs, E., Pall, R. & Martverk, K. “The crystallization behaviour of Estonian honeys”. *Agron. Res.* 9, 427–432 (2011).
- ⁽²⁴⁾Saxena, S., Panicker, L. & Gautam, S. “Rheology of Indian Honey: Effect of Temperature and Gamma Radiation”. *Int. J. Food Sci.* 6 (2014).
- ⁽²⁵⁾Costa, P. A. *et al.* *Thermal and Rheological Properties of Brazilian Honeys*. 11 th International Congress on Engineering and Food (2014).
- ⁽²⁶⁾Nayik, G.A., Dar, B. N. & Nanda, V. Physico-chemical, rheological and sugar profile of different unifloral honeys from Kashmir valley of India. *Arab. J. Chem.* (2015). doi:10.1016/j.arabjc.2015.08.017
- ⁽²⁷⁾Nayik, G.A., Dar, B.N. & Nanda, V. “Rheological behavior of high altitude Indian honey varieties as affected by temperature”. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* (2016). doi:10.1016/j.jssas.2016.07.003
- ⁽²⁸⁾Oroian, M., Paduret, S., Amariei, S. & Gutt, G. “Chemical composition and temperature influence on honey texture properties”. *Food Sci Technol* 53, 431–440 (2016).
- ⁽²⁹⁾Silva, V.M. Da, Carvalho, L.A. De Oliveira, N.L. De Torres Filho, R.D.A. & Resende, J.V. De. “Rheological and Thermal Properties of Selected Brazilian Honeys from Various Floral Origins”. *Journal of Texture Studies* (2016). doi:10.1111/jtxs.12174
- ⁽³⁰⁾Trávníček, P., Vítěz, T. & Přidal, A. “Rheological properties of honey”. *Sci. Agric. Bohem.* 43, 160–165 (2012).

- ⁽³¹⁾El-Bialec, N.M. & Sorour, M.A. “Effect of adulteration on honey properties”. *Int. J. Appl. Sci. Technol.* 1, 122–133 (2011).
- ⁽³²⁾Vit, P. “Productos de la colmena recolectados y procesados por las abejas: miel, polen y propóleos”. *Rev. del Inst. Nac. Hig. Rafael Rangel* 35, 32–39 (2004).
- ⁽³³⁾La Serna, I.E., Méndez, B. & Gómez, C.F. “Aplicación de nuevas tecnologías en mieles de Canarias para su tipificación y control de calidad”. Editor. *Cajas Aborr. Regist. Empres.* Editor. (1999).
- ⁽³⁴⁾Córdova-Córdova, C.I., Ramírez-Arriaga, E., Martínez-Hernández, E. & Zaldívar-Cruz, J.M. “Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalinológicas”. *Universidad y Ciencia* 29, 163–178 (2013).
- ⁽³⁵⁾Alfaro Bates, R.G. *et al. Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatan.* Universidad Autónoma de Yucatán-Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Mérida-México (2010).
- ⁽³⁶⁾Erdtman & G. The Aetolysis Method a Revised Description. *Upsala, Sveysk Bot. Tidskr. Bd* 54 (1960).
- ⁽³⁷⁾Louveaux, J., Maurizio, A. & Vorwohl, G. “Methods of melissopalynology”. *Bee world* 59, 139–157 (1978).
- ⁽³⁸⁾Romera, D.F. & Ara, R.C.D. Determinación de algunos parámetros de calidad de la miel en la Provincia de Huesca. *Lucas Mallada Rev. Ciencias* 107–122 (1998).
- ⁽³⁹⁾Ochoa, B.R. & Ortega, R.C. “Situación actual y perspectiva de la apicultura en México”. *Claridades Agropecu.* 199, 3–34 (2010).
- ⁽⁴⁰⁾Neugebauer, B. “Miel monofloral de Dzildzilché Oxkutzcab, Yucatán”. *México campo adentro. Biodiversidad y denominación de origen.*
- ⁽⁴¹⁾Rector, L.A.N. & Promover, P. Denominación de origen de mieles de la península de Yucatán (2011).
- ⁽⁴²⁾Alfaro, B.R.G. *et al. Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán.* Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 1, (Universidad Autónoma de Yucatán Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2010).
- ⁽⁴³⁾Arreguín-Sánchez, M. de la L., Quiroz-García, L., Acosta-Castellanos, S. & Fernández-Nava, R. Análisis polínico de tres muestras de miel de Zacatecas, México. *Polibotánica* 32, 179–191 (2011).
- ⁽⁴⁴⁾Mieles veracruzanas: biodiversidad y mieles. Prontura Veracruz, A.C.
- ⁽⁴⁵⁾Alfaro, B.R.G. *et al.* Denominación de origen de mieles de la Península de Yucatán. 19–21 (2011).

- ⁽⁴⁶⁾Kanan, I.A. “Nuestra miel”. *Miel Kanan, Integradora Apícola Kanan SA de CV*.
- ⁽⁴⁷⁾Castañón, C.L.E. de J. *Mieles diferenciadas de la península de Yucatán y su mercado*. (2009).
- ⁽⁴⁸⁾Ayala, A.M.E. *La apicultura de la península de Yucatán: un acercamiento desde la ecología humana* (2001).
- ⁽⁴⁹⁾Martínez-Hernández, E. & Arriaga, E.R. Rumbo a la denominación de origen de mieles uniflorales mexicanas. En: 15º Congreso Internacional de Actualización Apícola 23.
- ⁽⁵⁰⁾Cortés, F.M. “Mieles orgánicas monoflorales, Proyecto Itzcuahtli”. *México campo adentro. Biodiversidad y denominación de origen*.
- ⁽⁵¹⁾Castañón, C.L.E. Mieles orgánicas monoflorales proyecto volcán Popocatepetl. *México campo adentro. Biodiversidad y denominación de origen*.
- ⁽⁵²⁾Espinosa, de la M.D.M. “Reconoce a las mieles por estado”. *El Universal* (2011).
- ⁽⁵³⁾Tipos de mieles de flores. *Caring for you*.
- ⁽⁵⁴⁾Baroni, M.V. *et al.* “Determination of volatile organic compound patterns characteristic of five unifloral honey by solid-phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry coupled to chemometrics”. *J. Agric. Food Chem.* 54, 7235–7241 (2006).
- ⁽⁵⁵⁾Bentivenga, G., D’Auria, M., Fedeli, P., Mauriello, G. & Racioppi, R. “SPME-GC-MS analysis of volatile organic compounds in honey from Basilicata. Evidence for the presence of pollutants from anthropogenic activities”. *Int. J. Food Sci. Technol.* 39, 1079–1086 (2004).
- ⁽⁵⁶⁾Manyi-Loh, C.E., Ndip, R.N. & Clarke, A.M. “Volatile compounds in honey: A review on their involvement in aroma, botanical origin determination and potential biomedical activities”. *Int. J. Mol. Sci.* 12, 9514–9532 (2011).
- ⁽⁵⁷⁾Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. & Pérez-Álvarez, J. A. “Functional properties of honey, propolis, and royal jelly”. *J. Food Sci.* 73, 117–124 (2008).
- ⁽⁵⁸⁾Kaskonienė, V. & Venskutonis, P.R. “Floral Markers in Honey of Various Botanical and Geographic Origins: A Review”. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 620–634 (2010).
- ⁽⁵⁹⁾Alissandrakis, E., Tarantilis, P.A., Harizanis, P.C. & Polissiou, M. “Aroma investigation of unifloral Greek citrus honey using solid-phase microextraction coupled to gas chromatographic-mass spectrometric analysis”. *Food Chem.* 100, 396–404 (2007).
- ⁽⁶⁰⁾Castro-Vázquez, L., Díaz-Maroto, M.C., González-Viñas, M.A. & Pérez-Coello, M.S. “Differentiation of monofloral citrus, rosemary, eucalyptus, lavender, thyme and heather honeys based on volatile composition and sensory descriptive analysis”. *Food Chem.* 112, 1022–1030 (2009).

- ⁽⁶¹⁾Soria, A.C., González, M., De Lorenzo, C., Martínez-Castro, I. & Sanz, J. “Characterization of artisanal honeys from Madrid (Central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data”. *Food Chem.* 85, 121–130 (2004).
- ⁽⁶²⁾Moreira, R.F.A., Trugo, L.C., Pietrolungo, M. & De Maria, C.A.B. “Flavor composition of cashew (*Anacardium occidentale*) and marmeleiro (Croton species) honeys”. *J. Agric. Food Chem.* 50, 7616–7621 (2002).
- ⁽⁶³⁾Radovic, B.S. *et al.* “Contribution of dynamic headspace GC-MS analysis of aroma compounds to authenticity testing of honey”. *Food Chem.* 72, 511–520 (2001).
- ⁽⁶⁴⁾Cuevas-Glory, L.F., Pino, J.A., Santiago, L.S. & Sauri-Duch, E. “A review of volatile analytical methods for determining the botanical origin of honey”. *Food Chem.* 103, 1032–1043 (2007).
- ⁽⁶⁵⁾Tuberoso, C.I.G., Jerković, I., Bifulco, E. & Marijanović, Z. “Biodiversity of *Salix spp.* honeydew and nectar honeys determined by RP-HPLC and evaluation of their antioxidant capacity”. *Chem. Biodivers.* 8, 872–879 (2011).
- ⁽⁶⁶⁾JERKOVIĆ, I. *et al.* “Bioorganic Research of *Galactites tomentosa* Moench. Honey Extracts: Enantiomeric Purity of Chiral Marker 3-Phenyllactic Acid”. *Chirality* 26, 405–410 (2014).
- ⁽⁶⁷⁾Feng, Y. *et al.* “Approaches of aroma extraction dilution analysis (AEDA) for headspace solid phase microextraction and gas chromatography – olfactometry (HS-SPME – GC – O): Altering sample amount, diluting the sample or adjusting split ratio? FOOD Chem. 187, 44–52 (2015).
- ⁽⁶⁸⁾Ruisinger, B. & Schieberle, P. “Characterization of the key aroma compounds in rape honey by means of the molecular sensory science concept”. *J. Agric. Food Chem.* 60, 4186–4194 (2012).
- ⁽⁶⁹⁾Mahattanatawee, K., Ruiz Pérez-Cacho, P., Galán Soldevilla, H. & Rouseff, R.L. *Chapter 49 – Investigation of Four Tropical Unifloral Honey Aromas using Sensory and GC-Olfactometer Analyses. Flavour Science* (Elsevier Inc., 2014). doi:10.1016/B978-0-12-398549-1.00049-0
- ⁽⁷⁰⁾Kortesniemi, M. *et al.* “NMR profiling clarifies the characterization of Finnish honeys of different botanical origins”. *Food Res. Int.* 86, 83–92 (2016).
- ⁽⁷¹⁾Salonen, A., Ollikka, T., Grönlund, E., Ruottinen, L. & Julkunen-Tiitto, R. “Pollen analyses of honey from Finland”. *Grana* 48, 281–289 (2009).





Capítulo V

Inocuidad de la miel

Sánchez-Contreras Ángeles,^a Martínez-Benavidez Evelin,^b
Fabela-Morón Miriam F,^{a,c} Pacheco-López Neith,^a
González-Flores Tania^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Sede Unidad Sureste Yucatán

^bSede Unidad Central Guadalajara, México

^cConsejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Cátedra

Información: msanchez@ciatej.mx

Palabras clave:
inocuidad, calidad, buenas prácticas

Resumen

Por su naturaleza, la miel no representa peligro para el consumo humano, sin embargo, como en todo alimento de naturaleza inocua, esta característica puede perderse con mucha facilidad por un manejo inadecuado, ya que las contaminaciones proceden generalmente por parte de los apicultores y el entorno de la colmena, así como durante su proceso de acopio y envasado. La presencia de residuos indeseables, sustancias químicas y microorganismos patógenos son un riesgo latente aun cuando las sustancias sean encontradas en pequeñas cantidades; la ausencia de sustancias tóxicas o dañinas es lo que se conoce como inocuidad.

La inocuidad es un factor determinante para su aceptación en los países importadores de la miel; siendo la exportación la principal estrategia comercial de la miel, es necesario cumplir con las normas en materia de inocuidad para garantizar su acceso a los mercados nacionales e internacionales. Por ello es de gran importancia garantizar que el producto esté libre de contaminantes físicos, químicos y biológicos provenientes de los residuos de medicamentos usados en el control de enfermedades de las abejas y/o agroquímicos utilizados en la agricultura.

En este capítulo se revisan los principales factores que afectan la calidad y el valor nutritivo de la miel; de conformidad con los riesgos alimentarios, se describen brevemente los indicadores básicos que influyen en la seguridad de la miel y que son capaces de hacer de este producto un peligro para los consumidores. Se incluyen los contaminantes físicos, químicos y biológicos, catalogados según su origen como contaminantes medioambientales o adquiridos durante el manejo agropecuario, de envasado y comercialización.

Introducción

México es el segundo exportador de miel a la Unión Europea, al concentrar 15% de lo que dicha región importa, sólo superado por China, que aporta a Europa hasta

45% de sus importaciones, además de ser catalogado como el tercer productor en el mundo. En México se producen anualmente más de 50 mil toneladas de miel y los principales destinos de exportación son Alemania y el Reino Unido, por lo que actualmente los requisitos y lineamientos para su exportación se realizan con apego a la regulación europea. Sin embargo, dado que uno de los principales riesgos de la inocuidad de la miel envasada, ya sea para exportación o venta nacional, se encuentra principalmente en la deficiente aplicación de buenas prácticas de fabricación (BPF), en el reglamento mexicano de control sanitario de productos y servicios se presenta el ordenamiento vigente para la regulación, control y fomento sanitario de los procesos, tanto para la importación como para la exportación, así como los lineamientos en las actividades, servicios y establecimientos, relacionados con los productos de la colmena y otros dentro de este sector.⁽¹⁾

Para cumplir con estos requisitos, en los últimos 10 años la apicultura ha enfrentado diversos retos, por parte de Sagarpa se han establecido lineamientos para cada uno de los integrantes de la cadena de producción y comercialización con el fin de que cumplan con los requerimientos de los mercados nacional e internacional, así como de las medidas de inocuidad y calidad que los países importadores exigen para su distribución y más incipientemente en cuanto a trazabilidad para garantizar en un futuro garantía de origen. En México, la norma NMX-F-036-2006⁽²⁾ describe las características y requerimientos de las mieles para su comercialización; en esta

sección nos enfocamos a revisar los límites permisibles de contaminantes presentes en las mismas.

Los lineamientos internacionales referentes a la calidad de la miel se encuentran descritos en: el *Codex Alimentarius* (Codex Stan 12, 1981) y la Comisión del Codex Alimentarius FAO-OMS (Codex Stan 1, 1985). Como ya se dijo, en México se cuenta con la norma NMX-F-036-2006-NORMEX específica para miel.^(3,4) Los parámetros de calidad establecidos por las normas nacionales e internacionales, además de dictar las características físico-químicas que definen la calidad de la miel, también permiten detectar adulteraciones en la miel, como adición de harinas, melaza, azúcar de caña y agua, o bien, contaminaciones sufridas durante su cultivo, extracción y procesamiento, ya que la miel es propensa a sufrir contaminaciones físicas, químicas o microbianas. Todas estas contaminaciones se catalogan en función de su origen como contaminaciones por exposición medio ambientales o por su manejo apícola, y a continuación se detallan.

En este capítulo se revisan los principales factores que afectan la calidad y el valor nutritivo de la miel de conformidad con los riesgos alimentarios, se describen brevemente los indicadores básicos que influyen en la seguridad de la miel y que son capaces de hacer de este producto un peligro para los consumidores. Se incluyen los contaminantes físicos, químicos y biológicos catalogados, según su origen, como contaminantes medio ambientales o adquiridos durante el manejo agropecuario de envasado y comercialización.

Fuentes de contaminantes en la miel

Contaminantes externos al manejo del apiario

Actualmente se sabe que coexisten varios sistemas de producción agropecuaria interaccionando e impactando en la producción de miel, la mayoría de ellos no son compatibles con la apicultura, en especial los sistemas de cultivos intensivos, en donde se utilizan pesticidas, transgénicos, herbicidas, etc. En actividades pecuarias, el mal manejo de los

desechos causa contaminación de las aguas y proliferación de microorganismos patógenos que así como el uso de acaricidas para la eliminación de los parásitos del ganado son contaminantes que afectan negativamente la inocuidad de la miel. En este sentido es importante una definición de los aspectos externos que afectan el hábitat de las abejas.

Contaminaciones químicas

Los productos de las abejas se contaminan a través de diferentes fuentes (Tabla 3). La contaminación química puede surgir de prácticas de apicultura o desde

el medio ambiente. Los contaminantes químicos ambientales incluyen pesticidas, metales pesados e incluso materiales radioactivos.⁽⁵⁾

Metales pesados y otros

El aire y el suelo contienen metales pesados, principalmente en zonas industriales y con alto tráfico, estos altos índices de contaminación ambiental también pueden contaminar las colonias de abejas y sus productos. El plomo y cadmio se consideran los principales metales pesados tóxicos y son por lo tanto los más frecuentemente monitoreados, cuando la miel proviene de lugares con altos índices de contaminación ambiental. El plomo contenido en el aire, principalmente procedente del tráfico de vehículos automotores, puede contaminar aire y luego al néctar y a la mielada directamente; no se reconocen casos en los que sea adsorbido por las plantas. A diferencia del plomo, el Cd procedente de la industria metalúrgica y los incineradores, si se transporta desde el suelo a las plantas, puede contaminar néctar y mielada. Sólo una pe-

queña parte de Cd podría llegar a la miel por el aire, sobre todo en la proximidad de incineradores. Los índices de Pb y Cd en la miel a la fecha no están establecidos específicamente. Sin embargo, para exportar a la Unión Europea, estos metales deben estar muy por debajo del LMR (Límite Máximo de Residuo) cuyos valores están entre 0,1 y 1 ppm.⁽⁶⁾

Otros metales pesados como el mercurio y níquel han sido estudiados con menos frecuencia. En todo el mundo no hay niveles de LMR específicos para estos metales pesados en la miel. Los niveles de LMR en Suiza para Hg varían en diferentes alimentos: entre 0,01 ppm (zumos de frutas y gelatinas) y 0,5 ppm (pescado). Mientras que para Ni varía entre 0,1 ppm (cerveza) a 0,2 ppm (grasa comestible).⁽⁷⁾

Alcaloides

Los alcaloides pirrolizidínicos (PAs), mono-diésteres de 1-hidroximetil-7-hidroxi-1,2-dehidropirrolizidina y sus correspondientes *N*-óxidos se encuentran en más de 6,000 especies de plantas y pueden ser transferidos a los productos como la miel, a través del pecoreo de las abejas en estas especies vegetales.⁽⁶⁾ Actualmente, se han aislado más de 660 PA, de los cuales aproximadamente 50% son considerados potencialmente tóxicos.⁽⁷⁾ Específicamente, en el caso de contaminación de miel por alcaloides pirrolizidínicos, recientemente la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria, a través de la Comisión Europea, emitió un dictamen sobre la presencia de alcaloides pirrolizidínicos en alimentos. Esto debido a su toxicidad y efecto nocivo a la salud. La producción de estos metabolitos están asociados a especies vegetales silvestres características, por lo que llegan a contaminar productos alimenticios de origen agropecuario como: huevos, leche, carne, miel y harina de trigo. Al respecto, diversas investigaciones se han desarrollado para proponer métodos sensibles para su detección y cuantificación, con el fin de establecer un requerimiento de límites máximos permitidos. Debido a las múlti-

ples investigaciones que se han realizado en torno de esta problemática, actualmente se han establecido algunos límites permisibles de PA: puntualizando la situación que rige en países de alto consumo de miel, como es el caso de la Unión Europea.^(8,5,9)

El departamento federal de Alemania establece una restricción oral y exposición a PA o sus *N*-óxidos en productos farmacéuticos de 1 µg/día, restringido a seis semanas al año.

- Los estándares de alimentación de Australia y Nueva Zelanda establecen una cantidad tolerable provisional de consumo por día de 1 µg de PAs por kg de masa corporal.
- La Unión Europea establece los niveles de exposición máxima de 4 µg kg⁻¹ de peso corporal a aceites de la especie *Echium*.
- Los Países Bajos recomiendan hasta 1 µg de PA en 100 g de consumo de alimentos.^(1,8)

Contaminación de miel con pesticidas

En los últimos años, el constante crecimiento de la población mundial ha incrementado la producción de alimentos, situación que ha propiciado un control más estricto contra nuevas plagas y las ya existentes en el manejo de cultivos. Lo anterior ha incrementado significativamente el uso de compuestos químicos para el control de

plagas, sin embargo, a pesar de que estos compuestos ayudan en la agricultura para la reducción de pérdidas pre y poscosecha, muchos de éstos son usados indistintamente y pueden contaminar los suelos, el agua y los alimentos.⁽¹⁰⁾ El principal problema en la utilización de este tipo de productos se enfoca a que la mayoría de ellos oca-

sionan consecuencias graves a la salud, ya que poseen características carcinogénicas y pueden propiciar disfunciones en los nervios y sistemas reproductivos aun a bajas concentraciones, por lo que se consideran extremadamente peligrosos para la salud humana, además de causar, en concentra-

ciones elevadas, la muerte de las abejas.^(10,11) Es por lo anterior que se vuelve de extrema importancia conocer la presencia de estos compuestos contaminantes en los productos alimenticios para evaluar el riesgo del consumo de alimentos en los que han sido utilizados.

Causas de la contaminación de pesticidas en miel

La miel, por su estrecha relación con los cultivos, es altamente susceptible a la contaminación por pesticidas, por lo que para garantizar la seguridad del consumidor es necesario monitorear el uso y control de estos compuestos presentes en la miel, lo cual también es útil para conocer de manera indirecta información acerca de la utilización de pesticidas en los diferentes campos de siembra de los terrenos aledaños. Es por eso que existen trabajos que indican que las abejas y la miel pueden ser utilizados como biomarcadores para monitorear las condiciones de contaminación en suelos.⁽¹⁰⁾

La manera en que la miel se contamina es principalmente debido a la presencia de contaminantes en el néctar o el polen, por un inadecuado uso del pesticida, además de que en ocasiones las colmenas son tratadas con insecticidas para proteger a las abejas de parásitos; otro factor importante es la contaminación a través del aire con el polvo o semillas o a través de secreciones de las flores.^(11,12) Dentro de otras fuentes de contaminantes encontramos el agua debido a que ésta puede estar contaminada por la percolación de los productos aplicados en el campo; además, la abeja puede contaminarse por contacto directo durante el vuelo.

Los avances en nuevos métodos analíticos permiten tener técnicas que facilitan la determinación de pesticidas en cualquier tipo de matriz alimentaria, tal es el caso del uso de métodos multiresiduo, los cuales son capaces de analizar diferentes compuestos simultáneamente, con una alta sensibilidad y alta especificidad, rápidos y seguros para el medio ambiente y el ser humano ya que utilizan un mínimo de solventes.

De manera general, las principales dificultades que se presentan en la detección de pesticidas son con respecto de la separación de estos compuestos de las matrices en las que se encuentran, especialmente el análisis de contaminantes en la miel, debido a la presencia de ceras, proteínas y otros compuestos que interfieren en la matriz alimentaria. Una buena preparación de la muestra es fundamental para eliminar efectos de la matriz que puedan reflejarse en los análisis. Si bien se siguen utilizando técnicas convencionales como la extracción líquido-líquido, las nuevas tendencias han logrado la obtención de metodologías alternativas, una opción es la extracción en fase sólida y otra el método QuEChERS (stands for, Quick Easy Cheap Effective Rugged safe technique), este último ha sido el más satisfactoriamente utilizado. Esta técnica ha mostrado su eficiencia en la determinación de 52 residuos de pesticidas en la miel, además

de ser un método económico que consume poco tiempo, que puede extraer la cantidad equivalente de recuperación de compuestos que cuando se utiliza extracción en fase sólida y puede ser usada para pesticidas presentes en diversas matrices.⁽¹³⁾

Otro punto clave es la cuantificación, por lo que la selección del detector es fundamental, la gran ventaja es el desarrollo que se ha dado a nivel de tecnologías en espectrometría de masas que permite una alta sensibilidad y selectividad, como la utilización de cromatografía de líquidos acoplada a espectrómetro de masas (LC-MS/MS)

y la cromatografía de gases acoplada a masas (GC-MS/MS) ya que estos equipos han permitido la realización de ensayos multiresiduos para la identificación de pesticidas.⁽¹⁰⁾ Hasta el momento la mayoría de los trabajos se refieren a análisis multiresiduo con el uso de GS-MS/MS. Las metodologías incluyen extracción en fase sólida con la aplicación de amidas primarias o secundarias, octadeciles y carbón grafitizado y la técnica QuEChERS.⁽¹¹⁾ También existen técnicas que involucran el uso de UPLC-MS/MS que agilizan la cuantificación y permiten economizar por la reducción de solvente de fase móvil a utilizar.⁽¹⁴⁾

Tipos de pesticidas en miel

En la actualidad existen más de 100 pesticidas registrados en los mercados de la Unión Europea, que engloban a los herbicidas, fungicidas, insecticidas o acaricidas. Los pesticidas más usados son: amitraz, cymiazole, bromopropilate, coumaphos, flumethrin, fluvalinate, imidacloprid y fepronil. En la Tabla 1 se muestra la ocurrencia y los niveles de los principales pesticidas presentes en mues-

tras comerciales de miel de diferentes países.⁽¹⁰⁾ En Europa la mayoría de los insecticidas usados en la agricultura son los organofosforados, carbamos y neonicotinoides, aunque en algunos países de Europa estos compuestos están prohibidos ya que se ha demostrado que afecta el sistema nervioso central de los insectos como las abejas inhibiendo la actividad de la enzima acetilcolinesterasa.⁽¹²⁾

TABLA 1

PRINCIPALES PESTICIDAS PRESENTES EN MUESTRAS DE MIEL DE DIVERSOS PAÍSES

País	Principales compuestos	Niveles (µg/kg)
Argentina	Organofosforados	ND – 3
Brazil	Ácidos acilaminos, benzofuranos, anilino pirimidinas, carbamatos, aryloxyphenoxypropionatos, benzimidazoles, carbanilato, carboxamidas, cloroacetamidas, cyanoimidazole, imidaloos, diacilidrazinas, oxadiazinas, dicarboximididas, dinitrianilinas, hidroxianilinas, morfollinas, neonicotinoides, piretroides, organofosforados, piridinas, fenilalamidas, fenilpirazoles, fenilureas, fosforotiolatos, pirazoles, piridazinones, pirimidinas, esters de sulfitos, triazinas, tetrazinas, ácido tetrónico, triazoles, organoclorinas, strobinas, cloronitrilo, dinitroanilinas.	ND – 0.90

Continuación...

País	Principales compuestos	Niveles (µg/kg)
Bosnia y Herzegovina	Organoclorinas, clorinatos hidrocarbonados, organofosforados, triazinas, benzonitrilo.	ND
China	Clorofenoles, piretroides.	ND – 29.64
Colombia	Organofosforados, cloroacetamidas, strobilurinas, ftalimida, piretroides, cianoacetamidas, triazoles, organoclorinas, sulfamidas, morfolinás, fenilamidas, clorinatos hidrocarbonados, dicarboximida, fosforotiolatos, anilino pirimidinas, ésteres de sulfito, bridged difenil, benzimidazoles.	ND – 54
Egipto	Organoclorinas, piretroides, organofosforados, carbamatos, piretroides, benzilatos, pirimidinol, cloronitrilo, triazinas fosforotiolates, dicarboximidás, dinitroanilinas.	ND – 1988
España	Organofosforados, organoclorinas, carbamatos, piretroides, biopesticidas, ureas, neonicotinoides, triazinas, triazoles, fenilpirazoles.	ND- 296.3
Francia	Organoclorinas, amida, organofosforados, piretroides, carbamatos, triazoles, nicotinoides, pirimidinas, dicarboximida, imidazole, avermectins, formamidina, tetrazina, tiazolidina.	ND- 116
Grecia	Neonicotinoides, dinitroanilinas, triazoles, organofosforados, carbamatos, dicarboximidás, organoclorinas, clorinato hidrocarbonado, ftalimida, dicarboximida, benzilato, pirimidina.	ND – 13
Italia	Organoclorinas, clorinatos hidrocarbonados, organofosforados, triazol, ftalimida, quinolina, pirimidinol, fenilpiridinamina, strobilurina, dicarboximida, carboxamida, diamida antranilica, ácido tetrónico.	ND – 18.3
India	Piretroides, organoclorinas, organofosforados, ciclodieno.	ND – 410
Irán	Organofosforados, ésteres de sulfito, benzilatos, bridged difenilos, piretroides, triazoles.	ND – 19
Malasia	Organofosforados, carbamatos.	ND
Polonia	Cloroacetamidas, pirazol, organofosforados, piretroides, triazolón, neonicotinoide, oxidiazina, carbamatos, strobilurina, fosforotiolato, piridazinona, ariloxifenoxipropionato, organoclorinas, piridina, fenilamida, imidazole, triazole, sulfonilurea.	ND – 25.7
Serbia	Neocicotinoides	ND – 29.12

Continuación...

País	Principales compuestos	Niveles (µg/kg)
Tailandia	Neonicotinoides	ND
Turkía	Organoclorinas	Nd – 5,024
Otros países	Amidinas, difenil oxazolin, pirazoles, fenilpirazoles, carboxamidas, ésteres de sulfito, piridazinona, ácido tetrónico, neonicotinoides, carbamatos, triazinas, strobilurinas, benzimidazoles, triazolones, organofosforados, anilopirimidas, benzoylurea, morfonila, aminas, piretroides, oxadiazinas, urea, imidazoles, dicarboximidias, fenilamidias, diacilidrazina, cloroacetamida, dinitrioanilidna, aromáticos cíclicos, ácido tetrónico, diazilhidrazina, organoclorinas.	ND- 20

ND = not found. Extraído y modificado de (Souza *et al.*, 2015)⁽¹⁴⁾

Organismos genéticamente modificados (OGM)

Otro sistema intensivo que afecta la inocuidad de la miel es el cultivo de transgénicos, en donde las plantas poseen ADN transferido de otro organismo,⁽¹⁵⁾ inicialmente este tipo de cultivos se diseñaron para reducir el empleo de agroquímicos e incorporar prácticas conservacionistas, pero lamentablemente el objeto ha cambiado, dando prioridad a los beneficios económicos en lugar de a la sustentabilidad.^(16,17)

En 1996 inició la siembra comercial de OGM, desde entonces y hasta 2010 los cultivos con mayor superficie de siembra son la soya (49.5%) y el maíz (31.6%) y cuyas patentes pertenecen a las transnacionales de Monsanto, Dupont, Dow AgroSciences, Syngenta y Bayer. En este rubro, los gobiernos han creado normas e instituciones que regulan y supervisan la seguridad del manejo de los cultivos OGM, los cuales no están libres de riesgos y las normas se basan

en el establecimiento de un grado de riesgo aceptable. Hoy en día, generan controversia en uso en relación a sus efectos ambientales, económicos y sociales, a pesar de que organismos blancos (malezas, insectos, plagas) han desarrollado resistencia a herbicidas e insecticidas que son aplicados en cultivos de OGM.⁽¹⁶⁾

La soya genéticamente modificada es un cultivo OGM de mayor producción en el mundo, su siembra no requiere de labranza, únicamente la aplicación de herbicida y fertilizantes, cuyos granos son empleados para la elaboración de aceites y pastas como ensilaje para ganado. En México, en 1990 se constituyó el Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola (CNBA), a quien la Sagarpa debe consultar para la toma de decisiones de siembra de cualquier cultivo y aspectos relacionados con seguridad del campo mexicano.

En la península de Yucatán la superficie cultivada de soya genéticamente modificada se ha incrementado sustancialmente, por lo que se han encontrado secuencias genéticamente modificadas en mieles, las cuales se derivan a partir de polen de soya genéticamente modificado. En 2012, debido a esta situación, surgió el problema de rechazo de mieles orgánicas en la península de Yucatán por el mercado alemán y europeo al contener polen de soya genéticamente modificado, aunado a que en julio del mismo año el Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) emitió un permiso de liberación comercial de soya genéticamente modificada para una superficie potencial de siembra de 253, 500 ha en los estados de Yucatán, Campeche, Quintana Roo, Tamaulipas, San Luis Potosí, Veracruz y Chiapas, a pesar de que la siembra piloto y experimental de

soya genéticamente modificada habría contaminado 40 toneladas de miel producidas en la península de Yucatán.⁽¹⁸⁾ Finalmente, en julio de 2014, ante los juicios de amparo por parte de la productiva apícola, el permiso de liberación comercial del cultivo de soya genéticamente modificada en Yucatán fue cancelado.

Como consecuencia de la siembra de soya genéticamente modificada, de acuerdo con el Tribunal de Justicia de la Unión Europea, las mieles en términos de exportación requieren en el mercado europeo de un etiquetado que establezca que contienen secuencias genéticamente modificadas si su contenido es mayor al 0.9% del polen total de miel, siempre y cuando se trate de un OGM autorizado por la Unión Europea, lo cual además puede implicar la pérdida de certificación orgánica al ser de tolerancia cero.

FIGURA 1

SOYA TRANSGÉNICA



Fuente: <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/06/07/cultivo-soya-transgenica-avanza-fase-comercial>.

El maíz se cultiva en grandes extensiones en México, por lo que encontrar su polen en la miel es altamente probable debido a que las abejas lo utilizan como alimento de cría. Por ello la presencia de maíz transgénico en las mieles mexicanas es un aspecto ligado a la inocuidad de las mismas.

El hallazgo de maíz transgénico en parcelas mexicanas exige por parte de productores y campesinos que no se permita su siembra, mientras que las empresas solicitan que se libere, situación que genera polémica al ser México centro de origen del maíz.

Ante los nuevos permisos para la liberación de maíz OGM, su eventual siembra no intencional o ilegal, la presencia de polen de maíz genéticamente modificado en la miel sería una barrera más para su comercialización y para su etiquetado como producto orgánico, impidiendo su comercialización en la Unión Europea, a pesar de ser autorizada su siembra en 2012.⁽¹⁵⁾

Para la comercialización de la miel mexicana en la Unión Europea es importante tener en cuenta que para la certificación orgánica las reglamentaciones europeas actuales prohíben la presencia de ADN de cualquier OGM (autorizado o no por la Unión Europea), por lo que en cuestión de inocuidad de la miel mexicana algunos de los puntos críticos a considerar en este rubro por la posible presencia de secuencias genéticamente modificadas son:

- El polen de cualquier variedad de planta genéticamente modificada en miel no se considera como un organismo modificado genéticamente (OGM) capaz de reproducirse.

- El polen se clasifica como un ingrediente de la miel, por lo que se aplica la legislación correspondiente.
- El polen de una planta genéticamente modificada presente en la miel se considera como cualquier ingrediente que contenga o provenga de OGM, por lo que se considera como un ingrediente producido a partir de un OGM y sólo puede ser comercializado si el OGM está autorizado como alimento.
- La miel puede contener trazas de polen de cualquier planta genéticamente modificada, y será apta para el mercado europeo siempre y cuando dicha planta haya sido autorizada sin restricciones de acuerdo con los términos de la Regulación EC para los OGM. Si no es el caso, la miel no puede ser comercializada (tolerancia cero a la presencia de polen genéticamente modificado de eventos de transformación no autorizados).
- El polen de plantas genéticamente modificadas, al considerarse como un ingrediente de la miel, debe cumplir con las reglamentaciones de etiquetado.
- Si la cantidad de polen genéticamente modificado es mayor al 0.9% del polen total de la miel (límite de etiquetado), debe mencionarse en las etiquetas que el producto contiene ADN proveniente de OGM, siempre y cuando estén autorizados, de lo contrario no se pueden comercializar.

Es importante tener en cuenta que el marco regulatorio de OGM en México está establecido por la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM), la cual debe cumplir los acuerdos firmados y ratificados por México en el Protocolo de Cartagena, para regular las actividades de utilización confinada, libera-

ción experimental, liberación en programa piloto, liberación comercial, comercialización, importación, exportación de OGM y evitar o reducir los posibles riesgos que estas actividades pudieran ocasionar a la salud humana o al medio ambiente y a la diversidad biológica, sanidad animal, vegetal y acuícola.⁽¹⁷⁾

FIGURA 2
TRANSGÉNICOS EN MÉXICO



Fuente: <http://www.fao.org/agronoticias/agro-noticias/detail/en/c/211727/>.

Contaminantes por manejo apícola

La cadena productiva apícola inicia en el sector primario, continuando con la industria procesadora y finalizando en la comercialización y consumo. En esta sección

se analizan los principales riesgos de contaminación por el manejo que se le da a las colmenas y al producto durante la cadena de producción de miel.

Contaminación física

Los peligros físicos son a menudo descritos como materia extraña u objetos ajenos e incluyen cualquier material que normalmente no se encuentra en el alimento. Durante el proceso de cosecha y extracción, la miel puede contaminarse con pedazos de cera, polen, tierra, restos de insectos, trozos de panal u otros sólidos insolubles.⁽¹⁹⁾

La contaminación física puede ocurrir por mala práctica de los manipuladores durante estas etapas de producción, ya que el apicultor tiene contacto directo con el producto final. La presencia de materia extraña durante la extracción puede eliminarse mediante la filtración y sedimentación (detalles Capítulo II).^(19,20)

Contaminación por antibióticos y acaricidas

Durante el manejo apícola se ha demostrado que los residuos de pesticidas y otros contaminantes como los alcaloides pueden causar mutaciones genéticas y degradación celular. Adicionalmente a los problemas de salud pública, la presencia de estos compuestos en productos de las abejas disminuye su calidad. Según normatividad nacional para la miel y en concordancia con normativa de la Unión Europea, en la Tabla 2 se muestran las concentraciones establecidas en el *Codex alimentario* para evitar riesgos sanitarios debidos a manejo agropecuario para tratar enfermedades de la colmena.⁽²¹⁾

Ambas normatividades coinciden en que los principales contaminantes son: acaricidas sintéticos compuestos lipofílicos y sustancias no tóxicas, tales como ácidos

y componentes de los aceites esenciales orgánicos; y los antibióticos utilizados para el control de enfermedades de las abejas de cría. Siendo principalmente tetraciclinas, sulfonamidas, estreptomina y cloranfenicol, por lo cual se establecen sus límites máximos permitidos por debajo de 0.05 ppm. Otras sustancias utilizadas en la apicultura juegan un papel menor, por lo que están siendo consideradas su inclusión; por ejemplo, el *p*-diclorobenceno que se utiliza para el control de la polilla de la cera y repelentes químicos.⁽²²⁾ El grado de contaminación de la miel, polen, cera de abeja, propóleos y jalea real por parte de los diferentes contaminantes provenientes del entorno de proceso se revisa cotidianamente para su inclusión. Como resultado de estas exigencias en los mercados internacionales, la inspección ha sido cada vez más rigurosa.

Tabla 2

LÍMITES PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN MIEL DE ABEJA

Sustancia Medicamentos/antibióticos	Residuos (Límite de tolerancia) mg/kg
Dibrombenzofenol	0.1
flumetrina	0.005
fluvalinato	0.05
Estreptomicina	0.02
Sulfonamidas	0.05
Tetraciclina	0.02
Timol	0.8

Fuente: Directiva 2002/63/Comisión Europea.⁽¹⁾

Por ejemplo, la Unión Europea cuenta con los estándares más altos de seguridad alimentaria en el mundo y prohíbe el tratamiento con antibióticos para las abejas, contrario a lo que sucede en países en desarrollo donde el uso de algunos antimicrobianos está autorizado. Se han documentado tratamientos ilícitos tanto en EU como en países en desarrollo.^(23,24) En este sentido, en un periodo de cinco años (2009-2003) la mayoría de las notificaciones del Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF Portal) implementado por la Unión Europea en productos de las abejas melíferas implicaron la presencia de residuos de antimicrobianos (71%). Los compuestos encontrados fueron: sulfonamidas (35%), tetraciclinas (15%), nitrofuranos (13%), lincomicina (13%), aminoglucósidos (10%), nitroimidazoles (8%), macrólidos (5%) y quinolonas (3 %).⁽²⁵⁾

Si bien la miel mexicana es un producto de alta calidad y apreciado en el mercado europeo por sus propiedades nutricionales, así como por su aroma, sabor y color, la presencia del ácaro *V. destructor* (Capítulo III) ha incrementado el uso indiscriminado de acaricidas y antibióticos que dejan residuos en la miel, lo que limita su comercialización internacional y por lo tanto el rechazo de los embarques de miel.⁽²⁶⁾ En el año 2013, el RASFF alertó sobre la presencia de oxitetraciclina (2.4 µg kg⁻¹-ppb) y sulfatiazol (34.2 µg kg⁻¹-ppb) en miel proveniente de México. Por lo tanto, es fundamental el manejo adecuado y racional de los medicamentos y productos para el control de plagas y enfermedades; de esta manera se evitará la presencia de residuos en la miel que pudieran afectar la salud del consumidor y, al mismo tiempo, se evitará el rechazo de los países importadores.⁽²⁷⁾

TABLA 3

FUENTES DE CONTAMINACIÓN DE LA MIEL Y SUS PRODUCTOS

(A) Contaminantes externos	(B) Contaminantes por mal manejo apícola
(1) Metales pesados tales como plomo, cadmio y mercurio	(1) Acaricidas: compuestos lipofílicos sintéticos y sustancias no tóxicas como ácidos orgánicos y componentes de aceites esenciales
(2) Isotopos radioactivos	(2) Los antibióticos utilizados para el control de enfermedades de las abejas de cría, principalmente tetraciclinas, estreptomicina, sulfonamidas y cloranfenicol
(3) Contaminantes orgánicos, Bifenilos policlorados (PCB)	(3) P-Diclorobenceno, que se utiliza para el control de la polilla de la cera y repelentes químicos
(4) Pesticidas (insecticidas, fungicidas, herbicidas y bactericidas)	
(5) Polen de organismos genéticamente modificados	
(6) Contaminación cruzada con alcaloides pirrolizidínicos	
(7) Contaminación microbiológica	

Fuente: Nori *et al.* 2012.⁽⁷⁾

Riesgos microbiológicos

La miel es una solución supersaturada de azúcares, principalmente glucosa y fructosa, que se caracteriza por su baja actividad de agua (aw), su acidez natural, su bajo contenido proteico y la alta viscosidad que limita la penetración del oxígeno atmosférico; todas estas características son estresantes para la mayoría de los microorganismos y dificultan su crecimiento y sobrevivencia en esta matriz. Adicional a esto, la miel posee propiedades antimicrobianas debido a varios de sus componentes como peróxido de hidrógeno generado por la glucosa oxidasa,

defensina-1 de abeja, flavonoides, derivados fenólicos y otros compuestos fitoquímicos tales como: pinocembrina, terpenos, alcoholes bencílicos, ácido síringico, siringato de metilo, ácido 3,4,5-trimetoxibenzoico, ácido 2-hidroxibenzoico y 1,4-dihidroxibenzeno, los cuales siguen todavía en estudio.^(28,29,30)

A pesar de los numerosos factores inhibidores que contiene la miel, algunos microorganismos pueden sobrevivir en este producto, al menos como formas latentes y pueden representar un medio para su

transferencia a los consumidores. La miel es utilizada como ingrediente alimenticio y su carga microbiana puede transferirse a matrices complejas, donde algunos microorganismos pueden encontrar las condiciones óptimas para desarrollarse; de particular interés es la presencia de *Clostridium botulinum* debido al riesgo de botulismo infantil que puede presentarse en niños menores de un año de edad.^(31,32)

La contaminación microbiana de la miel tiene su origen en las fuentes primarias (Tabla 4), que incluyen polen, tracto gastrointestinal de la abeja, polvo, aire, suelo y néctar, y las fuentes secundarias que son aquellas relacionadas con la manipulación de la miel por los apicultores e incluyen aire, manejo de alimentación, contaminación cruzada, equipo, recipientes y edificios.⁽⁷⁾

Los principales microorganismos que se han encontrado en la miel son hongos, levaduras y bacterias formadoras de esporas. Los hongos y las levaduras son responsables de la fermentación de la miel cuando este producto presenta un contenido de humedad elevado (por ejemplo, arriba de 21%). Los microorganismos más encontrados en la miel son *Penicillium* y *Mucor*, sin embargo, la presencia de cepas de *Bettisia alvei*, *Acosphaera apis* y *Acosphaera* pueden ser un indicador de malas prácticas de manejo de la colmena; por otro lado, las cepas de *Saccharomyces*, *Schizosaccharomyces* y *Torula* predominan entre las levaduras. Las esporas bacterianas, particularmente de los géneros *Bacillus* y *Clostridium*, son encontradas regularmente en la miel y los clostridios reductores de sulfitos son considerados un microorganismo indicador de contaminación.⁽³³⁾

TABLA 4
FUENTES PRIMARIAS DE CONTAMINACIÓN MICROBIANA DE LA MIEL^(34,35)

Fuente contaminación	Principales microorganismos
Suelo	<i>Actinobacter</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Corynebacterium</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Psychrobacter</i> y <i>Vagococcus</i>
Aire y polvo	<i>Bacillus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Flavobacterium</i> y <i>Micrococcus</i> .
Plantas y polen	<i>Achromobacter</i> , <i>Bacillus circulans</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. megaterium</i> , <i>B. subtilis</i> , <i>Brochotrix</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Clostridium botulinum</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Enterococcus</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Listeria</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Pediococcus</i> , <i>Staphylococcus sciuri</i> , <i>Sarcina</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Aureobasidium</i> , <i>Candida</i> , <i>C. methanosorbosa</i> , <i>C. railenensis</i> , <i>C. vanderwaltii</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>C. cladosporoides</i> , <i>Cryptococcus</i> , <i>Hanseniaspora osmophila</i> , <i>H. uvarum</i> , <i>Lachancea cidri</i> , <i>L. thermotolerans</i> , <i>Metschnikowia</i> , <i>M. pulcherrima</i> , <i>Meyerozyma caribbica</i> , <i>M. guilliermondii</i> , <i>Mucor</i> , <i>Penicillium</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. chrysogenum</i> , <i>P. griseofulvum</i> , <i>P. solitum</i> var. <i>crustosum</i> , <i>Pichia fermentans</i> , <i>P. kluyveri</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Rhodotorula</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>Scytalidium</i> , <i>Sporobolomyces</i> , <i>Torula</i> , <i>Torulasporea pretoriensis</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i> , <i>Zygosaccharomyces bisporus</i> , <i>Z. rouxii</i> , <i>Alternaria</i> .

Continuación...

Fuente contaminación	Principales microorganismos
Tracto gastrointestinal de abejas	<i>Bacillus</i> , <i>Streptococcus</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Achromobacter</i> , <i>Citrobacter</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Erwinia</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Flavobacterium</i> , <i>Klebsiella</i> , <i>Gluconobacter</i> , <i>Lactobacillus</i> , <i>Proteus</i> , <i>Pseudomonas</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Candida magnoliae</i> , <i>C. parapsilosis</i> , <i>C. glabrata</i> , <i>Chaetomium</i> , <i>Cronartium</i> , <i>Cryptococcus neoformans</i> var. <i>grubii</i> , <i>Endocronatrium</i> , <i>Melanospora</i> , <i>Myceliophthora thermophila</i> , <i>Nosema apis</i> , <i>N. ceranae</i> , <i>Penicillium</i> , <i>P. brevicompactum</i> , <i>P. chrysogenum</i> , <i>P. griseofulvum</i> , <i>P. solitum</i> var. <i>crustosum</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i> .
Colmena	<i>Bacillus</i> , <i>Micrococcus</i> , <i>Aspergillus</i> .

En contraste con las fuentes primarias de contaminación de la miel, las fuentes secundarias pueden controlarse a través de la aplicación de procedimientos de sanitización estándar y con buenas prácticas de manufactura.⁽³³⁾ Las posibles rutas de transmisión de microorganismos a la miel extraída pueden incluir aire (en la mielera o mientras la miel es empacada); al personal que manipula la miel, a través de infecciones en la piel, estornudos o contaminación fecal; contaminación cruzada (principalmente por animales o por productos pecuarios) y por equipamiento (incluyendo residuos de alimentos o agua). Los pisos, paredes y techos también pueden ser reservorios de microorganismos que entran al alimento; básicamente, los microorganismos no pueden duplicarse en la miel y la existencia de números elevados de bacterias vegetativas en la miel puede ser ocasionada por una contaminación reciente vía fuentes secundarias.

El primer paso en el manejo de la miel lo realiza el productor cuando retira de las colmenas las alzas que tienen un 90% de operculado en sus panales señal de que esta miel contiene un mínimo de humedad que

evitará su fermentación, siendo la primera fase para su conservación y control en su calidad. La miel madura tiene normalmente un contenido de humedad por debajo del 18.5% y cuando se excede de este nivel es susceptible de fermentar, particularmente cuando la cantidad de levaduras osmofílicas es suficientemente alta.⁽³⁶⁾ El porcentaje de agua superior al 20% favorece el desarrollo de mohos y levaduras que desencadenan el proceso de fermentación. La miel fermentada tiene olor y sabor a vinagre y no puede ser comercializada. Debido a que la miel es un producto natural y de consumo humano, el aspecto higiénico es un factor importante tanto en el personal que maneja el dulce en sus diferentes etapas como en la infraestructura y equipo en donde se llevará la recepción de alzas, almacenaje, beneficio y envasado.

La calidad microbiológica de la miel puede verse comprometida por prácticas higiénicas durante su cosecha y extracción, así como el tiempo y condiciones de almacenaje. Las propiedades intrínsecas de la miel afectan el crecimiento y la sobrevivencia de varias especies de microorganismos, influenciando las proporciones de las espe-

cies. En un estudio reciente en mieles del sureste de Italia, la mayor cantidad de levaduras se obtuvo en la miel de *Er. japonica*, lo cual no es de sorprender porque es un producto cosechado en el invierno, cuando el contenido de humedad puede ser muy alto debido a las propiedades higroscópicas de la miel.⁽³⁷⁾

La microbiota de las mieles multiflorales muestran los valores más altos de riqueza

Puntos de control de Riesgos

Debido a la globalización económica, las políticas actuales exigen una garantía para la producción de alimentos inocuos y auténticos. La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) dicta las disposiciones internacionales en materia de calidad e inocuidad alimentaria, mismas que son propuestas por la Organización Mundial de la Salud (OMS), a través del *Codex alimentarius* y la Unión Europea. La FDA recomienda la aplicación de estrategias orientadas a lograr mejores alimentos, sin riesgos e inocuos para la población. Con la aplicación de Buenas Prácticas, en la cadena agroalimentaria de miel de *Apis mellifera* se sientan sus bases en el establecimiento de HACCP. Siendo fundamental la prevención, la aplicación de Buenas Prácticas es motivo de mayor importancia.

Por ello, desde 1998 México lleva cabo el Programa de Monitoreo y Control de Residuos Tóxicos en Miel, con lo cual se han mantenido las puertas abiertas de los países que integran la Unión Europea para la exportación de miel mexicana. En este sentido, la Coordinación General de Ganadería

de genotipos e índices de diversidad microbiana. Algunas especies fueron detectadas en casi todas las mieles y algunas cepas fueron reconocidas más de una vez, independientemente del origen del producto, señalando la gran adaptación microbiana a la matriz. Para las especies encontradas ocasionalmente no se halló una correlación entre el origen botánico o geográfico, por lo que sólo puede suponerse una contaminación ambiental.

(CGG) y el Senasica exhortan a los productores apícolas a registrarse bajo el Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel; como asociaciones organizadas, mediante este instrumento se facilitará la capacitación de los apicultores y la incorporación de Buenas Prácticas que permitan procesos inocuos en sus apiarios.

Bajo este contexto, en México se ha puesto en marcha un programa voluntario dirigido a los productores, para que apliquen las Buenas Prácticas de Producción en Miel durante toda la cadena. Sin duda alguna, quienes cumplan con estos lineamientos obtendrán el reconocimiento o certificación de la producción primaria de la miel, facilitando la certificación de otros eslabones de la cadena como envasado y exportación.

La implementación de las Buenas Prácticas de Producción y el conocimiento de los tipos de contaminación de la miel permiten identificar los puntos de control y evitar los peligros presentes en las etapas del proceso de producción de la miel (Capítulo II). Por ejemplo, en el manejo de las abejas se debe evitar la introducción de enfermedades apícolas

o de plagas que hicieran necesario la aplicación de medicamentos que pudieran contaminar la miel. En este sentido, se recalca la importancia del uso adecuado de antibióticos o insecticidas para evitar la presencia de residuos en la miel. Asimismo, la alimentación artificial puede representar

riesgos de contaminación química o microbiológica, por lo que el apicultor debe rechazar la administración de alimentos con indicios de contaminación o en mal estado; además, deberá cumplir con las normas básicas de seguridad e higiene para la preparación del alimento.⁽¹⁹⁾

Alternativas para el control de riesgos

En México, la inocuidad de la miel envasada podrá asegurarse adecuadamente, cuando se atiendan estrictamente las buenas prácticas de fabricación detalladas en el Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para Alimentos. Estando la miel catalogada dentro de la clasificación de alimentos poco ácidos y acidificados envasados (CAC/RCP 23-1979),⁽³⁹⁾ los puntos de control necesarios están durante la fabricación del envase, el envasado, el almacenamiento y el envío del producto, siguiendo por la inspección de muestras tomadas representativas de un lote de producto terminado. Esto puede proporcionar garantías limitadas de inocuidad, ya que la finalidad es lograr un determinado grado de calidad del lote en relación exclusiva con los defectos y esto no resulta idóneo para un examen de remesas cuya historia y trazabilidad se desconoce. En este caso, el tipo de medidas a tomarse dependería de la cantidad y tipo de envases defectuosos encontrados y/o de los requisitos predominantes del organismo de reglamentación competente.

Según el *Manual de Buenas Prácticas de Producción de Miel*, otras medidas de control de riesgos que permiten garantizar la inocuidad son:

- La miel debe proceder exclusivamente de las colmenas inscritas en el Padrón de Productores y cumplir con las buenas prácticas de colecta y envasado.
- Para la cata o castra, el desabejado se suele realizar por el sistema tradicional de cepillado de abejas con cepillos de simple o doble hilera de cerdas naturales.
- Para evitar riesgos microbiológicos, se debe partir siempre de panales operculados los cuales son desoperculados mediante el sistema tradicional de cuchillos previamente calentados con agua a punto de ebullición o bien mediante una deselladora.
- La extracción de la miel de los panales se hace siempre por centrifugación.
- El almacenamiento de la miel se realiza en bidones de plástico alimentario o de chapa recubierta de pintura alimentaria debidamente identificados conforme el Manual de Calidad.

La prevención de la exposición a agentes químicos contaminantes es el único método eficaz para limitar la toxicidad debida a los

alcaloides y otros contaminantes ambientales como Pb y Cd. Los contaminantes de las plantas y ambientales aun ingeridos a dosis bajas después de un cierto periodo pueden representar un alto riesgo para la

salud, por lo que la exposición debe evitarse o reducirse en tanto sea posible; los puntos de acción en estos casos es ubicar los apiarios en zonas libres de estos contaminantes.

Conclusión

La miel es uno de los productos naturales más inocuos y saludables; es elaborada por las abejas a base del néctar que extraen de las flores. Las abejas enriquecen y transforman este néctar con sustancias específicas propias, la depositan y almacenan en los panales donde la hacen madurar. Aunque la miel siempre ha contado con un amplio reconocimiento como alimento puro y natural, ésta no debe quedar exenta del cumplimiento de los requisitos y lineamientos dictados en las normas para su comercialización, tanto nacional como internacionalmente, esto permite que se garanticen su calidad e inocuidad. En México, la miel es un producto de alta calidad, que es exportado a la Unión Europea principalmente a Alemania y el Reino Unido, por lo que es necesario implementar sistemas de aseguramiento integral de la calidad, monitoreándolo a lo largo de toda la cadena productiva de la miel. En este sentido, en México se busca que los apicultores apliquen el *Manual de*

Buenas Prácticas Pecunarias en la Producción de Miel, para garantizar la capacitación de los apicultores mediante la incorporación de Buenas Prácticas que permiten procesos inocuos desde las primeras etapas de producción, es decir, desde los apiarios. De este modo la implementación de las Buenas Prácticas de Producción y el conocimiento de los tipos de contaminación de la miel permiten identificar los puntos de control y evitar los peligros presentes en las etapas del proceso de producción de la miel.

Si bien la regulación internacional en relación con la presencia de pesticidas en miel es muy estricta, es importante hacer conciencia en los productores, comercializadores y en el mismo consumidor que estos compuestos son altamente nocivos para la salud humana, además de afectar de una manera importante en el decaimiento de abejas que podría traer como consecuencia una crisis mundial. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Europeo, E.L.P., Consejo, E.L., Uni, D.E.L.A., Europeo, P. & Oficial, D. El Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, (3). 2006, 11-15 (2005).
- ⁽²⁾Secretaría de Economía. NMX-F-036-NORMEX-2006 Alimentos-Miel-Especificaciones y Métodos de Prueba (2006).
- ⁽³⁾Nacional, E. *et al.* Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-F- 036-NORMEX-2006 y NMX-V-034-NORMEX-2006. 2006-2007 (2016).
- ⁽⁴⁾Stan, C. *Codex Stan 12-1981*, pp. 1 de 9 *Codex Stan 12-1981 1-9* (2001).
- ⁽⁵⁾Johnson, R.M. “Honey Bee Toxicology”. *Annu. Rev. Entomol.* 60, 415-434 (2014).
- ⁽⁶⁾Aghamirlou, H.M. *et al.* “Heavy metals determination in honey samples using inductively coupled plasma-optical emission spectrometry”. *J. Environ. Heal. Sci. Eng.* 13, 1 (2015).
- ⁽⁷⁾Al-Waili, N., Salom, K., Al-Ghamdi, A. & Javed Ansari, M. “Antibiotic, Pesticide, and Microbial Contaminants of Honey: Human Health Hazards”. *Sci. World J* (2012).
- ⁽⁸⁾Pollen, P. “Pyrrolizidine Alkaloids of *Echium vulgare* Honey Found in Pure Pollen”. 4, 594-600 (2005).
- ⁽⁹⁾Pyrrolizidine-alkaloids-in-food.pdf.
- ⁽¹⁰⁾Souza Tette, P.A., Guidi, L.R., De Abreu Glória, M.B. & Fernandes, C. “Pesticides in honey: A review on chromatographic analytical methods”. *Talanta* 149, 124-141 (2016).
- ⁽¹¹⁾Kasiotis, K.M., Anagnostopoulos, C., Anastasiadou, P. & Machera, K. “Pesticide residues in honeybees, honey and bee pollen by LC-MS/MS screening: Reported death incidents in honeybees”. *Sci. Total Environ* (2014). doi:10.1016/j.scitotenv.2014.03.042
- ⁽¹²⁾Juan-Borrás, M., Domenech, E. & Escriche, I. “Mixture-risk-assessment of pesticide residues in retail polyfloral honey”. *Food Control* (2016). doi:10.1016/j.foodcont.2016.02.051
- ⁽¹³⁾Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E. & Picó, Y. “Efficiency of QuEChERS approach for determining 52 pesticide residues in honey and honey bees”. *MethodsX* (2016). doi:10.1016/j.mex.2016.05.005
- ⁽¹⁴⁾Tette, P.A.S. *et al.* “Multiclass method for pesticides quantification in honey by means of modified QuEChERS and UHPLC-MS/MS”. *Food Chem* (2016). doi:10.1016/j.foodchem.2016.05.036
- ⁽¹⁵⁾Massieu, Y. “Cultivos y alimentos transgénicos en México. El debate, los actores y las fuerzas

- sociopolíticas”. *Argumentos, UAM-X* 22, 217-243 (2009).
- ⁽¹⁶⁾Mannion, A.M. & Morse, S. “Biotechnology in agriculture: Agronomic and environmental considerations and reflections based on 15 years of GM crops”. *Prog. Phys. Geogr.* 36, 747-763 (2012).
- ⁽¹⁷⁾*Diario Oficial de la Federación*. “Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados”. Ciudad de México (2005).
- ⁽¹⁸⁾Batllo, E. *Justificación Técnica - Científica para emitir opinión favorable a solicitudes de zonas libres de cultivos de organismos genéticamente modificados en el estado de Yucatán* (2012).
- ⁽¹⁹⁾Sagarpa. *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel* (3.a ed.). Ciudad de México. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?IdDocumento=21454&IdUrl=76986&down=true>. *Man. Buenas Prácticas Pecu. en la Prod. Miel* (3.a ed.). 3 ed, (2015).
- ⁽²⁰⁾Conabio y AECID. Denominación de Origen de mieles de la Península de Yucatán (2011).
- ⁽²¹⁾Codex Alimentarius Commission. Codex Alimentarius Commission Standards. *Codex Stan 12-1981* 1-8 (2001).
- ⁽²²⁾Ohe, W. Von Der *et al.* “Honey quality, methods of analysis and international regulatory standards: review of the work of the international honey commission the collaborative work of the international honey”. *Swiss Bee Res. Cent.* 1-15 (2000). doi:10.1080/0005772X.1999.11099428
- ⁽²³⁾Bargańska, Z., Namieśnik, J. & Ślebioda, M. “Determination of antibiotic residues in honey”. *TrAC -Trends Anal. Chem.* 30, 1035-1041 (2011).
- ⁽²⁴⁾Gallardo-Velázquez, T., Osorio-Revilla, G., Loa, M.Z. & Rivera-Espinoza, Y. “Application of FTIR-HATR spectroscopy and multivariate analysis to the quantification of adulterants in Mexican honeys”. *Food Res. Int.* 42, 313-318 (2009).
- ⁽²⁵⁾Galarini, R., Saluti, G., Giusepponi, D., Rossi, R. & Moretti, S. Multiclass determination of 27 antibiotics in honey. *Food Control* 48, 12-24 (2015).
- ⁽²⁶⁾Francis, R.M., Nielsen, S.L. & Kryger, P. “Varroa-Virus Interaction in Collapsing Honey Bee Colonies”. *PLoS One* 8 (2013).
- ⁽²⁷⁾Cuatrimestre, S. *Alertas y Notificaciones 2013* (2013).
- ⁽²⁸⁾Isla, M.I. *et al.* “Physico chemical and bioactive properties of honeys from Northwestern Argentina”. *LWT-Food Sci. Technol.* 44, 1922-1930 (2011).
- ⁽²⁹⁾Mandal, M.D. & Mandal, S. “Honey: its medicinal property and antibacterial activity”. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 1, 154-160 (2011).

- ⁽³⁰⁾Rodríguez, B.A., Mendoza, S., Iturriga, M.H. & Castaño-Tostado, E. “Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys”. *J. Food Sci.* 77 (2012).
- ⁽³¹⁾Nevas, M., Lindström, M., Hörman, A., Keto-Timonen, R. & Korkeala, H. “Contamination routes of *Clostridium botulinum* in the honey production environment”. *Environ. Microbiol.* 8, 1085-1094 (2006).
- ⁽³²⁾Koluman, A., Melikoğlu Gölçü, B., Derin, O., Özkök, S. & Anniballi, F. “*Clostridium botulinum* in honey: Prevalence and antibiotic susceptibility of isolated strains”. *Turkish J. Vet. Anim. Sci.* (2013). doi:10.3906/vet-1209-40
- ⁽³³⁾Finola, M.S., Lasagno, M.C. & Marioli, J.M. “Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina”. *Food Chem.* 100, 1649-1653 (2007).
- ⁽³⁴⁾Snowdon, J.A. & Cliver, D.O. “Microorganisms in honey”. *Int. J. Food Microbiol.* 31, 1-26 (1996).
- ⁽³⁵⁾Grabowski, N.T. & Klein, G. “Microbiology and Food-borne Pathogens in Honey”. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 8398, 00-00 (2015).
- ⁽³⁶⁾Ulloa, J.A., Mondragón, C.P.M., Rodríguez, R.R., Reséndiz, V.J.A. & Rosas, U.P. “La miel de abeja y su importancia”. *Rev. Fuente* 2, 11-18 (2010).
- ⁽³⁷⁾Sinacori, M. *et al.* “Cultivable microorganisms associated with honeys of different geographical and botanical origin”. *Food Microbiol.* 38, 284-294 (2014).
- ⁽³⁸⁾Grigoryan, K. en *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods* 217-246 (2016). doi:10.1016/B978-0-12-800605-4.00012-8
- ⁽³⁹⁾Críticos, P. & Haccp, D.E.C. 3. análisis de peligros y puntos críticos de control (haccp) 1.





Capítulo VI

Trazabilidad de la miel mexicana, un acercamiento hacia su correcta implementación, ventajas y oportunidades

Cano-Sosa Julia del S,^c Ramos-Díaz Ana,^c
Moguel-Ordóñez Yolanda B,^a Villanueva-Gutiérrez Rogel^b
y Pacheco-López Neith^c

^aInstituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y
Pecuarias-Centro de Investigación Regional Sureste.
Campo Experimental Mocochoá

^bEl Colegio de la Frontera Sur. Chetumal.

Departamento de Conservación de la Biodiversidad

^cCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. Unidad Sureste

informes: jcano@ciatej.mx

Resumen

En México la actividad de apicultura posee una gran importancia a nivel socioeconómico y ecológico; a pesar de ser en su mayoría una actividad secundaria para los productores es una de las principales actividades pecuarias del país. Yucatán es el estado con la mayor producción nacional. Por lo anterior es una necesidad actualmente la correcta implementación de un sistema de trazabilidad en este campo ya que es la base para determinar la autenticidad de un producto, así como determinar su origen geográfico, lo cual confiere ventaja comercial a las empresas que lo implementan.

Uno de los principales exportadores de miel en el mundo es México por lo que debemos cuidar la inocuidad de nuestra miel, sobre todo durante su extracción y en su procesamiento, puntos clave para su contaminación, lo que disminuye su calidad y representa un riesgo en la inocuidad del producto.

Introducción

De cada bote de miel comercializado debemos tener acceso a su propia historia, poder recorrer desde su origen hasta el momento en que se envasa y se pone a venta. Para poder tener acceso a este recorrido de la miel es indispensable un sistema de trazabilidad bien establecido y aplicado. Ejemplo de ello es el código de barras (Figura 1).

El tema de inocuidad alimentaria compete a empresarios y a los consumidores, debido a esto existen normas y reglamentaciones que se deben seguir en una cadena alimentaria.

Es en este tema en el que versa la importancia de la trazabilidad.

La trazabilidad es una herramienta que permite rastrear un producto en un determinado momento con el principal fin de que ante la detección una pérdida de seguridad de un producto sea posible que se adapten las medidas necesarias, como por ejemplo el retiro de un lote de un determinado producto. La trazabilidad surgió de una reglamentación europea 178/2002 y es de carácter obligatorio en los países de la Unión Europea.

La inocuidad alimentaria es un tema que atañe a consumidores y empresarios dado que las enfermedades causadas por los alimentos generan una importante amenaza para la salud pública. La FAO/OMS, en conferencia sobre Nutrición en noviembre de 2014, indicó la importancia de la inocuidad de los alimentos para una mejor nutrición mediante una alimentación sana y nutritiva.⁽¹⁾

Una de cada diez personas se enferman cada año por ingerir alimentos y 420.000 mueren como consecuencia de estas enfermedades. Los que más riesgo corren son los niños menores de 5 años.⁽²⁾ Como ejemplo, el botulismo puede afectar a niños menores de seis meses. Son varias las fuentes y dentro de ellas puede estar la miel contaminada con esporas, la cual se ha asociado a algunos casos. Por lo tanto, la OMS aconseja no alimentar con miel a niños menores de un año.⁽³⁾ Por lo anterior, la miel, al ser un alimento de alta demanda, requiere vigilancia constante en la parte de inocuidad alimentaria y un sistema de trazabilidad permite esto.

Como se menciona en el folleto técnico “Metodología para establecer un sistema de trazabilidad de la miel” realizado por la Dra. Yolanda Moguel y el M.C. Jorge Vivas Rodríguez del INIFAB, en el estado de Yucatán existe una problemática en el acopio de la miel, lo cual dificulta el que se pueda establecer como tal un sistema de trazabilidad.⁽⁴⁾

La problemática es la existencia de una gran cantidad de productores alrededor del estado que realizan la apicultura como un actividad alterna y artesanal por lo que los volúmenes de miel que producen varían lo

mismo que las condiciones de la miel que obtienen, aunado a esto existen intermediarios para la comercialización de la miel, así como centros de acopio, lo cual genera varias posibles rutas de comercialización hasta que finalmente llega la miel a una planta envasadora.⁽⁴⁾

En la actualidad, la inocuidad es una exigencia de los consumidores ya que desean acceder a alimentos sanos y seguros, lo que ha hecho que las autoridades competentes en materia de seguridad sanitaria de alimentos apliquen estrategias para proteger la salud de la población. La FAO y la OMS han promovido sistemas nacionales de control de los alimentos basados en principios y directrices de carácter científico, que abarcan todos los sectores de la cadena alimentaria y recomiendan estrategias orientadas a lograr alimentos sin riesgos para la población.

A través del *Codex alimentarius*, la FAO/OMS han publicado diversas normas particulares para cada sector agroalimentario, y cada país establece reglamentos y procedimientos de control para asegurar el cumplimiento de las normas para el cuidado de la inocuidad de los alimentos entre los que se encuentra la Rastreabilidad. En 1999 la Unión Europea adoptó la trazabilidad como herramienta esencial para la seguridad alimentaria; a partir de 2005 exige a todo país importador asegurar la trazabilidad de cualquier producto agroalimentario presente en sus mercados. Cumplir con dicho programa es muy importante en la producción de alimentos y la industria alimentaria, sobre todo en los alimentos destinados a exportación, como es el caso de la miel en México.^(5,6)

Rastreabilidad de los alimentos

El *Codex alimentarius* emite el código alimentario CAC/GL 60-2006 “Principios para la rastreabilidad/rastreo de productos como herramienta en el contexto de la inspección y certificación de alimentos” en el cual se establece un conjunto de principios para ayudar a las autoridades competentes a utilizar la rastreabilidad/rastreo de productos como una herramienta para sus sistemas de inspección y certificación de alimentos, con el fin de contribuir a proteger al consumidor contra los peligros transmitidos por los alimentos y las prácticas comerciales engañosas, y facilitar el comercio mediante la descripción exacta de los productos.⁽⁷⁾ El *Codex alimentarius* define **Rastreabilidad/rastreo** de los productos como la capacidad para seguir el desplazamiento de un alimento a través de una o varias etapas especificadas de su producción, transformación y distribución. Se indica en dicho documento que la rastreabilidad es una herramienta que por sí misma no proporciona mejores resultados en lo referente a la inocuidad de los alimentos a menos que se aplique con otras medidas, pero puede contribuir a eficacia y/o eficiencia de medidas relacionadas con la inocuidad de los alimentos.

La rastreabilidad debe aplicarse a todas las etapas o a etapas específicas de la cadena alimentaria (de la producción a la distribución) y debe tener la capacidad de identificar la procedencia del alimento (una etapa anterior) y el destino del mismo (una etapa posterior) en cualquier etapa de la cadena alimentaria (de la producción a la distribución), según corresponda a los objetivos

del sistema de inspección y certificación. Además, el sistema debe ser transparente y ponerse a disposición de las autoridades competentes del país exportador a petición de las mismas. La rastreabilidad debe establecerse de acuerdo con los requerimientos del sistema de producción y distribución del alimento, y la complejidad del sistema puede variar dependiendo de las características del producto y los objetivos que se desee alcanzar.⁽⁸⁾

En el sistema de Rastreabilidad se distinguen dos términos: seguimiento (*tracking*) y rastreo (*tracing*). El seguimiento (*tracking*) es la capacidad de seguir el sendero de una unidad y/o lote de artículos específicos durante su curso vertical a lo largo de la cadena de abastecimiento, a medida que se traslada entre socios comerciales; y rastreo (*tracing*) es la capacidad de identificar el origen de una unidad particular ubicada dentro de la cadena de abastecimiento, haciendo referencia a los registros que se mantienen de ella, siguiendo su curso hacia atrás en la cadena de abastecimiento.⁽⁹⁾

Dependiendo de la actividad que cumpla la organización dentro de la cadena alimentaria es su deber implementar diferentes tipos de rastreabilidad, tales como:

- Rastreabilidad hacia atrás
- Rastreabilidad interna o rastreabilidad de proceso
- Rastreabilidad hacia adelante (www.gcl.cl).

Es importante que exista una relación entre estas tres variantes para que no se corte la cadena de información. La aplicación de rastreabilidad en los alimentos requiere de:

- Programas de codificación segura y eficaz, puesto que cualquier unidad debe ser identificada inequívocamente. Este identificador único es la llave que permite acceder a todos los datos disponibles acerca de la historia del producto, su aplicación o ubicación.
- Programas diseñados para asegurar la calidad de insumos, ingredientes, servicios y productos con auditorías en toda la cadena de valor.
- Programas de recall.
- Una buena comunicación en los procesos para lograr la mayor eficacia en el menor tiempo.⁽¹⁰⁾

La rastreabilidad como parte de las estrategias para alcanzar la inocuidad de los alimentos ha sido también foco de atención de diversos sistemas de control y certificación de procesos de producción de alimentos. En el año 2001 algunos países encabezados por la Asociación Danesa de Normas observaron la necesidad de establecer una norma global para la inocuidad de los alimentos. Se elaboran las series de normas ISO 22000:2005 preparadas por el Comité Técnico ISO/TC 34; Productos alimenticios, las cuales son una familia de normas entre las que se encuentra la ISO 22005:2007 Trazabilidad de la cadena alimentaria-Principios generales y requisitos fundamentales para el diseño y la implementación del sistema. En dicha norma se proporcionan los principios y especifica los requerimientos básicos para el diseño y la implementación de un sistema de trazabilidad de la cadena alimentaria, y puede ser aplicada por una organización que esté actuando en cualquier etapa de la cadena alimentaria.⁽¹¹⁾

Rastreabilidad de la miel en México

México pertenece a los principales productores y exportadores de miel en el mundo, siendo los países de la Unión Europea los principales importadores de la miel mexicana. Para mantener la confianza de los compradores internacionales, México ha implementado diversas estrategias para cumplir con los requisitos de manejo y proteger las exportaciones.

Dentro de la estrategia de Senasica ha emitido diversos programas para el cuidado de la inocuidad de la miel, entre los que se encuentran el programa de monitoreo de

residuos tóxicos, el sistema de trazabilidad, programas de BPP y BPM y el HACCP.⁽¹²⁾

La rastreabilidad es actualmente un parámetro importante en la comercialización de alimentos a nivel mundial, ya que es un requisito para asegurar la inocuidad de los alimentos. En el caso de la miel, México tiene el compromiso de asegurar la trazabilidad “desde la colmena hasta la mesa del consumidor”. Cumplir con los requerimientos de inocuidad y trazabilidad ha resultado un problema complejo para la red de valor apícola de México.

El sistema de Trazabilidad se instrumenta en México en noviembre de 2006 a través del portal de Sagarpa/Senasica. El 14 de noviembre de 2006, en un oficio dirigido a todos sus delegados estatales, la Sagarpa/Senasica informa a todos sus delegados estatales que debido a los requerimientos de la Unión Europea todos los productores que exportan miel deberán cumplir, a partir de 2007, con el sistema de Identificación y Trazabilidad de la Miel, por lo cual todos los apicultores, acopiadores, envasadores y exportadores deberán tramitar su número único de identificación (ID) a través de las páginas de internet de dichas dependencias.⁽¹³⁾

Esta estrategia implementada por México hace cumplir con los requerimientos de la Unión Europea, la cual solicita que todos los países que exportan alimentos a los Estados miembros deben cumplir con el Reglamento CE No. 178/2002, donde se establecen los principios y requisitos generales de la legislación alimentaria; específicamente, con el Capítulo 18 de Trazabilidad ubicado en la Sección 4 (Requisitos Generales de la Legislación Alimentaria) y Capítulo II (Legislación Alimentaria General) publicado en el Diario Oficial de las Comunidades Europeas.⁽¹⁴⁾

Además del Sistema Nacional de Identificación de la Miel, el Senasica también

publica formatos para la trazabilidad del apiario, trazabilidad de entrada de la miel, trazabilidad de laboratorio y trazabilidad de salida; teniendo con esta medida registros auditables que permitan implementar un sistema de rastreabilidad, a través del cual se podrá realizar el seguimiento del producto en las diferentes etapas de la actividad. Se busca conocer desde el momento en que el apicultor obtiene el dulce en las colmenas, hasta el frasco que se pone en manos del consumidor que lo demanda en los ámbitos nacional e internacional.

El sistema de Trazabilidad que se implementó por el Senasica fue probado previamente (tres meses antes) a través de un programa piloto en los estados de Yucatán y Puebla para conocer el impacto y desarrollo del mismo, lo que permitió asegurar su aplicación favorable en el país.⁽¹⁵⁾ A partir de la implementación del sistema, la Trazabilidad de la miel ha sido un requisito en diversos programas para acceder a sistemas de apoyo como las establecidas en las Reglas de Operación de los programas de la Sagarpa durante el ejercicio fiscal 2015, en el cual indicó en el Artículo 469 que para acceder al Componente los apicultores deben tener como requisito específico el ID del Programa de Rastreabilidad de la Miel ante el Senasica.

Rastreabilidad de miel en la península de Yucatán

La península de Yucatán es una región con gran tradición apícola en México, existen cerca de 19,000 apicultores que aportan cerca del 35% de la producción nacional y exportan aproximadamente el 90% de su producción a países como Alemania, In-

glaterra, Bélgica, Holanda, Italia y Estados Unidos de América.⁽¹⁶⁾

Para mantener dicha exportación es necesario que los productores cumplan los requisitos actuales en relación con las me-

didadas de control de alimentos, ya que los países importadores de alimentos han establecido estrictas medidas a las compras de miel, debido a que los mercados mundiales, entre ellos los de la Unión Europea, se orientan hacia la comercialización de productos que no perjudiquen la salud. Por lo tanto, las nuevas condiciones del mercado requieren la adopción de sistemas de producción más eficiente y más estrictos controles de calidad; procedimientos que deben aplicarse en todas las actividades que se realizan, desde la producción, acopio y envasado, hasta la venta de la miel para mantener su mercado internacional.⁽¹⁷⁻²⁰⁾

Los elevados volúmenes de producción de miel en la península de Yucatán se deben al gran número de apicultores y colmenas distribuidos en la región, reportándose 666,619 colmenas en el año 2013, siendo Yucatán el que mayor número de colmenas aporta, seguidas por Campeche y Quintana Roo. Sin embargo, la mayoría de productores son campesinos que practican la apicultura como una actividad secundaria, los cuales extraen la miel y llevan a la venta a los diferentes centros de acopio para su exportación. Estos centros de acopio son para los productores las principales vías principales para la comercialización de su miel, no obstante, debido a la existencia de un gran número de diferentes asociaciones y empresas privadas distribuidas en toda la península, hacen del sistema de acopio de miel un sistema estructurado pero complejo, haciendo que el establecimiento del sistema de Rastreabilidad sea un reto en la península de Yucatán.

Dentro de la problemática del acopio de miel en la península de Yucatán se presentan los siguientes puntos:

- a) La existencia de aproximadamente 19,000 productores distribuidos en toda la península.
- b) La mayoría de los productores llevan su miel al centro de acopio en recipientes diversos como cubetas, bidones y tambores dependiendo del volumen cosechado.
- c) Los productores muchas veces no venden la miel en su lugar de origen, sino que acuden donde se les ofrezca mejores precios.
- d) La existencia de intermediarios en lugares apartados, los cuales comercializan la miel bajo diferentes esquemas.
- e) La aparición y desaparición de centro de acopio o intermediarios.
- f) La captación de miel en estados vecinos.
- g) La existencia de diversas rutas de comercialización del apicultor hasta las plantas de exportación.⁽⁹⁾

Para establecer un sistema de rastreabilidad es necesario conocer cada uno de los puntos y los actores involucrados en la secuencia de acopio y comercialización de la miel, dentro de los cuales se han encontrado las siguientes figuras: el productor, el intermediario, el centro de acopio, la envasadora y la envasadora/exportadora. Entre las secuencias más representativas que se detectaron se presentan las siguientes:

Secuencia 1. Productor-intermediario-centro de acopio-planta exportadora

Secuencia 2. Productor-centro de acopio-planta exportadora

Secuencia 3. Productor-intermediario-planta exportadora

Secuencia 4. Productor-planta exportadora

En la primera secuencia, los productores son apicultores que no disponen de instalaciones para el procesamiento y envasado de la miel; venden directamente a un intermediario (o en algunos casos, estos intermediarios tienen tratos con alguna empresa exportadora). Estos intermediarios generalmente cuentan con infraestructura mínima para el manejo y envasado de la miel, por lo cual, cuando reúne cierto volumen de miel (Lote), lo llevan a vender a algún centro de acopio. Este centro de acopio puede ser independiente o pertenecer a una empresa envasadora de miel, el cual compra para después vender a las plantas envasadoras, donde se procesan, envasan y comercializan a menudo bajo su propia marca.

En la segunda secuencia se conforma una asociación o sociedad de apicultores que llevan a vender su miel al centro de acopio formado por la misma sociedad que dispone de instalaciones para el procesamiento y envasado de la miel. El centro de acopio

compra, procesa, envasa y comercializa la miel ya sea a alguna planta envasadora o directamente para exportación.

En la tercera secuencia el productor generalmente no entrega su miel a un centro de acopio, ya sea por la incapacidad de trasladar su miel o por la facilidad de venderla en su lugar de origen. Generalmente, los intermediarios en este caso no poseen la infraestructura para procesar y envasar la miel, por lo cual la miel es almacenada en tambores, en los cuales se transportan a la planta envasadora.

En la cuarta secuencia los productores son apicultores que no disponen de instalaciones para el procesamiento y envasado de la miel. Venden directamente a las plantas exportadora, ya sea por su cercanía a ella o porque pertenece su organización. La planta envasadora tiene la capacidad de procesar, envasar y comercializar la miel.

A pesar de la complejidad de la puesta en marcha del sistema de Rastreabilidad en la península de Yucatán, ésta ha sido implementada con éxito de forma que se han mantenido las exportaciones de miel en la Unión Europea y diversos países que demandan la miel yucateca. Para mantener el sistema de Rastreabilidad es importante contar con el apoyo de los productores y las empresas exportadoras, además de mantener estrategias para difundir e inducir a todos los actores de la cadena a adoptar dicho sistema.

La miel en el tema de inocuidad

En México contamos con la norma NMX-F-036-2006-NORMEX específica para miel.

Además de los lineamientos internacionales *Codex alimentarius* (CODEX STAN 12,

1981) y la Comisión del *Codex alimentarius* FAO-OMS (CODEX STAN 1, 1985).

En estos documentos se encuentran los parámetros aceptados para determinar la calidad de la miel. Estos parámetros son: contenido de humedad, contenido de ceniza, azúcares reductores y no reductores, acidez libre, conductividad eléctrica, actividad de diastasa y contenido de hidroximetilfurfural (HMF).

Los parámetros de calidad establecidos en las normas nacionales e internacionales permiten detectar la posible adulteración de la miel y sus subproductos.

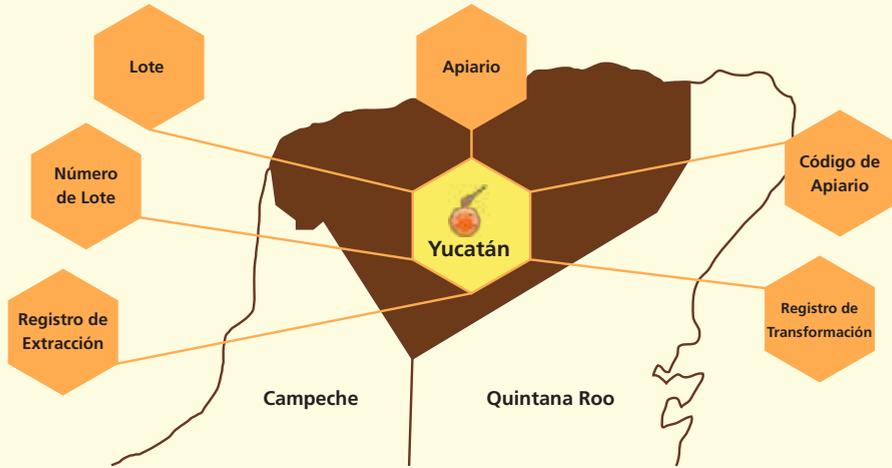
Los puntos principales para la posible contaminación de la miel son: el caso de enfermedades que pudieran presentar las abejas ya que los apicultores en la práctica utilizan antibióticos para evitarlas o controlarlas, generando contaminación de la miel, lo mismo que el uso de pesticidas sin control. Adicionalmente, la presencia de Alcaloides Pirrolizidínicos (PA), metabolitos secundarios de las plantas, son causantes de daños hepáticos, genotóxicos y generadores de tumores reportados en humanos.⁽²¹⁾ Lo anterior remarca la importancia del establecimiento y la implementación de un sistema de Trazabilidad para evitar riesgos de salud.

Términos requeridos para implementar un buen sistema de Trazabilidad

- **Alza:** Conocida también como cámara de miel o conjunto de la caja de madera u otro material, los marcos y panal donde las abejas almacenan la miel
- **Apiario:** conjunto de colmenas que conforman la unidad de producción de miel de abejas en un área establecida
- **Código del apiario:** número de identificación que es único e intransferible y se asigna por una autoridad competente
- **Código del lote:** número único e intransferible que identifica una partida de miel
- **Lote:** grupo de unidades de miel de abejas, el cual es producido, transformado o envasado con características comunes
- **Número de registro del apicultor:** código único e intransferible que se asigna a cada productor por la máxima autoridad en el área
- **Número de registro del establecimiento de extracción:** código único e intransferible que se asigna a cada apicultor con registro
- **Número de registro del establecimiento de transformación:** código único e intransferible a un establecimiento que puede exportar.⁽²²⁾

FIGURA 1

TÉRMINOS REQUERIDOS PARA UN BUEN SISTEMA DE TRAZABILIDAD



Trazabilidad de la miel en el campo

Para lograr un adecuado sistema de trazabilidad se debe dar seguimiento de todas las prácticas realizadas en el campo para

la producción de la miel, éstas se resumen en la Figura 2.^(12,23,24)

FIGURA 2

SEGUIMIENTO DE LA TRAZABILIDAD DE LA MIEL EN EL CAMPO



La palinología en la trazabilidad de la miel

La palinología que es el estudio del polen y las esporas⁽²⁵⁾ es aplicada en el análisis de mieles principalmente para determinar su origen floral. Este punto ha cobrado importancia ya que se puede indicar si la miel es de origen mono o multifloral, lo cual en el mercado es igual a un mejor precio si se trata de una miel multifloral, sobre todo en los mercados europeos en

los que continuamente se requieren productos de mayor calidad y novedad. Uno de los puntos que debe ser tomado en cuenta para incluir en la trazabilidad de la miel es conocer su origen botánico, para lo cual se requieren análisis palinológicos, es decir, la melisopalinología. En la península de Yucatán los principales tipos polínicos presentes en mieles son de las Familias:⁽²⁶⁾

FIGURA 3

FAMILIAS DE PLANTAS A LAS QUE PERTENECEN LOS PRINCIPALES TIPOS POLÍNICOS DE LA MIEL DEL ESTADO DE YUCATÁN



Cómo los estudios del polen de la miel de *A. mellifera* pueden contribuir a la caracterización de las mieles de alguna área o región

El conocimiento de la flora es de gran utilidad para determinar cuáles son los recursos alimenticios utilizados por estas abejas, esto se puede determinar por medio de un análisis melisopalínológico, para conocer el origen botánico (cuáles son las fuentes nectaríferas y poliníferas utilizadas por estas abejas sin aguijón) y el origen geográfico. El conocimiento del origen botánico y geográfico de las mieles producidas por las abejas melíferas (*A. mellifera*) es de gran importancia ecológica y comercial, ya que permite caracterizarlas en base a su contenido polínico. La identificación y conteo de los granos de polen en una muestra de miel nos dará los elementos para poder clasificarla como miel monofloral o polifloral, dependiendo del porcentaje de granos de polen de cada uno de los tipos polínicos o taxa presentes en la misma.

El clasificar una miel como monofloral aumenta aún más su precio en los mercados nacional e internacional,^(27,28) por lo tanto, una miel monofloral, de acuerdo con la normatividad europea, es aquella cuyo contenido de granos de polen de una planta en particular es la dominante en el conjunto palinológico con más del 45% de alrededor de un total de 300 gránulos de polen, cuantificados e identificados al azar.^(27,29-32) Una miel es multifloral cuando el análisis palinológico demuestra que las frecuencias polínicas no revelan dominancia de ningún tipo de planta en particular.^(27,30) En términos comerciales, la caracterización de las mieles les confiere un valor agrega-

do, ya que permite garantizar la calidad y homogeneidad del producto en diferentes cosechas, por lo que su cotización se ve favorecida.^(33,34) Por otro lado, si la caracterización permite asegurar que la miel es monofloral, se aumenta aún más el precio en los mercados nacional e internacional.

Es importante resaltar que la península de Yucatán (a diferencia de las zonas templadas) posee una gran riqueza florística, por lo que es difícil obtener mieles monoflorales, ya que la abeja africana tiene a su alcance una gran diversidad florística de donde obtener sus fuentes nectaríferas y poliníferas.^(28,33-36)

Por lo tanto es importante realizar un manejo adecuado de las colonias, que permita obtener mieles uniflorales. Las colonias deben tener panales nuevos para que la miel que almacenen las abejas corresponda al néctar de la planta que está floreciendo, de esta forma se va a lograr tener una miel con un alto porcentaje de la planta de la cual se desea obtener la miel monofloral. El néctar de cada especie vegetal le confiere a la miel características específicas de aroma, color, sabor y composición fisicoquímica.^(31,32,37) Estos estudios son complementados con observaciones de campo, en los cuales se registran las plantas visitadas por estos insectos. De esta forma se determina no sólo la procedencia sino también se pueden identificar y cuantificar las especies polínicas presentes en el área de estudio.

TABLA 1
 ESPECIES MELÍFERAS MÁS IMPORTANTES PARA LAS ABEJAS AFRICANIZADAS
 EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Nombre común	Nombre científico	Forma de vida
chechem	<i>Metopium brownei</i>	árbol
chaca	<i>Bursera simaruba</i>	árbol
balché	<i>Lonchocarpus longystylus</i>	árbol
sak-tok´ja´aban	<i>Eupatorium albicaule</i>	arbusto
tajonal	<i>Viguiera dentata</i>	hierba
sak-piixoy	<i>Trema micrantha</i>	árbol
puus-mucuy	<i>Samyda yucatanenses</i>	arbusto
k´anasín	<i>Lonchocarpus rugosus</i>	árbol
mamey	<i>Pouteria mammosa</i>	árbol
tzitzilche	<i>Gymnopodium floribundum</i>	árbol o arbusto
xcheem-ak´	<i>Paullinia cururu</i>	bejuco
limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	arbusto
cocotero	<i>Cocos nucifera</i>	árbol
chiit	<i>Thrinax radiata</i>	árbol
k´aanmul	<i>Bidens pilosa</i>	hierba

Ventajas y oportunidades de una correcta implementación del sistema de Trazabilidad en la miel

El implementar un sistema de Trazabilidad o Rastreabilidad de la miel no fue tarea fácil ya que muchos productores realizan la actividad apícola como una segunda fuente de ingresos. Sin embargo, ahora el implemento de la Trazabilidad ha tomado mayor importancia con la aparición de nuevas reglamentaciones y tendencias de los consumidores quienes exigen estándares de calidad.

Un sistema de Trazabilidad permite mayor rapidez en trámites, sobre todo en forma

electrónica y aún más cuando se comercializa la miel hacia el exterior.

El cumplimiento de normas internacionales como el reglamento 178/2002 sobre trazabilidad o el 1935/2004 para materiales y objetos que entren en contacto con alimentos (orientado a los envases) o la Ley de Bioterrorismo de 2003, o la Ley de Sanidad de Alimentos en Japón, es uno de los puntos que determina el éxito de un producto como la miel en el mercado extranjero.⁽³⁸⁾

Dentro de las ventajas que conlleva el implementar adecuadamente un sistema de trazabilidad están:

1. Poder identificar la materia prima para la elaboración de un producto.
2. Control y optimización de los stocks manejados.
3. Coordinación de los encargados de distribuir el producto.
4. Fácil localización y de manera casi inmediata de lotes que pudieran presentar problemas de inocuidad.
5. Reducción de costos de operación.

6. Aumento en la seguridad alimentaria
7. Aumento en la productividad.
8. La imagen comercial es mejor valorada.
9. Aumenta la confianza de los consumidores y por ende el consumo.

Como desventajas podemos indicar:

1. Costo inicial de la implementación del sistema de Trazabilidad.
2. Se debe contar con un buen sistema de Gestión de la Calidad.^(39,40)

Sistema Nacional de Identificación y Trazabilidad de la Miel en México

El Sistema de Identificación y Trazabilidad de la Miel (RASMIEL) posee una base de datos en el ámbito nacional en donde se puede encontrar a cada uno de los productores y demás eslabones en la cadena productiva de la miel. El pertenecer a este sistema es un requisito para cualquier trámite que deseen realizar ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa).

El sistema RASMIEL funciona a través del portal de internet del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (Senasica) al cual se puede ingresar a través de la siguiente liga: <http://sistemas.senasica.gob.mx/rastreabilidadMielFX/>. Para que podamos tener un Sistema de

Trazabilidad confiable para que la miel mexicana se siga posicionando como una de las de mayor preferencia reconocimiento internacional, los registros de los apicultores en todo el territorio nacional deben estar actualizados y contar con una clave ID para poder reconocer el origen y el destino de la miel que se produce. Poder contar con información de cuál apiario se cosechó la miel y en cuál establecimiento se acopió, envasó y comercializó.⁽⁴¹⁾

A continuación, se presenta en imágenes el proceso de registro para el Sistema Nacional de Trazabilidad de la Miel en México. Al entrar a la liga de acceso al sistema de trazabilidad que se mencionó anteriormente, se pliega el siguiente menú:

FIGURA 4

MENÚ DE REGISTRO EN LÍNEA EN SENASICA PARA LOS ACTORES QUE INTERVIENEN EN LA CADENA PRODUCTIVA DE LA MIEL



En el menú se realiza la selección de acuerdo con lo que se desea realizar, ya sea registro o actualización de datos. Una

vez seleccionado el registro, aparece una nueva ventana en la que se solicitan datos para identificación.

FIGURA 5

VENTANA DE REGISTRO DE IDENTIFICACIÓN EN SENASICA

Una vez realizado el registro en la página, se solicita actualizar la clave de identificación que se da en el registro. Se llena lo solicitado en la ventana correspondiente y luego

se solicita su activación para que quede el registro completo con la clave activa, como se muestra en las figuras que a continuación se muestran:

FIGURA 6

ACTUALIZACIÓN DE CLAVE DE IDENTIFICACIÓN EN SENASICA

The screenshot shows a web form titled "Actualización Clave Identificación". At the top, there are two radio buttons: "Persona Física" (selected) and "Persona Moral". Below this, there are three input fields: "CLAVE ÚNICA" (with three separate boxes for digits), "CURP", and "RFC". To the right of these fields is the SENASICA logo, which includes a stylized bee and the text "SENASICA" and "SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL". At the bottom of the form, there are three green buttons: "Limpiar", "Buscar", and "Regresar a Inicio".

FIGURA 7

REGISTRO DE CLAVES EN SITIO WEB DE SENASICA

The screenshot shows a web form titled "Registro de Claves". At the top, there is a table with three columns: "Figura", "Tipo clave", and "Clave ciudad". Below the table, there are several input fields and dropdown menus. A section titled "Seleccione el tipo de figura productora (1)" has dropdown menus for "Apicultor", "Aparador", "Ensamblador", "Exportador", and "Importador". Below this, there is a "Capacidad de la UPP" field, followed by "Número de Apicultor" and "Número de Comercios" fields. There are also "Clave UPP" and "Clave PDC" fields. At the bottom, there are two sections: "Registros de miel exportada anualmente" and "Registros de miel importada anualmente", each with a dropdown menu. There are also checkboxes for "Centros de miel en el territorio" and "Origen de la miel importada a México". At the bottom right, there are two green buttons: "Registrar Clave" and "Cancelar".

FIGURA 8

DOCUMENTO OBTENIDO EN LA PÁGINA WEB DE SENASICA QUE OTORGA LA CLAVE ÚNICA TEMPORAL



FIGURA 9

DOCUMENTO OBTENIDO EN LA PÁGINA WEB DE SENASICA QUE OTORGA LA CLAVE ÚNICA ACTIVA



Conclusión

México es un país con una amplia diversidad de plantas con flores, las cuales son empleadas por las abejas para su producción de miel, punto a favor de su aceptación en mercados extranjeros pues confieren sabor, color y olor únicos, de acuerdo con la región del país de donde procedan. En el caso de la península de Yucatán, al ser la región de mayor producción de miel en el ámbito nacional y poseer más de 20,000 productores que son en su mayoría familias de campesinos los cuales practican la apicultura como una actividad secundaria, es indispensable implementar adecuadamente y mantener actualizado el sistema de Trazabilidad establecido en el país a través de la Sagarpa/Senasica para una mayor eficiencia productiva y un control adecuado del proceso de la miel para cuidar su calidad, sobre todo si se toma en cuenta que se presenta un sistema muy diverso para el acopio y la comercialización. En los demás estados productores de miel de igual manera se requiere unificar cada uno de los eslabones de la cadena de producción y comercialización de la miel. Para lograr implementar el sistema de Trazabilidad es importante crear una educación sobre inocuidad y traza-

bilidad de la miel en toda la cadena y los actores que intervienen en la cadena de producción de la miel. Lo anterior pudiera realizarse mediante pláticas y talleres de capacitación para explicar desde definiciones pertinentes hasta el uso y registro en la página web de Senasica. Es importante destacar que la palinología es uno de los puntos que se sugiere incluir en la norma correspondiente para mejorar la trazabilidad de la miel.

El sistema de trazabilidad en el país debe ser entendido por los actores de la cadena de producción y comercialización de la miel no sólo como un requisito sino como una necesidad para mejorar la calidad de sus productos, así como poder acceder y permanecer en los mercados internacionales, ya que cada vez el consumidor es más exigente al seleccionar productos que garanticen su seguridad en el tema de inocuidad alimentaria. El adquirir un producto del que se pueda seguir como una línea de tiempo desde su origen hasta que llega a su mesa en un envase determinado no sólo genera confianza para su consumo sino es un indicativo de calidad. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾FAO/OMS. CIN2. Segunda Conferencia Internacional sobre Nutrición, Mejor Nutrición, Mejor Vida. Food and Agriculture Organization o United Nattions (2014). En <http://www.fao.org/3/a-ml542s.pdf>.
- ⁽²⁾OMS. Inocuidad de los alimentos. Nota descriptiva Núm. 399. Centro de Prensa (2015). En <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs399/es/>
- ⁽³⁾OMS. Botulismo. Nota descriptiva Núm. 270. Centro de Prensa (2013). En <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs270/es/#.WCAPHwxi7pg.mendeley>
- ⁽⁴⁾Moguel, O.Y., Vivas, R. J. *Metodología para establecer un sistema de trazabilidad de la miel* (2008).
- ⁽⁵⁾FAO/OMS. Garantía de la inocuidad y calidad de los alimentos: directrices para el fortalecimiento de los Sistemas Nacionales de Control de los Alimentos. Estudio FAO Alimentación y Nutrición 76 (2003). En <http://www.fao.org/docrep/006/y8705s/y8705s00.htm>
- ⁽⁶⁾Sagarpa/Senanica. *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel.3* (2015).
- ⁽⁷⁾Codex Alimentarius Commission. Principios para la rastreabilidad/rastreo de productos como herramienta en el contexto de la inspección y certificación de alimentos. *Cac/Gl 60-2006* 1–4 (2006).
- ⁽⁸⁾NMX-F-FCC-22005-NORMEX-IMNC-2008. *Trazabilidad de la cadena alimentaria. Principios generales y requisitos fundamentales para el diseño y la implementación del sistema* (2008).
- ⁽⁹⁾Moguel, O.Y., Vivas, R.J. *Implementación de Trazabilidad EAN.UCC* (2008).
- ⁽¹⁰⁾González, N.R.J.P.E. *Logística y calidad I* (2012).
- ⁽¹¹⁾Instituto Mexicano de Normalización y Certificación A.C. *Catálogo de normas* (2014).
- ⁽¹²⁾Sensanica. *Manual de buenas prácticas de manejo y envasado de la miel. 1* Ciudad de México (2009).
- ⁽¹³⁾Sagarpa/Sensanica. (2006).
- ⁽¹⁴⁾*Diario Oficial de las Comunidad Europea*. Reglamento (CE) No. 178/2002 (2012).
- ⁽¹⁵⁾Valle, C. Establecerán apicultores el sistema nacional de identificación de miel en el país (2006).
- ⁽¹⁶⁾Güemes, R.F., F.R.P. *Condiciones actuales de la apicultura en el estado de Campeche* (2001).
- ⁽¹⁷⁾Villanueva, A.G. “La apicultura en la península de Yucatán, México y sus perspectivas”. *Folia Entomol. Méx.* 70, 55–70 (1996).

- (18)Porter, B.L., Medina, A.M.E, Montoy, K.J.A., Montoy, K.P., Martin, E.G.M.P. Flora melífera de La Montaña, Campeche: su importancia para la apicultura y para la vida diaria (2009).
- (19)Sagarpa. (2003).
- (20)INEGI. (2004).
- (21)Pacheco López, N.A., Sánchez Contreras, A., Rodríguez Buenfil, I. En *CLATEJ: Una década de investigación e innovación en el sureste de México*; 303 (2012).
- (22)Senasa. Reglamento técnico sobre el sistema de rastreabilidad o trazabilidad para la miel de abejas. Senasa: Servicio Nacional de Salud Animal de Costa Rica. En
- <http://www.fao.org/docrep/006/y8705s/y8705s00.htm>
- (23)Sagarpa/Senasica. *Manual de buenas prácticas pecuarias en la producción de miel*; 3 Ciudad de México (2015).
- (24)Alfaro, B.R.G. *et al.* Denominación de Origen de mieles de la península de Yucatán. 19-21 (2011).
- (25)Sáenz. Glosario de términos palinológicos. *Lazarroa* 112, 93–112 (2004).
- (26)Ramos-Díaz, A., Noriega-Trejo, R., Sánchez-Contreras, A., San Román-Ávila, D., Góngora-Chim, R., Rodríguez Buenfil, I. *Catálogo de los principales tipos polínicos encontrados en las mieles producidas en la península de Yucatán* (2015).
- (27)Martínez, E., Ramírez, E. “La importancia comercial del origen botánico de las mieles por medio de su contenido de granos de polen”. *Apitec* 27-30 (1998).
- (28)Villanueva-Gutiérrez, R., Moguel-Ordóñez, Y.B., Echazarreta-González, C.M. & Arana-López, G. “Monofloral honeys in the Yucatan Peninsula, Mexico”. *Grana* 48, 214–223 (2009).
- (29)Dustmann, J. “Honey, quality and its control”. *Am. Bee J.* 648–651 (1993).
- (30)Louveaux, J., Maurizio, A. & Vorwohl, G. “Methods of melissopalynology.” *Bee World* 5, 139–153 (1978).
- (31)Jhansi, P., Kalpana, T. & Ramanujam, C. *Pollen analysis of some Apis cerana Fabr honeys from Andhra Pradesh, India To cite this version: of some Apis cerana Fabr* (1994).
- (32)Molan, P. “The limitations of the methods of identifying the floral source of honeys”. *Bee World* 79, 59-68 (1998).

- ⁽³³⁾Güemes-Ricalde, F.J., Villanueva-G, R., Echazarreta-González, C., Gómez-Álvarez, R. & Pat-Fernández, J.M. “Production costs of conventional and organic honey in the Yucatan Peninsula of Mexico”. *J. Apic. Res.* 45, 106–111 (2006).
- ⁽³⁴⁾Güemes-Ricalde, F. J.; Villanueva-G, R. *Características de la apicultura en Quintana Roo y el mercado de sus productos*. El Col. La Front. Sur. México 1-36 (2002).
- ⁽³⁵⁾Villanueva, R. “Polliniferous plants and foraging strategies of *Apis mellifera* (Hymenoptera : Apidae) in the Yucatan Peninsula, Mexico”. *Rev. Biol. Trop.* 50, 1035–1044 (2002).
- ⁽³⁶⁾Villanueva-Gutiérrez, R. 1994. “Nectar sources of European and Africanized honey bees (*Apis mellifera* L.) in the Yucatan Peninsula, Mexico”. *Apic. Res.* 33, 44–58 (1994).
- ⁽³⁷⁾Bucher, S., Kofler, V., Vorwohl, G. & Zieger, E. “The pollen spectrum of the honeys from South”. *Tyrol. Bolzano Biol. Lab. Environ. Prot. Ag.* (2004).
- ⁽³⁸⁾Gudiño, W. Trazabilidad: ¿exigencia u oportunidad para el sector exportador? (2010). Available at: <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/16087-trazabilidad-exigencia-u-oportunidad-el-sector-exportador>. (Accessed: 12th August 2016)
- ⁽³⁹⁾Sagarpa. Comercialización de productos apícolas en Estados Unidos de Norteamérica en base a estudios de mercado y estrategia de negocios. 1-158 (2009).
- ⁽⁴⁰⁾Alfaro, B.R.G. *et al. Caracterización palinológica de las mieles de la península de Yucatán*. Universidad Autónoma de Yucatán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad; 1 Mérida-México (2010).
- ⁽⁴¹⁾Sagarpa. Sistema Nacional de Identificación y Trazabilidad de la Miel (2016). Available at: <http://comunicacionsocialguajalajara.blogspot.mx/2016/02/sistema-nacional-de-identificacion-y.html>





Capítulo VII

Consumo de miel en fresco y sus diferentes aplicaciones

González-Flores Tania,^a Fabela-Morón Miriam F,^{a,b}
Pacheco-López Neith,^a Sánchez-Contreras Ángeles^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco, Unidad Sureste,
97302, Yucatán, México

^bConsejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Cátedra

Información: tgonzalez@ciatej.mx

Palabras clave:
consumo, miel, procesamiento, aplicaciones

Resumen

México ocupa un lugar importante entre los principales exportadores de miel en fresco debido a las características sensoriales distintivas de este producto pecuario y, principalmente, a que su consumo nacional per cápita es bajo, por lo que existe la necesidad de promover el consumo interno de miel, así como la elaboración y exportación de productos que proporcionen mayor valor agregado, de tal manera que se puedan diversificar los mercados y contribuir a la obtención de mayores ingresos.

Las agroindustrias encargadas del envasado y comercialización de la miel en México son muy heterogéneas. La principal industria consumidora de miel es la alimentaria, en donde se utiliza para la fabricación de productos de panadería, confitería, cereales y bebidas, tanto por su poder edulcorante, sabor y olor característico que proporciona al alimento, como por el valor nutricional que confiere como ingrediente. La miel también es utilizada por sus propiedades funcionales en la industria farmacéutica y cosmética, relacionada principalmente con sus actividades antimicrobianas y antioxidantes, derivadas de su composición polifenólica y de ácidos orgánicos. La miel permanece significativamente subaprovechada desde su producción hasta su comercialización, por lo que la diversificación en sus formas de consumo y sus nuevas presentaciones, así como la aplicación de tecnologías innovadoras para su conservación o transformación constituyen una manera de mejorar los sistemas de comercialización al proporcionar valor agregado a los productos apícolas sin alterar sus propiedades sensoriales, funcionales e incrementando su vida de anaquel.

Introducción

La importancia y uso de la miel en varias áreas de la vida diaria ha sido apreciada por siglos y existen diversas referencias históricas a esta sustancia, así por ejemplo, los antiguos egipcios y los griegos se referían a la miel como un producto sagrado.⁽¹⁾

El consumo de miel en el país se puede dividir en tipo directo, que implica que la miel está en su estado natural, tal cual la podemos adquirir en supermercados, tiendas o en el comercio informal directamente de los apicultores en las acopiadoras, los mer-

cados o en las carreteras. La segunda forma de consumo de miel es mediante productos industrializados donde se emplea como edulcorante en la elaboración de cereales, yogurts, jamones, cigarros, pasteles y en la fabricación de cremas, champús y jabones cosméticos.^(2,3) En forma general, los apicultores en México destinan su producción de miel principalmente hacia los centros o lugares de acopio, le sigue en importancia la venta en otro estado, establecimientos del comercio local y, como última opción, la venta en forma directa a los consumidores finales.⁽⁴⁾

En México, la miel se utiliza principalmente con fines nutricionales y su comercialización está enfocada a este mercado. Sin embargo, se ha vuelto un producto importante en el mercado internacional debido a sus usos con fines medicinales y cosméticos que han sido probados tanto en el conocimiento

tradicional como en el ámbito científico. La miel, por sus características funcionales, ha sido apreciada en diferentes culturas y utilizada en la medicina tradicional de manera tópica y oralmente desde tiempos ancestrales. La capacidad antioxidante y antimicrobiana como principales propiedades de este producto se atribuyen a compuestos como: polifenoles, ácido ascórbico, tocoferol, prolina, vitaminas, catalasa y glucosa oxidasa entre otros.

El presente capítulo proporciona información relevante de las maneras en que la miel es consumida actualmente, sus aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmecéutica, así como el uso de nuevas tecnologías para su conservación, expresando el potencial de convertirla en una fuente importante de divisas para el país como productos de valor agregado.

Consumo en fresco

El consumo nacional aparente de la miel en México ha sufrido cambios significativos en los últimos años, como consecuencia directa del crecimiento de la demanda interna y por efectos de los cambios en la producción y su comercialización en el mercado nacional y en el de exportación.⁽³⁾

Hace dos décadas, la mayor parte de la producción de miel se destinaba al mercado internacional (76.8 %), sin embargo, esta tendencia ha cambiado y en la actualidad poco más de la mitad de la producción se comercializa en el mercado nacional, por ejemplo, la demanda interna de miel ha sufrido importantes cambios en los últimos años, pues el consumo per cápita pasó de 170 g en la

década de los noventa a 316 g en la presente, lo que representa un incremento de 85.9%, sin embargo, este consumo aún se encuentra por debajo del reportado para Grecia, Alemania, Suiza y Estados Unidos, donde se supera un kilogramo por habitante.⁽⁴⁾

La normatividad mexicana (NMX-F-036-NORMEX-2006) señala las formas en las que se puede consumir la miel en fresco:⁽⁵⁾

- *Miel en panal.* Es la miel que no ha sido extraída de su almacén natural de cera y que puede consumirse como tal. Es una de las formas más apreciadas de consumir la miel y se incluyen trozos de panal en tarros

con miel líquida, preferentemente, de color amarillo pálido y de lenta cristalización. Muchos consumidores la escogen, pues consideran que es más natural y sin adulterantes.⁽²⁾

- *Miel líquida.* Es la miel que ha sido extraída de los panales y que se encuentra en estado líquido, sin presentar cristales visibles.
- *Miel cristalizada.* Producto que se encuentra en estado sólido o semi-

Miel envasada

Una medida para tratar de incrementar el consumo de miel y hacerlo más atractivo consiste en comercializar la miel pura y otros productos semielaborados en diferentes envases. La miel extraída del panal se pasa por un filtrado, que consiste en un colador doble, o bien, a nivel industrial, de un colador de acero inoxidable grado alimenticio (3 x 3 mm) que permite eliminar fragmentos de cera de abejas y otras impurezas; posteriormente, se transporta hacia las plantas de las empresas comercializadoras. Una vez que se ha recepcionado la miel, ésta es depositada en tanques de sedimentación donde las impurezas, como restos de abeja y residuos vegetales, tenderán a subir a la superficie al cabo de 8-10 días, y queda la miel pura lista para ser envasada. En nuestro país algunas empresas realizan el homogeneizado de la miel cuando mezclan diferentes mieles para cumplir con las características solicitadas por el comprador; este proceso se realiza en tanques de acero inoxidable, grado alimenticio, a pocas revoluciones por minuto, de manera que no se alteren negativamente las características del producto.⁽⁶⁾

sólido granulado; es resultado del fenómeno natural de cristalización de los azúcares que la constituyen. Cuando los cristales son finos, adquiere la consistencia de una crema y ciertos consumidores las prefieren porque no escurren.

Algunas veces a la miel pura se le agrega polen, propóleo y/o jalea real, sin cambiar el estado de la miel en sí, pero contribuyendo al incremento de sus propiedades nutraceuticas.⁽²⁾

Cuando la miel está lista, se dosifica en recipientes de vidrio o de acero inoxidable y para su exportación a granel se envasa en tambores de 300 kg que tienen un recubrimiento interno de resina fenólica horneada o pintura epóxica fenolizada. Cuando se destina al mercado nacional se coloca en latas de entre 27-28 kg y para el consumo familiar y mercado local se introduce en cubetas o botellas pequeñas de plástico o vidrio de 250, 500 o 1000 mililitros. Los recipientes de cobre o aluminio no deben ser usados para envasar este producto porque el contenido de ácidos orgánicos de la miel podría ocasionar la corrosión del material.⁽⁶⁾

Cada envase del producto debe llevar una etiqueta o impresión permanente, visible e indeleble, con los requisitos generales descritos en la Normatividad Vigente (NOM-051-1994-SCFI y NOM-145-SCFI-2001). Deben anotarse los datos necesarios para la identificación del producto y todos aquellos otros que se juzguen conveniente, tales como las precauciones que

deben tener en el manejo y uso de los embalajes. La miel se debe envasar en un material no tóxico, resistente e inocuo,

que garantice la estabilidad de la misma y que evite su contaminación sin alterar su calidad.

Aplicación de la miel en la industria alimenticia

El uso tradicional de la miel en la preparación de alimentos ha sido sustituido, en muchos casos, por el azúcar, y recientemente, por jarabes dulces derivados de almidones o por edulcorantes artificiales o naturales como la estevia, que son más económicos. Sin embargo, ha sido “redescubierta” por el incremento en la tendencia del consumo de productos más naturales y orgánicos.⁽²⁾

La miel se emplea de modo artesanal en recetas caseras para la elaboración de dulces tradicionales mexicanos, ya sea miel sola en forma de caramelos duros o paletas (Figura 1), o como aglomerante y endul-

zante en la elaboración de palanquetas de cacahuete, semilla de calabaza (pepitoria), ajonjolí, nuez, o una combinación de estas semillas, de alegrías a base de amaranto, solo o en mezcla con arándanos, uva pasa deshidratada, cacahuete o chocolate. Entre las nuevas tendencias para el consumo de miel se encuentra su presentación en forma líquida envasada en tubos delgados de plástico (popote) cerrados en los extremos; puede ser miel natural o bien combinarse con chamoy, esencia de limón o propóleo; otras nuevas presentaciones son en forma de bolitas (perlitas) de miel con propóleo, clorofila o chamoy.

FIGURA 1
PRODUCTOS DE MIEL



Fuente: <http://mielosako.com/site/catalogo.html>.

Al ser un alimento energético muy importante, la miel se ha usado como ingrediente en diversos alimentos ya que posee un poder edulcorante mayor que el azúcar.⁽⁷⁾ La miel

se ha utilizado desde tiempos remotos como endulzante y algunos estudios recientes indican que puede ser útil como protector de alimentos, especialmente en la prevención

del pardeamiento enzimático, en el que la enzima polifenol oxidasa ocasiona la presencia de colores marrones en frutas y vegetales, así como la aparición de olores desagradables y efectos indeseables en el valor nutrimental de los alimentos. La miel contiene un gran número de componentes que pueden impedir estos cambios, entre los que se pueden mencionar ácido ascórbico y otros ácidos orgánicos, pequeños péptidos, flavonoides, α -tocoferol y enzimas como glucosa oxidasa, catalasa, y peroxidasa. Por lo anterior, la miel puede ser una alternativa natural para evitar el uso de sulfitos para controlar el pardeamiento enzimático durante el procesamiento de frutas y vegetales para la obtención de jugos y mermeladas.⁽⁸⁾

La miel contribuye a mantener húmedos los alimentos y mejora la textura de los productos horneados, proporcionándoles apariencia húmeda y brillante en su superficie. La miel realza el sabor de los alimentos preparados, a la carne le brinda excelente presentación e intensifica su sabor.⁽⁹⁾

Con la miel también se elaboran bebidas alcohólicas, por ejemplo, el hidromiel, aguamiel o vino de miel, que se obtienen básicamente por fermentación de la mezcla de miel con agua, o de mosto con miel y contienen alrededor del 8 al 18% (v/v) de

alcohol. La producción de esta bebida tradicional sigue siendo un proceso empírico y manual, donde la velocidad de fermentación depende de varios factores como: tipo de miel, cepa de la levadura, cantidad de nutrientes y pH.⁽¹⁰⁾ Los componentes que producen las levaduras durante la fermentación de la miel afectan directamente la calidad del producto, aunque la mayoría de los compuestos que se producen se encuentran en concentraciones muy bajas; las reacciones químicas y bioquímicas que generan son muy complejas y afectan la calidad sensorial del producto. Durante la elaboración de bebidas fermentadas con miel también se pueden agregar frutas, especias o granos que contribuyan al aroma de estos productos.

Se estima que anualmente se emplean en promedio unas 7,020 toneladas de miel en la industria alimenticia.⁽³⁾ La importancia de diseñar productos alimenticios que puedan mejorar el valor nutritivo de la miel, por ejemplo, incrementando el contenido proteico o agregándole ácidos grasos esenciales, radica en que se puede obtener un alimento que sea más atractivo para el consumidor, y por lo altos contenidos energéticos de la miel se sugiere su inclusión en los alimentos destinados al desayuno.

Aplicación de la miel en la industria farmacéutica y cosmecéutica

En México, la miel se utiliza en mayor medida para fines nutricionales y su comercialización está enfocada en este mercado. Sin embargo, sus usos con fines medicinales

y cosméticos han sido probados tanto en el conocimiento tradicional como en el ámbito científico, por lo que estas nuevas formas de industrialización y consumo de la miel la

hacen un producto importante en el mercado internacional. La miel se ha utilizado en el cuidado de heridas desde la antigüedad y se menciona con frecuencia en los primeros estudios de farmacopea, aunque más generalmente como un vehículo o portador de ingrediente en lugar de un tratamiento específico.⁽¹¹⁾

La industria cosmética y farmacéutica se une en un término recientemente acuñado como *cosmécéutica*; en este nuevo concepto los productos cosméticos de aplicación tópica cumplen funciones terapéuticas o farmacológicas, persiguiendo además un fin meramente estético. Las sustancias que se

Componentes biofuncionales

Aunque los ácidos orgánicos representan menos de 0.5% de los componentes de la miel, éstos hacen importantes contribuciones a las propiedades organolépticas, físicas, químicas y nutracéuticas de la miel. Hasta la fecha se han identificado aproximadamente 30 ácidos orgánicos aromáticos en la miel, pero se ha prestado relativamente poca atención a la caracterización de estos componentes en mieles mexicanas, siendo necesario evaluarlos en las diferentes regiones de producción, debido a que su contenido varía por la época de cosecha y tipo de floración de la cual proviene la miel.⁽¹³⁾ Algunos artículos revisados en la literatura internacional resaltan poco la importancia de los ácidos orgánicos no aromáticos presentes en la miel; pero en general las investigaciones que se han hecho sobre estos ácidos como componentes interesantes de la miel, determinan sus principales actividades: antibacteriana y antioxidante^(13,14) y los caracterizan para

emplear en la elaboración de estos productos se caracterizan por poseer una combinación de compuestos altamente activos, conocidos ya sea por sus características bioquímicas o por su potente acción sobre el tejido cutáneo, o el cuero cabelludo, dándoles por su eficacia la categoría de fármacos.⁽¹²⁾

La relación coste-eficacia de este enfoque combinado, y la facilidad de acelerar la aprobación de las nuevas formulaciones, que satisfagan mejor las necesidades médicas de los pacientes y usuarios, ha llevado a esta industria a emplear cada vez más productos de origen natural como la miel y otros derivados de la colmena.

usarlos como posibles indicadores de fermentación de la miel. O bien, para su uso en el tratamiento de Varroa,⁽¹⁵⁾ y como factores característicos de su origen (botánicos y geográficos).⁽¹⁶⁾

Basado en estudios referentes a mieles de distintos orígenes, la actividad antioxidante de la miel depende de la concentración de los compuestos bioactivos presentes en ella, los cuales le proporcionan diferentes propiedades terapéuticas haciéndola útil y ampliamente estudiada contra un sinnúmero de enfermedades, tales como el cáncer, enfermedades del corazón, respiratorias, quemaduras, envejecimiento, cicatrización de heridas y problemas gastrointestinales.⁽¹⁷⁾

Poco se sabe acerca de los componentes individuales de la miel que son responsables de su actividad antioxidante. Muchos estudios se han realizado para caracterizar los compuestos fenólicos y otros antioxi-

dantes presentes en las mieles mexicanas en función de sus fuentes florales y regiones geográficas de producción. Sin embargo, muchos de los flavonoides y ácidos fenólicos identificados en las mieles mexicanas, también se han descrito anteriormente como potentes antioxidantes. Algunos estudios internacionales refieren la separación por extracción en fase sólida, para la eliminación de azúcar y la separación de sus fracciones basadas en la solubilidad en agua, para determinar la contribución relativa de cada fracción y de ese modo delimitar la actividad antioxidante de la miel en sus componentes principales: azúcares,

Cicatrización de heridas

El uso de la miel para la cicatrización de heridas se encuentra bien documentada desde hace varios miles de años en civilizaciones del antiguo Egipto, sin embargo, fue hasta el siglo 20 que se presentó evidencia médica para soportarlo. Como terapia tópica, la miel ha sido utilizada para la cicatrización de heridas, basado en la observación de las propiedades curativas evaluadas en heridas supurantes, y la baja susceptibilidad al deterioro o contaminación por microorganismos cuando ésta se encuentra en la colmena.⁽¹⁹⁾ La miel ha presentado notables ventajas en el tratamiento de quemaduras y úlceras sobre otros medicamentos de uso tópico, y ha sido considerada una opción práctica para el tratamiento de heridas traumáticas ocurridas en batalla en el área militar, en específico la miel de Manuka ha sido evaluada satisfactoriamente en este ámbito.⁽²⁰⁾

Si bien la compleja naturaleza de la cicatrización de heridas ha sido extensivamente

ácidos orgánicos y flavonoides. En estos estudios se ha demostrado que la fracción soluble en agua conservaba la mayor parte de los componentes antioxidantes, en estas fracciones se han determinado hidroximetilfurfural, ácidos (glucónico y ascórbico), proteínas y péptidos.⁽¹⁸⁾ Se propone que las actividades combinadas de las enzimas glucosa oxidasa, catalasa y peroxidasa contribuyen en mayor medida a la actividad antioxidante, cuando la miel no ha sido tratada térmicamente. Esto debido a que estos componentes tienen una correlación significativa entre el contenido de proteína y la actividad antioxidante.

estudiada y hay diversos cicatrizantes en el mercado con alta eficacia, la resistencia a los antibióticos por parte de los microorganismos ha generado la búsqueda de nuevos productos que puedan combatir las cepas resistentes; por lo general los productos que favorecen la regeneración y cicatrización de los tejidos son muy caros, por lo que se buscan alternativas costo-efectivos para tratar este tipo de problemas. En los procesos de cicatrización se tienen tres fases: la inflamatoria, la proliferativa o de reparación y la de maduración, aunque se pueden observar de manera independiente, el proceso de cicatrización es dinámico y engloba estas fases simultáneamente, y para lograrlo se involucra el uso de materiales farmacéuticos adecuados, con la finalidad de promover la cicatrización rápida y disminuir riesgo de una infección secundaria o mayor daño.⁽²⁰⁾

El mecanismo de acción de la miel como favorecedor de la cicatrización se debe a la

osmolaridad, pH, producción de peróxido de hidrógeno, contenido de nutrientes y para el caso particular de la miel de Manuka, el componente conocido como metilglioxal (MGO) que proporciona mayor efecto antibacterial efectivo contra *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis* y *Enterobacter cloacae* en modelos *in vitro* e *in vivo*, los dos últimos microorganismos son los principales patógenos asociados al desarrollo de úlceras. Adicionalmente, la miel de Manuka favorece la proliferación de fibroblastos, células endoteliales y la producción de tejido granuloso. Así mismo,

al ser un agente de alta osmolaridad es capaz de disminuir el edema y la inflamación, favoreciendo el drenado del líquido linfático y evitando el desarrollo de microorganismos debido al efecto de deshidratación osmótica. Al incrementar la cantidad de agua en la miel, junto con la presencia de la glucosa oxidasa y las enzimas proporcionadas por las abejas, se da la producción de ácido glucónico, responsable del pH bajo que promueve el efecto antibacterial por acidificación y producción de peróxido de hidrógeno, proporcionando propiedades antisépticas.⁽²⁰⁾

Productos en el mercado para aplicación tópica

En el mercado ya existen productos comerciales desarrollados como ungüentos a base de miel de diferentes lugares, con diversos procesos que permiten incrementar la capacidad antimicrobiana y que comparados con antisépticos químicos presentan características mejores o similares (Figura 2).

La miel también ha sido adicionada al material de curación como vendas, gasas y materiales de limpieza; es otra forma efectiva de aplicación de este producto, ya que se genera una mejor barrera que permite que la miel se mantenga y promueva la formación de una cama de tejido granulado saludable.

Otro ejemplo es en la elaboración de compósitos o hidrogeles, donde también juega un papel importante en la cicatrización de heridas, siendo mezclada con otros productos que presentan actividades antimicrobianas y que potencializan su efecto

como el quitosano y la gelatina, específicamente para ser utilizado en heridas de quemaduras, siendo eficaz en un 100% contra microorganismos patógenos, además de demostrar no ser tóxico ni irritante, promoviendo una recuperación más rápida.⁽²¹⁾ También ha sido combinado exitosamente con geles de quitosano para atacar problemas de dermatitis.⁽²²⁾

La importancia de estos productos es el contar con una alternativa como agente tópico con amplio espectro de actividad, promoviendo la reducción del uso sistémico de antibióticos en lesiones ligeras de tejidos, proporcionando una alternativa de nutrientes local para modular la respuesta inmune y sin presentar efectos secundarios tóxicos.⁽²⁰⁾ En la Tabla 1 se muestran algunos productos a base de miel encontrados de manera comercial con las certificaciones requeridas y enfocados a la industria farmacéutica.

FIGURA 2

PRODUCTOS CON MIEL PARA EL TRATAMIENTO DE HERIDAS



Fuente: <http://www.dermasciences.com/products>.

TABLA 1

EJEMPLOS DE PRODUCTOS EN EL MERCADO A BASE DE MIEL UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA Y CLÍNICAMENTE EVALUADOS

Marca	Contenido
Advacis Medidla	Miel en tubo
	Fibras de curaciones con miel
	Miel en finas capas en gasas
	Alginato impregnado con miel
DermaScience	Tubo de miel
	Suspensión coloide con miel
	Alginato de calcio con miel en impregnado en vendas
ApiMed/Comvita	Gel antibacterial de miel
	Gel en hojas para curación
	Miel con alginato de calcio

Extraído con modificaciones.⁽²⁰⁾

Productos dermatológicos cosméticos

La industria cosmeceútica es un mercado de miles de millones de dólares en donde unas pocas corporaciones multinacionales se han mantenido en el mercado elabo-

rando productos que se promueven como antienvjecimiento, para blanqueamiento de la piel, tratamientos útiles en xerosis crónica, psoriasis, prurito, eliminación de

caspa y otros padecimientos como alopecia. Estos productos dermatológicos son efectivos en contra de los problemas patológicos específicos, se basan en formulaciones con enfoques combinados, aprovechando el empleo de ingredientes tanto del conocimiento tradicional como aquellos que han sido clínicamente probados y con una eficacia demostrada científicamente, que en mezcla actúan de una forma sinérgica generando productos innovadores.⁽¹¹⁾

El auge de su uso obedece a una tendencia de buscar alternativas menos invasivas que los tratamientos médicos con el fin de conseguir una mayor belleza. Específicamente, los tratamientos antiedad, despigmentantes, antipigmentación o blanqueadores cutáneos a base de miel, son muy efectivos sin tener que pasar por el uso de las hidroquinonas o los tratamientos por láser.⁽²³⁾ Gracias a su formulación, estos productos pueden llegar hasta la capa basal de la piel, donde liberan el principio activo modificando y reparando la estructura celular, retrasando de esta manera el envejecimiento o eliminando manchas. Los factores de crecimiento que regulan la función del fibroblasto (un tipo de célula del tejido conectivo o conjuntivo), mejorando la producción de colágeno, son estimulados por compuestos como el ácido ascórbico, con propiedades antioxidantes; el ácido salicílico, que ablanda y reduce la capa dérmica; los retinoides, que regulan el pigmento y reparan el tejido epitelial; los alfa-hidroxiácidos, que mejoran la textura de la piel a través de la exfoliación y los acetil-hexapéptidos, que reducen las estimulaciones nerviosas en la musculatura contribuyendo a suavizar las líneas de expresión.⁽²⁴⁾

Por otro lado, la piel parece tener una afinidad por azúcares, y hay muchos ejemplos en los que se ha demostrado tener un efecto cutáneo significativo (Figura 3). Por ello, en los países del tercer mundo y en las comunidades más pobres, la miel es la primera elección como fuente natural en el tratamiento de quemaduras, escaldaduras y heridas cutáneas, sobre todo debido a que tiene propiedades antibacterianas cuando se utiliza sin diluir. Reportes dermatológicos afirman que la miel regenera las células cutáneas, acelera la granulación y hay menos formación de tejido necrótico. Por su concentración de azúcares, absorbe exudados y hace sencilla la limpieza no invasiva e indolora. Así mismo, los mucopolisacáridos que están presentes en numerosos materiales vegetales como *Plantago lanceolata* y *Plantago ovata*, en combinación con la miel, se reportan en numerosas formulaciones cosmeceútics, así como su combinación con algunas especies de algas marinas como *Fucus vesiculosus*.⁽¹²⁾

Considerando que una de las premisas para que un producto cosmeceútics sea reconocido es que los principios activos utilizados en su elaboración estén respaldados por la ciencia, con resultados repetibles para ser aplicados en una piel sana mejorando su apariencia, como ocurre en el caso de productos ya universalmente reconocidos en esta categoría de cosmeceútics: los retinoides, los alfa-hidroxiácidos, las vitaminas, determinados extractos botánicos, los filtros solares, las sustancias blanqueantes, antipigmentación, o despigmentantes, antioxidantes, anticelulíticos y reafirmantes, en las formulaciones cosméticas a base de miel se ha probado que ejercen una acción emoliente, humectante, calmante y que

tienen efectos de acondicionamiento del cabello, mantienen el aspecto juvenil de la piel y retardan la formación de arrugas, regulan el pH y previenen las infecciones por patógenos causantes de erupciones en la piel.

Los productos cosméticos a base de miel incluyen ungüentos para labios, leches de tocador, cremas hidratantes, lociones para después del sol, tónicos, champús y acondicionadores (Figura 3). Las cantidades de

miel utilizadas oscilan entre 1 y 10%, pero con concentraciones de hasta 70% pueden ser alcanzados por la mezcla con aceites, geles y emulsificantes, o por atrapamiento de algunos principios activos presentes en la miel, empleando polímeros naturales o sintéticos. Otro factor económicamente relevante es que para la elaboración de estos productos puede usarse la miel de humedad intermedia, secada por tratamientos térmicos ligeros, e incluso se utilizan también las mieles modificadas químicamente.

FIGURA 3

EJEMPLOS DE PRODUCTOS COSMÉTICOS CON MIEL



Fuente: Elaboración propia. Fotos: Ángeles Sánchez.

Lamentablemente, como los mecanismos de acción en las células de la piel están profundamente condicionadas por las fuentes botánicas de la miel, incluyendo su actividad antioxidante, los futuros logros para el aprovechamiento comercial en el campo cosmeceútico de la miel mexicana

están limitados a que se tenga una caracterización química y farmacológicas de la miel en las diferentes regiones productoras. Sin duda esto abrirá el camino a nuevos enfoques terapéuticos y añade un considerable valor de mercado para este producto agropecuario.

Otras aplicaciones farmacéuticas

El potencial de la miel también ha sido estudiado como anticancerígeno en diferentes tipos de células; existen estudios en donde se evaluó la actividad de mieles de Pakistán con una excelente capacidad antioxidante y una potencial aplicación como antitumoral, siendo mayor que el de diversas mieles comerciales, sin embargo, se requiere de mayor profundidad en los estudios para establecer los mecanismo de acción.⁽¹⁷⁾

Otra variedad de miel producida por las abejas Meliponas que se encuentran principalmente en América del Sur y África han demostrado una alta capacidad antioxidante, antimicrobiana y antimutagénica, las cuales proporcionaron resultados muy interesantes y prometedores para su

uso en la industria farmacéutica como remedio para la inflamación de tejidos como la piel y garganta, lo anterior por la presencia de compuestos como las cumarinas y tocoferoles.⁽²⁵⁾

En el mundo veterinario, la miel ha sido aceptada como una opción de tratamiento para heridas menores, sobre todo en áreas que se encuentran normalmente en tensión; se ha demostrado que la miel disminuye el tiempo de cicatrización e incrementa la contracción de la herida, como aquellas presentadas en los animales del zoológico, heridas por peleas, quemaduras, problemas dérmicos o abscesos dentales, la mayoría de ellos mamíferos, sin embargo también se ha aplicado en reptiles y anfibios en donde el proceso sólo se ve ralentizado.⁽²⁰⁾

Tratamientos térmicos en miel como tecnología para su conservación

La miel en su estado líquido y natural presenta problemas significativos en el manejo, procesamiento, transporte, almacenamiento y consumo, por su textura, viscosidad y composición química debida a la presencia de azúcares, especialmente por la relación Fructosa/Glucosa presente. La presencia de altas concentraciones de azúcar en la miel hace que sea susceptible de cristalizarse en función del tiempo.⁽²⁶⁾ La apariencia juega un papel importante en el éxito comercial de la miel, debido a que los consumidores demandan un producto de calidad no cristalizado.

Las desventajas de la cristalización de la miel incluyen: dificultad en su manejo y escurrimiento; para los consumidores es desagradable el cambio de apariencia y la pérdida de homogeneidad como resultado de la formación y la existencia de dos fases (cristalina y líquida); el contenido de humedad y la actividad de agua incrementan en niveles relacionados a los procesos de fermentación microbiana.^(27,28) Por tanto, es importante preservar la calidad de la miel para su óptimo consumo mediante tratamientos térmicos que faciliten su conservación sin alterar sus propiedades

sensoriales y funcionales y que a su vez extiendan su vida de anaquel. Para este fin el proceso de pasteurización incrementa la vida de anaquel, el cual requiere el calentamiento previo de la miel a 45 °C y 50 °C.⁽²⁹⁾ Sin embargo, presenta tendencia a la cristalización la cual puede ser modificada mediante el uso de otros tratamientos térmicos.

Los tratamientos térmicos a altas temperaturas cuyo fin es inhibir el crecimiento de hongos y levaduras, además de retrasar el proceso de cristalización, pueden afectar la calidad de la miel en relación con los componentes que proporcionan el aroma, color, sabor y su actividad biológica, debido a que son termolábiles.⁽²⁸⁾ En ocasiones, durante el manejo y envasado, la miel es colocada temporalmente en intercambiadores de calor con control de temperatura con varios fines, entre los cuales destaca disminuir la viscosidad, disolver partículas cristalizadas y destruir levaduras.⁽³⁰⁾ Sin embargo, este tipo de procesamiento puede producir incremento mínimo en el contenido de Hidroximetilfurfural (HMF).⁽³¹⁾

Asimismo, el contenido de humedad en la miel es un parámetro importante debido a que afecta su calidad en el almacenamiento y, por ende, su vida de anaquel. Si el contenido de humedad en la miel es superior al 19%, comienza a fermentar, descomponerse, perder sabor, formar cristales o gránulos irregulares y esto reduce su vida de anaquel. Si el contenido de humedad de la miel es menor del 17%, la fermentación no ocurre,⁽³²⁾ razón por la cual es importante disminuir su contenido de humedad mediante procesos de secado.

Los sistemas de secado mediante deshidratación por aspersión (Spray Drying) y deshidratación vía tambores (Drum Drying) son tratamientos térmicos adecuados para el procesamiento y conservación de la miel a partir de la miel fresca. La aplicación de estos tratamientos térmicos no altera los niveles de hidroximetilfurfural (HMF) y mantiene su contenido de vitaminas C y E, y de antioxidantes. Por tanto, estos tratamientos facilitan la obtención de miel en polvo (Figura 4), un producto con valor agregado que puede incorporarse fácilmente en formulaciones de alimentos, farmacia y cosmética.

FIGURA 4
MIEL EN POLVO



Fuente: <https://www.etsy.com>.

Secado por aspersión (Spray Drying)

La miel en polvo puede ser producida a partir de la miel líquida por diferentes métodos de secado, principalmente mediante el método de secado por aspersión.

El secado por aspersión es un método de secado ampliamente utilizado para transformar productos líquidos en forma de polvos, con el uso de agentes coadyuvantes (Figura 5). Este sistema de secado involu-

cra la atomización de soluciones líquidas en gotas finas dentro de una cámara de secado por medio de aire caliente y seco, el cual evapora la solución y se obtienen partículas en polvo.⁽³³⁾ Los polvos obtenidos pueden almacenarse a temperatura ambiente por tiempos prolongados sin comprometer su estabilidad, además de ser más económicos de producir respecto de otros procesos de secado, como en el caso de la liofilización.

FIGURA 5

SECADOR POR ASPERSIÓN



La producción de miel en polvo es delicada debido a la presencia de azúcares y ácidos orgánicos, los cuales presentan temperaturas de transición vítrea (T_g) bajas y cuyo comportamiento hace referencia al estado vítreo-gomoso en forma de jarabe o partículas pegajosas que se adhieren a las paredes de la cámara de secado,⁽³⁴⁾ por lo cual puede llegar a producir productos

que presenten pegajosidad e higroscopicidad. Este comportamiento se presenta en el producto a temperaturas alrededor de 10 a 20 °C sobre la temperatura de transición vítrea de la glucosa y fructosa (31 °C y 5 °C, respectivamente).⁽²⁷⁾

Durante el proceso de secado por aspersión de la miel, la temperatura del material en

la cámara de secado usualmente es mayor respecto de la temperatura de transición vítrea, por lo que para facilitar el secado es necesario modificar las temperaturas de secado, o bien preparar el material de tal manera que la temperatura de transición vítrea sea mayor a la temperatura del material en la cámara de secado, mediante el uso de materiales de alto peso molecular que incrementen la temperatura de transición vítrea de la miel.⁽³⁵⁾

Para tal fin, el uso de agentes acarreadores o encapsulantes como maltodextrinas, gomas, pectinas, proteínas y almidones facilitan el proceso e incrementan la temperatura de transición vítrea, favoreciendo la estabilidad del producto durante el almacenamiento,^(26,36) además de implementar condiciones de secado adecuadas que minimicen los problemas de pegajosidad.^(27,33,34)

De acuerdo con la literatura, diversas investigaciones realizadas en el secado de la miel por este método hacen referencia a las condiciones de secado más favorables para la obtención del producto. En este sentido, el secado de la miel, considerando temperaturas de entrada y salida del aire de secado de 120-200°C y 70-120°C respectivamente, así como la adición de antioxidantes, agentes acarreadores, dispersantes y con ajuste de pH entre 6.5 y 7.5 para reducir la termoplasticidad del material, ha sido reportado por Yoshihide & Hideaki (1993).⁽³⁷⁾

Secado por tambores (*Drum Drying*)

El proceso de secado de la miel mediante Drum Drying (Figura 6) implica que el proceso se lleve a cabo mediante la deshidratación del material líquido mezclado

Asimismo, polvos con un contenido de miel de 50% en base seca presentan buenas propiedades físicas, sabor agradable y aceptación. El uso de goma arábiga como agente de secado en relación 1:1 facilita la obtención de polvos con bajo contenido de humedad y buena a mediana fluidez.^(38,39) El uso de dextrinas en el secado de miel genera polvos con alta higroscopicidad y baja solubilidad respecto de los polvos obtenidos con el uso de maltodextrinas.⁽⁴⁰⁾ Mientras que el almidón de maíz utilizando temperaturas de entrada y salida del aire de secado de 140-150 °C y 90-95 °C respectivamente, genera polvos con un contenido en miel de 50% y con tendencia a mezclarse cuando están expuestos al ambiente, por lo que es preferible usar otro tipo de agentes que ofrezcan mayor protección.⁽⁴¹⁾

Es importante resaltar que la miel en polvo obtenida mediante secado por aspersión, en la industria alimentaria facilita la utilización de un producto natural muy práctico para su uso en las líneas de producción, presentando las siguientes ventajas: no requiere consumo de energía eléctrica o calórica para mantener la miel en estado líquido (dado que ésta pasa de estado líquido al sólido con temperaturas ambientes por debajo de los 12 °C de promedio); no requiere del gasto de fletes y reubicación de tambores desde y hasta las salas de extracción y fraccionamiento de miel.

con un agente estabilizante o agente espumante que acelera la evaporación del agua en el producto, con el fin de obtener una espuma estable, empleando

temperaturas de secado alrededor de los 50-80 °C, bajo 1 atm de presión, durante

tiempos cortos para producir el producto en polvo.^(42,43)

FIGURA 6
SECADOR DRUM DRYER



Fuente: http://www.motrice.ind.br/?menu_id=29&id=100.

El valor agregado que este método de secado proporciona a la miel radica principalmente en la obtención de un producto que presente alta retención de nutrientes y buena estabilidad durante el almacenamiento, debido a la generación de una estructura en forma de espuma.⁽⁴⁴⁾ Es un método simple y económico comparado con otros métodos de secado, el cual facilita la obtención de materiales con características y propiedades específicas que a su vez facilita la retención de los compuestos volátiles susceptibles de perderse sin la formación del material espuma durante el proceso.

Sin embargo, este método también presenta aspectos relacionados a la pegajosidad del producto durante el proceso de secado, en el almacenamiento y en el empaque, por lo que la adición del agente espuman-

te-estabilizante y del agente de secado a la miel durante el proceso permite incrementar la temperatura de transición vítrea y contrarrestar este comportamiento para que el proceso se lleve a cabo y pueda ser aplicado a la pequeña y mediana industrias.⁽³⁵⁾

Los aditivos que se emplean para contrarrestar este comportamiento son adicionados intencionalmente al producto con un objetivo funcional, entre los cuales destacan las proteínas, gomas (goma arábiga), maltodextrinas y almidones como agentes texturizantes, gelificantes, formadores de película, emulsificantes y antiapelmazantes, los cuales mantienen estable el producto, mejoran la textura e incrementan su atractivo. Humectantes como el sorbitol y la maltodextrina se utilizan para retener la humedad y realzar el sabor.⁽³⁵⁾

Asimismo, para preservar las propiedades de la miel y que la retención de la invertasa sea adecuada (34-44 °C), es necesario que las condiciones de secado, presión y temperatura sean calculadas o determinadas experimentalmente, para facilitar también la retención de compuestos volátiles.⁽⁴⁴⁾

Este método de secado permite obtener un producto de libre fluidez, fácil de rehidratar, humectar y de dispersar, cuyo comportamiento, además de sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales depende del agente de secado utilizado.^(26,35) La estabilidad de la miel en polvo obtenida por este método se mantiene debido

Conclusiones

Aun cuando la miel que se produce en México es reconocida en el mundo por sus propiedades sensoriales como una de las más exquisitas, el consumo de este producto pecuario aún es bajo comparado con países europeos. Se busca incrementar este consumo a través de nuevas formas de transformación e industrialización, así como novedosas presentaciones. En el ámbito nutracéutico, farmacéutico y cosmeceútico, la miel es ampliamente utilizada para la regeneración de la piel y favorecer la cicatrización, así como otras propiedades benéficas a la salud relacionadas con los ácidos orgánicos no aromáticos, que tienen posibles actividades antibacterianas y antioxidantes, además, la capacidad antioxidante de la miel puede ser el resultado de la actividad combinada de una amplia gama de compuestos, incluyendo compuestos fenólicos, péptidos, ácidos

a que se encuentra en estado vítreo, cuya morfología presenta formas y bordes irregulares durante y después del almacenamiento, la cual está influenciada por la relación miel/azúcares presentes en el producto.⁽⁴⁴⁾

Por lo tanto, la miel en polvo es apta para el consumo humano directo, debido a que su composición, características sensoriales y químicas son similares a la miel pura; en consecuencia, se puede consumir diluida en té, leche, té con leche, sobre pan o galletas, agregándola a la mezcla de yogurt con diferentes alimentos, como cereales y frutas.

orgánicos, enzimas, productos de reacción de Maillard y posiblemente otros componentes menores que no se encuentran aún bien definidos. Es necesario estudiar métodos para preservarlas con el fin de potenciar su aplicación y poder incluir la miel mexicana como un ingrediente en diferentes productos que puedan consumirse tanto en el ámbito nacional como internacional. Para ello se cuenta con tratamientos térmicos a altas temperaturas cuyo fin es inhibir el crecimiento de hongos y levaduras que pueden afectar la calidad de la miel. El proceso de secado es un método de preservación de la miel, el cual facilita la remoción de agua para obtener un producto en polvo como una alternativa atractiva al producto líquido, que pueda emplearse para consumo directo humano y como ingrediente en la formulación de diferentes productos. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Álvarez-Suárez, J.M., Tulipani, S., Romandini, S., Bertoli, E. & Battino, M. “Contribution of honey in nutrition and human health: A review”. *Med. J. Nutrition Metab.* 3, 15–23 (2010).
- ⁽²⁾Krell, R. “Value-added products from beekeeping”. *Fao Agriculture Services Bulletin* (1996).
- ⁽³⁾Ganadería, C.G. de. “Situación actual y perspectiva de la apicultura en México”. *Claridades Agropecu.* 3–34 (2010).
- ⁽⁴⁾Magaña, M.M.Á., Moguel Ordóñez, Y.B., Sanginés García, J.R. & Leyva Morales, C.E. “Estructura e importancia de la cadena productiva y comercial de la miel en México”. *Rev. Mex. Ciencias Pecu.* 3, 49–64 (2012).
- ⁽⁵⁾Secretaría de Economía. NMX-F-036-NORMEX-2006 Alimentos-Miel-Especificaciones y Métodos de Prueba (2006).
- ⁽⁶⁾Martínez González, E.G. & López Pérez, H. *La producción de miel en el trópico húmedo de México: avances y retos en la gestión de la innovación*. Universidad Autónoma Chapingo (2013).
- ⁽⁷⁾Nayik, G.A., Dar, B.N. & Nanda, V. “Physico-chemical, rheological and sugar profile of different unifloral honeys from Kashmir valley of India”. *Arab. J. Chem.* (2015). doi:10.1016/j.arabjc.2015.08.017
- ⁽⁸⁾Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. & Pérez-Álvarez, J.A. “Functional properties of honey, propolis, and royal jelly”. *Journal of Food Science* 73 (2008).
- ⁽⁹⁾Tong, Q. *et al.* “Effect of honey powder on dough rheology and bread quality”. *Food Res. Int.* 43, 2284–2288 (2010).
- ⁽¹⁰⁾Ramalhosa, E., Gomes, T., Pereira, A.P., Dias, T. & Estevinho, L.M. “Mead production: Tradition versus modernity”. *Adv. Food Nutr. Res.* 63, 102–118 (2011).
- ⁽¹¹⁾Cross, S.E. In *Dermatologic, Cosmeceutic, and Cosmetic Development Therapeutic and Novel Approaches*. *Informa Healthcare* (eds. Walter, K.A. & Roberts, M.S.) 267, 282 (2008).
- ⁽¹²⁾Walters, K.A. & Roberts, M.S. *Dermatologic, Cosmeceutic, and Cosmetic Development - Therapeutic and Novel Approaches*. *Informa Healthcare* (2007). doi:9780849375897
- ⁽¹³⁾Mato, I., Huidobro, J.F., Simal-Lozano, J. & Sancho, M.T. “Rapid determination of nonaromatic organic acids in honey by capillary zone electrophoresis with direct ultraviolet detection”. *J. Agric. Food Chem.* 54, 1541–1550 (2006).
- ⁽¹⁴⁾Mato, I., Huidobro, J.F., Simal-Lozano, J. & Sancho, M.T. “Significance of nonaromatic organic acids in honey”. *J. Food Prot.* 66, 2371–2376 (2003).

- ⁽¹⁵⁾Charrière, J.D. & Imdorf, A. “Oxalic acid treatment by trickling against Varroa destructor: Recommendations for use in central Europe and under temperate climate conditions”. *Bee World* 83, 51–60 (2002).
- ⁽¹⁶⁾Sancho, M.T., Mato, I., Huidobro, J.F., Fernández-Muiño, M.A. & Pascual-Maté, A. In *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees* 9781461449, 447–458 (2013).
- ⁽¹⁷⁾Noor, N., Sarfraz, R.A., Ali, S. & Shahid, M. “Antitumour and antioxidant potential of some selected Pakistani honeys”. *Food Chem.* 143, 362–366 (2014).
- ⁽¹⁸⁾Liu, H., Zhang, M., Guo, Y. & Qiu, H. “Solid-phase extraction of flavonoids in honey samples using carbamate-embedded triacontyl-modified silica sorbent”. *Food Chem.* 204, 56–61 (2016).
- ⁽¹⁹⁾Dryden, M., Lockyer, G., Saeed, K. & Cooke, J. “Engineered honey: *In vitro* antimicrobial activity of a novel topical wound care treatment”. *J. Glob. Antimicrob. Resist.* 2, 168–172 (2014).
- ⁽²⁰⁾Scagnelli, A.M. “Therapeutic Review: Manuka Honey”. *J. Exot. Pet Med.* 25, 168–171 (2016).
- ⁽²¹⁾Wang, T., Zhu, X.K., Xue, X.T. & Wu, D.Y. “Hydrogel sheets of chitosan, honey and gelatin as burn wound dressings”. *Carbohydr. Polym.* 88, 75–83 (2012).
- ⁽²²⁾Choi, C. *et al.* “Water-soluble chitosan and herbal honey compound alleviates atopic dermatitis-like lesions in NC/Nga mice”. *J. Ind. Eng. Chem.* 20, 499–504 (2014).
- ⁽²³⁾Jull, A. B. *et al.* “Honey as a topical treatment for wounds”. *Cochrane database Syst. Rev.* 3, CD005083 (2015).
- ⁽²⁴⁾Bouwstra, J.A. & Honeywell-Nguyen, P.L. “Skin structure and mode of action of vesicles”. In *Advanced Drug Delivery Reviews* 54 (2002).
- ⁽²⁵⁾Guerrini, A. *et al.* “Ecuadorian stingless bee (*Meliponinae*) honey: A chemical and functional profile of an ancient health product”. *Food Chem.* 114, 1413–1420 (2009).
- ⁽²⁶⁾Shi, Q., Fang, Z. & Bhandari, B. “Effect of Addition of Whey Protein Isolate on Spray-Drying Behavior of Honey with Maltodextrin as a Carrier Material”. *Dry. Technol.* 31, 1681–1692 (2013).
- ⁽²⁷⁾Venir, E., Spaziani, M. & Maltini, E. “Crystallization in ‘Tarassaco’ Italian honey studied by DSC”. *Food Chem.* 122, 410–415 (2010).
- ⁽²⁸⁾Tosi, E.A., Ré, E., Lucero, H. & Bulacio, L. “Effect of honey high-temperature short-time heating on parameters related to quality, crystallisation phenomena and fungal inhibition”. *LWT-Food Sci. Technol.* 37, 669–678 (2004).

- ⁽²⁹⁾Escriche, I., Visquert, M., Juan-Borrás, M. & Fito, P. "Influence of simulated industrial thermal treatments on the volatile fractions of different varieties of honey". *Food Chem.* 112, 329–338 (2009).
- ⁽³⁰⁾Nayik, G.A. & Nanda, V. "Effect of thermal treatment and pH on antioxidant activity of saffron honey using response surface methodology". *J. Food Meas. Charact.* 10, 64–70 (2016).
- ⁽³¹⁾Ramírez-Cervantes, M.A., González-Novelo, S.A. & Sauri, E. "Effect of the temporary termic treatment of honey on variation of the quality". *Apiacta* 4, 1–8 (2000).
- ⁽³²⁾Gill, R.S., Hans, V.S., Singh, S., Pal Singh, P. & Dhaliwal, S.S. "A small scale honey dehydrator". *J. Food Sci. Technol.* 52, 6695–6702 (2015).
- ⁽³³⁾Jayasundera, M., Adhikari, B., Adhikari, R. & Aldred, P. "The effect of protein types and low molecular weight surfactants on spray drying of sugar-rich foods". *Food Hydrocoll.* 25, 459–469 (2011).
- ⁽³⁴⁾Samborska, K., Gajek, P. & Kamińska-Dwórznicza, A. "Spray Drying of Honey: The Effect of Drying Agents on Powder Properties". *Polish J. Food Nutr. Sci.* 65, 109–118 (2015).
- ⁽³⁵⁾Nurhadi, B., Andoyo, R., Mahani, & Indiarito, R. "Study the properties of honey powder produced from spray drying and vacuum drying method". *Int. Food Res. J.* 19, 907–912 (2012).
- ⁽³⁶⁾Samborska, K., Langa, E. & Bakier, S. "Changes in the physical properties of honey powder during storage". *Int. J. Food Sci. Technol.* 50, 1359–1365 (2015).
- ⁽³⁷⁾Yoshihide, H. & Hideaki, H. Production of honey powder. Japanese Patent. No JP5049417. (1993).
- ⁽³⁸⁾Samborska, K. & Czelejewska, M. "The Influence of Thermal Treatment and Spray Drying on the Physicochemical Properties of Polish Honeys". *J. Food Process. Preserv.* 38, 413–419 (2014).
- ⁽³⁹⁾Suhag, Y., Nayik, G.A. & Nanda, V. "Effect of gum arabic concentration and inlet temperature during spray drying on physical and antioxidant properties of honey powder". *J. Food Meas. Charact.* 10, 350–356 (2016).
- ⁽⁴⁰⁾Samborska, K. & Bieńkowska, B. "Physicochemical properties of spray dried honey preparations". *Zesz. Probl. Postępów Nauk Rol.* 575, 91–105 (2013).
- ⁽⁴¹⁾Takashi, I. Preparation of powder of honey or honey containing liquid food. Japanese Patent No JP59085262. (1984).
- ⁽⁴²⁾Kandasamy, P., Varadharaju, N., Kalemullah, S. & Moitra, R. *Asian Journal of Food and Agro-Industry.* 5, 374–387 (2012).

- ⁽⁴³⁾Febrianto, A., Kumalaningsih, S. & Aswari, A.W. Process Engineering of Drying Milk Powder With Foam-Mat Drying Method. A Study on the Effect of the Concentration and Types of Filler. 2, 3588–3592 (2012).
- ⁽⁴⁴⁾Sramek, M., Woerz, B., Horn, H., Weiss, J. & Kohlus, R. Preparation of high-grade powders from honey-glucose syrup formulations by vacuum foam-drying method. 40, 790-797 (2016).



Capítulo VIII

Usos y beneficios de los subproductos de la miel

Ayora-Talavera Teresa del R,^a Hernández-Leyra Jaqueline,^c
Flores-Pérez Aura,^c González-Flores Tania,^a
Fabela-Moron Miriam,^{a,b} Patrón-Vásquez Jesús,^a
Pacheco-López Neith^a

^aCentro de Investigación y Asistencia en Tecnología
y Diseño del Estado de Jalisco A.C., Unidad Sureste

^bConsejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Cátedra
^cTecnológico Nacional de México,
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Información: tayora@ciatej.mx

Palabras clave:
propóleo, polen, ceras, subproductos

Resumen

La apicultura tiene como producto protagonista a la miel, sin embargo, también permite la obtención de una serie de subproductos de alto valor agregado que hacen rentable y exitosa esta actividad. Entre los subproductos, el propóleo, el polen, la cera y la jalea real, son los más consumidos y utilizados, esto debido a las propiedades biológicas que se les confiere, como la actividad antimicrobiana, antioxidante y desinflamante.

Recientemente, el uso del veneno de las abejas o apiterapia, ha permitido el tratamiento complementario o alternativo del reumatismo y otras afecciones articulares, por sus propiedades antiinflamatorias, al ser eficaz supresor del dolor, debido a que actúa sobre el sistema inmunológico corrigiendo ataques de anticuerpos hacia las articulaciones. Asimismo, el veneno de abeja es útil en el tratamiento de esclerosis múltiple, síndrome de fatiga crónica, psoriasis, herpes y depresión.

Introducción

De la apicultura no sólo se obtiene la miel como producto mayoritario; también se obtienen subproductos como el propóleo, la jalea real, la cera y el polen que en países como Estados Unidos, Europa y Asia tienen una elevada demanda en la industria farmacéutica y cosmética debido a sus propiedades medicinales. La jalea real y las ceras son el resultado del metabolismo de las abejas, mientras que el propóleo es una mezcla de resinas recolectadas de diferentes plantas y ceras producidas por las abejas; el polen es un producto natural que se genera por la recolección del mismo durante la época de floración y es llevado a la colmena.

En este capítulo se presenta una revisión general de las propiedades de estos subproductos de la miel, así como su aplicación y uso; en algunos casos como el propóleo, se presentan algunos estudios realizados en México, en donde se mencionan propiedades medicinales importantes. La información de este capítulo tiene como objetivo aportar el sustento científico para impulsar al consumo y producción de estos subproductos en beneficio de la sociedad, principalmente de los apicultores mexicanos, con un enfoque hacia las características, composición química, actividad biológica y la factibilidad de aplicación de los mismos.

El propóleo

El propóleo es un material complejo de color oscuro pegajoso que las abejas recogen de las plantas, es el producto de la mezcla de resinas de diferente flora, con la cera que ellas producen. Debido a sus características resinosas y propiedades mecánicas, lo utilizan en la construcción y adaptación de sus nidos, principalmente para rellenar grietas en la colmena, mantener una barrera protectora contra inva-

sores, aislante térmico, de la humedad y del viento.⁽¹⁾ El color puede ser verde oscuro o marrón, con un agradable sabor a miel, pero también puede tener un sabor amargo. Se ha utilizado en la medicina popular desde tiempos antiguos y ahora se sabe que es un producto natural con propiedades antibacterianas, antifúngicas, antitumoral, antioxidante y otras propiedades beneficiosas.^(2,3)

Características y composición química

La composición química del propóleo varía entre colmenas, ya sea por la cantidad de ingredientes, la época del año o por la forma de recolección de los apicultores. El propóleo está compuesto principalmente por resinas y bálsamos (50%), ceras y ácidos grasos (30%), aceites esenciales y aromas (10%), polen (5%) y otras sustancias.⁽⁴⁻⁶⁾ Cabe mencionar que estos porcentajes varían y dependen de factores como el clima, altitud y latitud, etc. Las resinas tienen como componentes principales los fenoles y polifenoles, así como los flavonoides y los terpenos. La presencia, ausencia y abundancia de las diferentes moléculas fenólicas, polifenólicas y terpénicas, también dependen del clima y la flora melífera de cada región. Así, en lugares templados abundan los flavonoides con un anillo B libre de sustituyentes, como los fenilpropanoides ácidos y sus ésteres. En los climas tropicales de América abundan los fenilpropanoides prenilados y benzofenonas preniladas. En los climas tropicales asiáticos y africanos son las geranil flavonas las que predominan, y en el Mediterráneo los propóleos son ricos en diterpenos.⁽⁶⁾ Se han descubierto al menos 300 compuestos diferentes en el propóleo y se sigue repor-

tando la presencia de nuevas moléculas con actividades farmacéuticas importantes.

Los propóleos más cotizados en el mercado internacional son los originarios de países con una gran variabilidad florística, como los ubicados en los trópicos, que son ricos en compuestos con propiedades medicinales importantes. Estos propóleos se caracterizan por ser de color amarillo, verde, café o rojo. Brasil, Venezuela, Cuba y México son productores de propóleo rojo, con características y composición química especiales.^(1,7,8)

México tiene la particularidad de haber mantenido el cuidado y producción de miel y sus derivados empleando abejas nativas sin aguijón, que han permitido continuar con la elaboración de productos apícolas con características tan particulares, a la par de lo que se obtiene con la apicultura de *A. mellifera*, siendo esta última la de mayor producción en el país.

Los propóleos mexicanos obtenidos del cultivo de *A. mellifera* (Figura 1) se han analizado de diferentes localidades, reportando la pre-

sencia de flavonoides también obtenidos en propóleo de otras regiones del mundo de clima templado y tropical.^(6,9)

En el propóleo originario de Sonora se ha determinado la presencia de crisina, pinocembrina, pinobanksina y sus derivados esterificados, así como galangina y fenil éster del ácido cafeico (CAPE, por sus siglas en inglés).^(10,11) En 11 muestras provenientes del Estado de México, Puebla,

Chiapas, Zacatecas, Tlaxcala y Guanajuato se estableció la presencia de acetina, 4',7-dimetil naringenina y 4',7-dimetil apigenina, flavonoides que fueron seleccionados como marcadores de la calidad del propóleo.⁽¹²⁾ Adicional a estos compuestos, en el propóleo rojo, originario del estado de Yucatán, se ha reportado la presencia de derivados del 1,3-diarilpropano, isoflavonoides no encontrados en otros propóleos rojos como el de Brasil.⁽¹³⁾

FIGURA 1

PROPÓLEO PRODUCIDO EN OAXACA



Fuente: http://old.nvnoticias.com/sites/default/files/fotos/2014/02/20/roca_-_foto_-_7_-_reportaje_especial_-_apicultores_-_m_i_e_l_-_jpg

En el estado de Yucatán se ha analizado el propóleo elaborado por la abeja maya llamada melipona (*Melipona beecheii*) y se han identificado más de 100 compuestos volátiles, principalmente α -pineno, β -pineno, trans-verbenol, α -copaeno, β -bourboneno, β -cariofileno y espatulenol.⁽¹⁴⁾

Es importante hacer hincapié que hasta el momento en México existen pocos estu-

dios realizados sobre el propóleo, aún hace falta el análisis de propóleo de otras regiones, ya que se tiene la ventaja de poseer una diversidad florística que permite sugerir la presencia de flavonoides, polifenoles y otros compuestos de origen vegetal con potencial para su uso en la elaboración de alimentos nutracéuticos, así como su aplicación en la medicina y la cosmética.

Actividad biológica del propóleo

La actividad biológica del propóleo se debe a su composición química. Estas propiedades como capacidad de antiinflamatorio, antimicrobiano, antioxidante y antiulcerosa⁽¹⁾ se han utilizado para prevenir y tratar los resfriados, para curar heridas y úlceras, aliviar los dolores por el reumatismo y esguinces, así como en el tratamiento de enfermedades del corazón, diabetes y la caries dental.⁽⁹⁾ Muchos estudios han puesto de manifiesto que los efectos observados pueden ser el resultado de la acción sinérgica de sus componentes complejos.

La actividad antimicrobiana se ha ensayado sobre diferentes microorganismos. Sin embargo, esta susceptibilidad depende del origen del propóleo que afecta su composición química, por ejemplo, los extractos orgánicos de propóleos colectados en regiones del Estado de México y de Sonora tuvieron actividad antibacteriana sobre *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Shigella dysenteriae*, *Salmonella dysenteriae*, *Salmonella typhi*, *Yersenia enterocolitica*, *Enterobacter aerioenes*, *E. agglomerans*, *Escherichia coli* y *Vibrio cholerae*. Los componentes mayoritarios de este propóleo fueron flavonas, derivados del ácido cinámico y cafeico,⁽¹⁵⁾ así como CAPE, galangina y rutina.⁽¹²⁾ Efectos similares se obtuvieron con el propóleo rojo y verde de Brasil sobre cepas de *S. aureus*, *E. faecalis*, *Streptococcus pyogenes*, *E. coli* y *Pseudomona aeruginosa*, siendo el verde el de mayor actividad. Sin embargo, estas mismas cepas no fueron susceptibles a los extractos orgánicos del propóleo amarillo de Cuba. La diferencia en la respuesta entre estos propóleos se debió principalmente a la composición de los mismos. En el verde, los componentes presentes en elevadas concentraciones fue-

ron flavonoides y ácidos aromáticos como la galangina, el kaempferol, pinostrobrina y pinocembrina, mientras que en el amarillo abundaron los triterpenos y la concentración de los fenoles y flavonoides fue muy baja.⁽⁷⁾ De igual manera, la evaluación de la actividad antimicrobiana de 33 diferentes propóleos colectados en Grecia, Islas del Mar Egeo, Chipre, Croacia y Algeria, ricos en compuestos diterpénicos y flavonoides presentaron efecto sobre *S. aureus*, *S. epidermidis*, *E. coli*, *E. cloacae*, *Klebsiella pneumoniae*, *P. aeruginosa*, *Candida albicans*, *C. tropicalis*, *C. glabrata*, *S. mutans* y *S. viridans*.⁽¹⁶⁾ Estos últimos resultados confirman la importancia de la flora de la región en la naturaleza de los propóleos.

Además de la actividad antimicrobiana, también se ha reportado el efecto de los extractos del propóleo sobre parásitos como *Trypanosoma brucei brucei*, colectado en Camerún, y en el cual se identificó a un análogo de la florogucinona con una elevada actividad antiparasitaria.⁽⁴⁾ En propóleo del estado de Sonora se encontró una elevada actividad sobre *Giardia lamblia*, en su composición se identificó a CAPE, naringenina, hesperetina y pinocembrina.⁽¹²⁾

La actividad antiproliferativa y anticancerígena de propóleo se ha probado sobre líneas de cáncer gastrointestinal: carcinoma de colon, cáncer epidermoide de esófago y carcinoma gástrico. Los compuestos fenólicos identificados que tuvieron esta actividad fueron pinocembrina, pinobanksina-3-O-acetato, tectochrisina, dimetilalil cafeato, 3-metil-3-butenil cafeato, benzil ferulato y benzil isoferulato.⁽¹⁷⁾

La actividad antioxidante del propóleo^(16,18) es la propiedad biológica más importante. A ésta se le atribuye el efecto antimicrobiano, anticancerígeno, antiinflamatorio, antiviral, de los diferentes componentes fenólicos, terpénicos, etc. que actúan en si-

nergia. Por lo tanto, la composición química y la abundancia de los diferentes componentes del propóleo le conferirán su capacidad antioxidante y antirradical, protegiendo a quienes consumen este producto apícola tan importante.

Polen

Características y composición química

El polen es el gametofito masculino de las flores, también son parte del contenido celular de los granos de polen (aminoácidos, enzimas y pigmentos) que puede atravesar la pared celular enriqueciendo la composición de la miel.

El polen es transferido al estigma de la flor (estructura reproductora femenina) por el viento o por insectos mediante el proceso de polinización), por lo que es el resultado de la aglutinación de granos de polen floral

mezclado con néctar y sustancias salivares de las abejas, que contienen enzimas amilasas y catalasas, constituyendo la fuente de proteína para el desarrollo de la colmena.

Se caracteriza por ser un polvo que sirve para que se fecunde la flor; las abejas lo recogen de las plantas y flores (Figura 2), transportándolo en sus patas traseras donde llevan una especie de compartimentos para posteriormente mezclarlo con la miel y alimentar a sus crías o larvas.⁽¹⁹⁾

FIGURA 2

ABEJA EN ETAPA DE POLINIZACIÓN



Fuente: <http://medioambientales.com/algunos-datos-sobre-las-abejas-y-su-desaparicion/>.

El polen está compuesto de flavonoides con actividad antirradical,⁽²⁰⁾ terpenos, pro-

teínas, carotenos,⁽²¹⁾ lípidos⁽²²⁾ y vitaminas del complejo B.⁽²³⁾

Polen apícola microencapsulado

Las tendencias actuales por parte de los consumidores hacia los alimentos saludables han favorecido e incrementado el consumo de polen de abeja en diversas presentaciones.

Para poder consumir el polen es necesario realizar una limpieza de impurezas y un proceso de secado, el cual puede consumirse en forma de gránulos o en polvo, solo o mezclado con otros productos, como mermelada, miel, leche, yogurt, malvaiscos, galletas, jugos, azúcar, entre otros,⁽¹⁹⁾ por lo que el polen puede ser comercializado en fresco y deshidratado.

El polen en fresco requiere de un proceso de conservación a baja temperatura entre 5 y 10 °C por tiempos prolongados para evitar su deterioro; también puede ser congelado y almacenado, mediante su preservación con nitrógeno para conservar sus propiedades biológicas y nutricias, mientras que el polen que es sometido a un proceso de secado con aire caliente en estufas especiales a una temperatura máxima de 50 °C, manteniendo bajo contenido de humedad del 5 al 8%, tiene mayor vida útil debido a la disminución de la actividad de agua, siendo un proceso apropiado debido a que implica menor tiempo de contacto del aire caliente con el producto durante su procesamiento.^(22,25)

El polen apícola por su composición tiene la ventaja de presentar grandes beneficios a la salud humana, por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antimicro-

bianas asociadas al contenido de flavonoides y fitoesteroles,⁽²⁵⁾ además de considerarse como aditivo alimentario.⁽²²⁾ Sin embargo, el contenido de flavonoides pigmentos presentes le confiere sabor astringente y amargo, razón por la cual el uso de extractos de polen apícola es más adecuado para el enriquecimiento de otras matrices alimenticias.⁽²⁶⁾

Para conservar el polen apícola existen diversas tecnologías que facilitan este proceso, destacando la microencapsulación mediante secado por aspersion, la cual permite preservar las biomoléculas y compuestos bioactivos del polen en forma de extracto, debido a su flexibilidad, economía y operación continua para producir un producto en polvo.⁽²⁷⁻²⁹⁾

El proceso de encapsulación del polen apícola mediante secado por aspersion implica atomizar en pequeñas gotas por medio de aire caliente una solución o emulsión que contenga el material de interés a encapsular y los agentes encapsulantes a través de una cámara de secado, con el fin de obtener un producto en polvo (Figura 3).⁽³⁰⁾

La encapsulación mediante secado por aspersion de los compuestos fenólicos presentes en extracto de polen apícola permite conservar sus compuestos bioactivos utilizando materiales de pared apropiados, además de generar valor agregado al preservar sus propiedades fisicoquímicas, sensoriales, prevenir su contaminación

microbiológica y disminuir el impacto sensorial del mismo.^(31,32)

Entre los materiales utilizados para encapsular los componentes del polen apícola destacan almidones modificados, carbohidratos, proteínas, maltodextrinas con diferentes equivalentes de dextrosa, almidones nativos, gomas como la arábica, la cual se usa como matriz encapsulante por sus características de baja viscosidad en soluciones concentradas, su alta solubilidad en agua y capacidad emulsificante,

además de los alginatos, gelatinas, lípidos y ceras.⁽³³⁻³⁵⁾

Asimismo, los gránulos de polen apícola por su microestructura característica en forma de esporas y corazas, pueden fungir también como microcápsulas naturales preformadas que facilitan la protección y liberación controlada de componentes bioactivos susceptibles a la oxidación. Por tanto, el polen puede ser incorporado en la formulación de productos alimenticios, farmacéuticos y cosmeceúticos.^(36,37)

FIGURA 3

PROCESO DE ENCAPSULACIÓN MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN DE EXTRACTO DE POLEN APÍCOLA



Fuentes: <http://factorquemagrasa.com/wp-content/uploads/2013/12/Cucharada-miel.jpg>; <http://procesosbio.wikispaces.com/Secado>; http://destilacionurbana.com/epages/565e0ec6-f8e5-4bd4-b252-52fdfc6be1b1.sf/es_ES/?ObjectPath=/Shops/565e0ec6-f8e5-4bd4-b252-52fdfc6be1b1/Products/IV70082.

Ceras

Características generales de las ceras

En la naturaleza existen varios insectos que son capaces de producir cera, pero algunas Apoidea fabrican una con mayor apreciación y utilidad para el ser humano.⁽³⁸⁾ Las más utilizadas son las generadas por *Apis mellifera* y *Apis cerana*, las cuales son criadas con gran frecuencia por los humanos, permitiendo un acceso más fácil al producto y con un amplio espectro de usos. La cera de abeja es una sustancia compleja secretada en forma líquida por glándulas especiales llamadas glándulas de cera, ubicadas en el abdomen de las abejas obreras jóvenes (de 12 a 18 días de edad). En abejas más viejas la glándula disminuye su actividad, pero en situaciones de emergencia la síntesis de cera puede reactivarse. Las abejas pueden moldear la cera (la cual se endurece al contacto con el aire) con sus mandíbulas para crear panales, para almacenar miel y resguardar polen.⁽³⁹⁾

Composición química de la cera

La cera de abeja es una mezcla compleja de alrededor de 300 compuestos. Está constituida por hidrocarburos, ácidos grasos libres, ésteres de ácidos grasos, alcoholes grasos, diésteres y sustancias exógenas.⁽⁴²⁾ Los hidrocarburos, que representan entre 12 y 16% de la composición de la cera, son predominantemente de cadena, con longitudes de C27-C33, principalmente de heptacosano, nonacosano, hentriacosano, pentacosano y tricoseno. Los ácidos grasos libres representan el 12% de la composición de la cera y están constituidos de cadenas con longitudes de C24-C32. Los monoésteres de cera lineales (35-45%) pre-

En su forma pura y recién secretada, la cera es casi blanca, pero después de estar en contacto con la miel y el polen, obtiene una variedad de colores amarillentos intensos y después de cuatro años se vuelve café.⁽⁴⁰⁾ Es insoluble en agua y alcohol frío, es resistente a la acción de ácidos y al jugo gástrico de las abejas. Se disuelve parcialmente en alcohol hirviendo y completamente en cloroformo y disulfuro de carbono. Cuando la cera es tratada con alcohol hirviendo, la parte que se funde está formada por ácido cerótico, libre o mezclado con pequeñas cantidades de ácido melísico, mientras que la parte que no se disuelve se compone de éter-melísil palmítico mezclado con pequeñas cantidades de éter de ácido palmítico y esteárico. Cuando es sometido a destilación seca se convierte en una masa mantecosa que se denomina aceite de cera.⁽⁴¹⁾

sentan longitudes de cadena de C40-C48, derivados fundamentalmente de los ácidos palmítico, 15-hidroxipalmítico y oleico. Las ceras de ésteres complejos (15-27%) contienen ácido 15-hidroxipalmítico o dioles que a través de grupos hidroxilos se unen a otras moléculas de ácidos grasos. Los alcoholes grasos libres, que suelen representar el uno por ciento de la composición de la cera, se constituyen de cadenas con longitudes de C28-C35.^(41,43)

Las sustancias exógenas son principalmente conformadas por residuos de propóleos, polen y pequeñas piezas de componentes flo-

rales y de contaminación.⁽⁴⁰⁾ La composición de cera de abeja puede variar entre y dentro de diferentes familias y diferentes razas de

abejas, porque es probable que la producción de cera esté estrechamente relacionada con la genética de las abejas y su dieta.^(42,43)

Uso tradicional, farmacológico y tecnológico de la cera de abeja

La cera tiene muchas aplicaciones tradicionales; en algunos países de Asia y África es utilizada en la fabricación de diversas prendas coloridas, donde es aplicada en algunas zonas de la tela para evitar que sean teñidas. La técnica de fabricación es conocida como batik (Figura 4).⁽⁴⁴⁾ También es utilizado artesanalmente como agente impermeabilizante para madera, el cuero y para el refuerzo de hilos. En algunas culturas antiguas, la cera era transformada en velas para ser usadas durante rituales y ceremonias religiosas.⁽³⁹⁾ Uno de los usos más impor-

tantes de la cera de abeja es la construcción de figurillas y esculturas a base de metales (bronce, plata y oro) con impresionantes detalles usando la técnica de *cire-perdue*, o moldeo a la cera perdida. Esta técnica es muy antigua y fue desarrollada en diferentes culturas como la sumeria, hindú, china y egipcia. Requiere de un molde que se elabora a partir de un prototipo diseñado en cera de abeja. También, la cera es usada como ingrediente en la restauración de imágenes, como material para pulir instrumentos musicales y pisos, y como aditivo en pinturas.

FIGURA 4

FABRICACIÓN DE PRENDA USANDO LA TÉCNICA DE BATIK



Imagen de Batik Museum Institute, Pekalogan, 2008 ©.

Fuente: UNESCO45(<http://www.unesco.org/culture/ich/es/RL/el-batik-indonesio-00170>).

El uso de la cera de abeja en la cosmética se ha incrementado en los últimos años, ya que ha sido aplicado en diversos productos como crema para manos, cremas humectantes, ungüentos, lociones y jabones. Así también, es utilizado como ingrediente en la fabricación de bálsamo para labios, en brillo labial, pomadas y en maquillajes como sombra de ojos, rubor y delineador de ojos.⁽³⁹⁾

En la preparación de alimentos, la cera de abeja es usada como recubrimiento para quesos, lo que evita el contacto con el aire y le brinda protección contra el deterioro causado por el crecimiento de hongos. También es usado como un aditivo alimenticio (E901) en la preparación de panes (agente de glaseado), para prevenir la pérdida de agua en alimento o para proporcionar protección en algunas frutas.⁽⁴⁶⁾

En años recientes, las propiedades farmacológicas de productos naturales y sobre todo de productos provenientes de la actividad apícola han sido estudiadas. Se ha reportado que el crudo de la cera de abeja manifiesta propiedades antimicrobianas contra diversas cepas de bacterias patógenas y cepas del hongo *Candida albicans*. Los extractos de cera de abeja fueron efectivos contra bacterias Gram-positivas, particularmente *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus epidermidis* y *Streptococcus pyogenes*. También fueron activos contra bacterias Gram-negativas como *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y contra *Candida albicans*. Los extractos no fueron activos contra *Salmonella typhimurium* y *Proteus mirabilis*.^(47,48) La combinación de miel, aceite de oliva y cera de abeja

ha resultado en un remedio tópico para tratar la dermatitis en infantes. Estudios mostraron que la aplicación de esta mezcla redujo significativamente las lesiones eritematosas moderadas con presencia del hongo *Candida albicans*.⁽⁴⁹⁾

Actualmente, la cera de abeja está siendo utilizada para crear materiales novedosos de recubrimiento y de empaque para la conservación de alimentos. La combinación de hidroxipropil metilcelulosa con cera de abeja (HPMC-CA) y preservativos con propiedades antifúngicas, tal como propionato de sodio, carbonato de potasio, fosfato de amonio y carbonato de amonio, se ha evaluado para extender la vida de poscosecha y la frescura de tomates. Todos los recubrimientos antifúngicos con HPMC-CA redujeron significativamente el desarrollo de moho gris, pero el recubrimiento HPMC-CA con carbonato de amonio permitió una menor reducción del peso y mantuvo la firmeza del tomate. Concretamente, la aplicación del recubrimiento comestible compuesto por HPMC-CA posee prominentes cualidades para ser utilizado como tratamiento para extender la vida postcosecha de los tomates.⁽⁵⁰⁾

Estudios que involucran la unión de partículas de látex de cera de abeja con polímeros antimicrobiales base-guandina, han conducido a la creación de papel con funcionalidad dual, mejorando la resistencia al vapor de agua y la actividad antimicrobial. Este nuevo papel puede ser utilizado como mecanismo de barrera en alimentos (envoltorio) para protegerlos del medio exterior.⁽⁵¹⁾

Jalea real

La jalea real se define como una secreción lechosa producida por las glándulas hipofaríngeas y por las glándulas mandibulares de las abejas obreras (*Apis mellifera* L.) en el estadio temporal de nodriza (5-14 días de edad)⁽⁵²⁾ y que se usa para alimentar a las larvas. Durante los dos primeros días de vida, todas las larvas reciben jalea real; las larvas de las celdillas reales reciben la jalea real pura, sin polen, mientras que las larvas de obreras la reciben con algunos granos de polen. A partir del tercer día, las larvas de obreras son alimentadas con una papilla de miel, polen y agua, mientras que la reina recibe jalea real durante toda su existencia. Las abejas emplean unos 250 a 300 g de jalea real en la alimentación de una reina y debido a esto la abeja madre es capaz de vivir seis años en promedio (las obreras sólo viven de uno a tres meses), nace con órganos de reproducción altamente desarrollados, es de mayor tamaño que el resto de las abejas y procreará intensamente durante toda su vida más de 2000 a 3000 huevos diarios.⁽⁵³⁾

China es el principal productor y exportador de jalea real, se estima una producción anual de 2000 toneladas, que representa 60% de la producción mundial; la mayor parte de esta producción es exportada a Japón, Estados Unidos y Europa.^(54,55) La jalea real también se produce en España, Grecia, Francia e Italia; y en Latinoamérica el mayor productor es México. La producción de jalea real es indicada para aquellos lugares

donde las fuentes de néctar y polen son insuficientes para una producción rentable de miel o donde la miel que se produce tiene poca aceptación comercial, por ejemplo, esto puede ser aplicado en el segundo semestre del año en Yucatán, donde la apicultura muestra un periodo de improductividad en sus colmenas.⁽⁵⁶⁾

La jalea real debe extraerse en el periodo de mayor actividad de la colmena, es decir, cuando haya máxima floración. Comercialmente, se utiliza la técnica modificada estándar (Doolittle) de transferencia de larvas. Con esta técnica se utilizan colonias fuertes las cuales se horfanizan, con lo que se estimula a las obreras nodrizas a preparar celdas reales de emergencia y a producir jalea real. Transcurridos cuatro días después del horfanizado, se preparan los cuadros con las copas celdas, se les agrega una gota de jalea real diluida y se transfieren las larvas jóvenes más pequeñas (no mayores de cuatro días). Los cuadros con las copas se colocan dentro de la colmena; se recomienda un máximo de 45 celdas por colonia y 15 celdas por cuadro. Posteriormente, a las 72 horas se abre la colmena para retirar los cuadros y extraer la jalea en el centro de procesamiento.⁽⁵⁵⁾ La cantidad de jalea real producida está relacionada con la fortaleza de la colonia, época del año y alimentación estimulante. La producción varía de 150 a 300 mg de jalea real por copa, requiriéndose cerca de 1000 celdas para producir 112 kilos de jalea.

Características y composición

La jalea real es un producto que se presenta como una emulsión semifluida, viscosa,

de consistencia gelatinosa, de aspecto lechoso (Figura 5); cuando es segregada es

fluida, opalescente, color amarillo pálido o blancuzco, de sabor ácido ligeramente picante, astringente, no-dulce, de olor fenólico y con reacción ligeramente ácida (pH 3.5-4.5). Es parcialmente soluble en agua y con una densidad de 1.1 g/ml, frecuentemente se observa como una disolución no homogénea debido a la pre-

sencia de gránulos no disueltos de tamaño variable.^(55,57,58) El contenido de agua de la jalea real se encuentra entre 60-70%, con una actividad de agua (a_w) de alrededor de 0.92.^(54,59) En la Tabla 1 se señalan la composición química de la jalea real y los principales componentes de cada categoría.

TABLA 1
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA JALEA REAL^(55,60)

Componente	Porcentaje (%)	Tipo
Azúcares	15 - 30	Glucosa, fructosa, sacarosa y pequeñas cantidades de maltosa, erlosa, trehalosa, gentiobiosa, isomaltosa, rafinosa y melibiosa.
Proteínas	27 - 41	Aminoácidos en estado libre y combinados tales como: alanina, ácido aspártico, ácido glutámico, cistina, glicocola, leucina, isoleucina, fenilalanina, metionina, prolina, serina, taurina, treonina, tirosina, valina, arginina, histidina, triptófano, lisina, ácido amino-butírico y glicina.
Lípidos	8 -19	Ácidos grasos: 7-hidroxiocetánico, 3-hidroxidocetánico, 6-hidroxidecenónico, metiloctandióico, 8-hidroxiocetánico, 9-hidroxinonanoico, palmítico, dodecanoico, eicosanoico y ácido 10-hidroxidecenónico (HDA).
Cenizas	0.8 - 3	Potasio, calcio, sodio, magnesio, zinc, hierro, cobre y manganeso.
Vitaminas		Tiamina (B1), Riboflavina (B2), ácido pantoténico (B5), Piridoxina (B6), Biotina (B8), Cianocobalamina (B12), ácido nicotínico (PP), Inositol, ácido fólico y ácido ascórbico, vitaminas A, D y E.

FIGURA 5
JALEA REAL



Más del 80% de las proteínas de la jalea real son solubles y recientemente se encontró que las proteínas y los péptidos de la jalea real tienen actividad antioxidante. También se ha identificado monofosfato de adenosina (AMP) y óxido N1 de monofosfato de adenosina en la jalea real.⁽⁵⁵⁾ La hipótesis de la presencia cuantitativa de minerales en la jalea real se ha enfocado a factores externos a la colmena (medio ambiente, alimentación y periodo de producción) y algunos factores biológicos propios de las abejas, los elementos traza tienen un papel importante en las actividades biomédicas asociadas con la jalea

real, debido a que estos elementos tienen de una gran diversidad funciones biológicas.⁽⁶¹⁾

La alimentación es uno de los factores que más influencia tiene sobre la actividad de las glándulas hipofaríngeas de las abejas, siendo el polen la fuente más importante para la biosíntesis de los ácidos orgánicos presentes en la jalea real. Otro factor que influye sobre el desarrollo del funcionamiento de estas glándulas es la edad de la abeja. Además, la composición de la jalea real varía con la estación del año, los análisis de las muestras de diferente origen geográfico no presentaron

diferencia en la composición en orden de distinguir un producto de otro, por lo que se presume que las condiciones ambientales no tienen una influencia significativa sobre los principales componentes.⁽⁵⁹⁾

A causa de su composición, la jalea real se conserva difícilmente. Se deteriora muy rá-

Propiedades funcionales

La jalea real es uno de los ingredientes más atractivos para la elaboración de alimentos funcionales, y su amplio uso en la industria cosmética o como suplemento alimenticio es debido a la creencia que puede tener efectos en los humanos similares a los que produce en la abeja reina. Se ha demostrado, en modelos animales, que este producto de la colmena posee varias actividades farmacológicas, entre las que se pueden mencionar actividad vasodilatadora e hipotensora, incremento en la tasa de crecimiento, acción desinfectante, actividad antitumoral, actividad antihipercolesterolemia y antiinflamatoria. Adicionalmente, se le atribuyen propiedades antiedad, anti-alérgicas e hipoglucémicas.⁽⁶²⁾

Se ha demostrado que las fracciones proteicas y fenólicas de la jalea real pueden tener una alta actividad antioxidante y habilidades de inhibición de especies oxigenadas activas. Muchas clases de com-

Calidad y trazabilidad

La jalea real constituye una materia prima valiosa para la industria farmacéutica, alimentaria y cosmética,^(55,60) por lo tanto es necesario llevar a cabo un control de calidad de este producto apícola. El conocer la

pedido por la luz solar, el oxígeno del aire, la humedad, y particularmente el calor, que favorecen el enranciamiento de sus materias grasas. La jalea real pura debe mantenerse a una temperatura aproximada de 0 °C en recipientes opacos, preferentemente negros o ámbar, bien llenos y cerrados herméticamente, con tapa de material plástico.

puestos fenólicos, incluyendo flavonoides y derivados del ácido cinámico, están presentes en la jalea real, y su concentración depende de varios factores entre los que se pueden mencionar la especie vegetal empleada por las abejas, la salud de la planta, época del año y factores ambientales. Los principales flavonoides encontrados en la jalea real incluyen flavonoles (*n.g.*, quercetina, kaemferol, galangina y fisetina), flavanonas (*n.g.*, pinocembrina, naringina y hesperidina) y flavonas (*n.g.*, apigenina, acacetina, crisina y luteolina).^(55,63)

Además, se ha reportado que la jalea real tiene actividad antibacteriana contra bacterias Gram positivas y Gram negativas, siendo esta actividad atribuida principalmente a los ácidos grasos tales como ácido 10-hidroxi-dec-2-enoico, ácido 3-hidroxidodecanoico, ácido 11-oxododecanoico y ácido 11-S-hidroxidodecanoico; así como a los péptidos bioactivos que contiene.^(53,54,57)

constitución de la jalea real recién producida es esencial para definir una composición estándar, evaluar la calidad de productos comerciales y detectar la presencia de jalea real en otros productos que la contengan.⁽⁶⁰⁾

Actualmente, solo se cuenta con estándares internacionales para la miel, pero no para otros productos apícolas como la jalea real, aunque varios países ya han establecido estándares nacionales o directrices, por ejemplo, el primer país en señalar los criterios de calidad para la jalea real fue Argentina en 1979, seguido por Bulgaria en 1984, Polonia en 1996, Turquía en 2000, Brasil en 2001, Serbia en 2003, Suiza en 2005 (modificado en 2014), Japón y China en 2008, India en 2012 y Corea en 2014. Recientemente, la Organización Internacional para la Estandarización (ISO, por sus siglas en inglés) emitió un proyecto internacional de estándares que distingue la jalea real producida por abejas alimentadas con alimento natural (tipo 1) y la jalea real producida por abejas alimentadas con otros nutrientes como proteínas y carbohidratos (tipo 2).⁽⁵⁴⁾

El contenido de contaminantes en la jalea real es relativamente bajo comparado con otros productos apícolas; la melamina se ha convertido en un foco de atención por su posible ocurrencia de nefrolitiasis y las muertes asociadas a este padecimiento, debido a que se ha adicionado a alimentos para incrementar el contenido proteico aparente por fabricantes con prácticas poco éticas. Recientemente, ha surgido el problema de contaminación de jalea real por antibióticos, porque los antibióticos que se utilizan en la colmena también pueden contaminar la jalea real.⁽⁶⁴⁾

El problema de calidad más importante de la jalea real es su adulteración, siendo más probable su alteración con miel, lo que ocasiona un incremento en los valores del contenido de azúcares y disminución de los valores de proteína y lípidos, el criterio de calidad más

importante de adulteración de jalea real es el contenido del ácido 10-Hidroxi-2-Decenoico (10-HDA), sin embargo, este compuesto también se reduce conforme la jalea real tiene mayor tiempo de almacenaje, por lo que se ha sugerido la evaluación del contenido de todos los ácidos grasos como indicador de calidad. Las adulteraciones de la jalea real con más de 25% de yogurt, clara de huevo, agua o almidón de maíz, pueden detectarse con el incremento en la humedad y la disminución en el contenido de lípidos, proteínas y 10-HDA, así como la insolubilidad en medio alcalino.^(60,64)

La jalea real que no ha sido almacenada adecuadamente tiende a ser más oscura y tener un sabor rancio (envejecimiento), para evitar lo anterior y poder contar con un producto de calidad óptima, es necesario que se almacene en congelación o conservada a través de liofilización. La viscosidad de la jalea real varía de acuerdo con el contenido de agua y la edad, y tiende a volverse más viscosa cuando se almacena a temperatura ambiente o en refrigeración a 5 °C; este incremento en la viscosidad está relacionado aparentemente con un aumento en los compuestos nitrogenados insolubles en agua, junto con una disminución de los compuestos nitrogenados solubles y los aminoácidos libres, dichos cambios se deben a las actividades enzimáticas y a la interacción entre los lípidos y las fracciones proteicas.⁽⁵⁵⁾

Para determinar el origen geográfico de la jalea real y detectar mezclas, se recurre al análisis microscópico del sedimento de la jalea real, de acuerdo con los principios básicos de melisopalínología y en particular a la identificación del polen que contiene. Uno de los parámetros más prometedores para la

evaluación de la autenticidad de la jalea real es la presencia de apalbumina.⁽⁵⁵⁾ La cantidad de polen en la jalea real, así como la cera visible y partículas larvales debe ser mínima.⁽⁵²⁾ El valor de la furosina, un producto de la reacción de Maillard, es muy bajo en muestras de jalea real frescas, pero se incrementa con el tiempo y en relación con la temperatura.

La jalea real es uno de los productos asociados a la colmena que tiene importantes

propiedades nutrimentales, funcionales y actividades biológicas, sin embargo, los centros de investigación, instituciones de educación superior, los apicultores, las organizaciones gubernamentales y de estandarización deben trabajar de manera conjunta para establecer criterios de calidad y trazabilidad que favorezcan el comercio tanto al interior del país como en el exterior, garantizando un producto inocuo y competitivo que contribuya a la diversificación de la apicultura.

Veneno de abeja como apiterapéutico

Sin duda alguna son muchos usos que le dan a la miel y sus subproductos, dentro de los cuales destaca su aplicación como apiterapéutico,⁽⁶⁵⁾ debido a las limitaciones que presentan las terapias convencionales en el tratamiento de enfermedades, las terapias alternativas como la apiterapia empleando veneno de abeja representan una estrategia atractiva en la actualidad (Figura 6).

La apitoxina es el veneno secretado por las abejas obreras quienes lo emplean como medio de defensa contra depredadores y para el combate entre abejas. El veneno de abeja es una mezcla relativamente compleja y sus efectos se deben a una mezcla de proteínas, principalmente al polipéptido citotóxico melitina y a la apamina.

FIGURA 6

VENENO DE ABEJA COMO APITERAPÉUTICO



Fuente: <https://beekys.wordpress.com/2015/11/15/el-veneno-de-abeja-apitoxina/>.

La melitina es un péptido de 26 aminoácidos que se distingue por la existencia de un tetrámero alfa helicoidal y un monómero alfa helicoidal. La hialuronidasa, otro componente del veneno de abeja, cataliza la despolimerización del ácido hialurónico. Actúa como un factor de difusión, es decir, a través de un mecanismo que permite el esparcimiento del veneno a través de los tejidos por degradación de los polímeros del ácido-araquidónico del cemento intercelular. Esta enzima exhibe una actividad óptima a un pH de 4-5.⁽⁶⁶⁾

De acuerdo con estudios realizados, se ha visto el efecto que el veneno de abeja representa una alternativa como tratamiento complementario o alternativo del reumatismo y otras afecciones articulares, por sus propiedades antiinflamatorias, al ser eficaz supresor del dolor, debido a que actúa sobre el sistema inmunológico corrigiendo ataques de anticuerpos hacia las articulaciones, así como también en el tratamiento de esclerosis múltiple, síndrome de fatiga crónica, psoriasis, herpes, depresión, neuralgia, entre otras afecciones.⁽⁶⁶⁾

Se ha reportado en estudios evaluados en modelos murinos que el veneno de abeja utilizado en la acupuntura es de gran utilidad en el tratamiento de enfermedades y alergias, donde el tratamiento involucra la inyección del veneno de abeja diluido en puntos específicos del cuerpo para tratar desórdenes,

Conclusión

Es evidente la importancia que tienen los subproductos que se generan en la apicultura, además de la miel, en el ámbito de

dolores, artritis, enfermedades reumáticas, cáncer, enfermedad de Parkinson y enfermedades de la piel, esto es debido a que el veneno ejerce un efecto neuroprotector a nivel de la dopamina para inhibir la neuroinflamación, el estrés oxidativo y la apoptosis, por lo que el veneno de abeja puede ser empleado como una terapia natural alternativa para el tratamiento de enfermedades asociadas a procesos degenerativos relacionados con la neuroinflamación.^(67,68)

Asimismo, el veneno de abeja en la medicina tradicional oriental se ha utilizado para el tratamiento de enfermedades del sistema inmunológico y pruebas clínicas realizadas recientemente demuestran que es muy benéfico en el tratamiento neurodegenerativo de la enfermedad de Parkinson, aunado al hecho de que el veneno produce una marcada supresión del movimiento de los leucocitos en el proceso de inflamación, además de ejercer un efecto neuroprotector en la neurodegeneración inducida de la rotenona, la cual es mediada por la inhibición de la neuroinflamación, el estrés oxidativo y la apoptosis.⁽⁶⁹⁾

La funcionalidad terapéutica del veneno de abeja es una excelente alternativa en el tratamiento de este tipo de enfermedades y que a su vez puede actuar de forma individual o de manera sinérgica con los tratamientos médicos convencionales para que la salud del paciente sea tratada adecuadamente.

la salud, la industria y la economía del ser humano. El sustento científico de las propiedades medicinales del propóleo, la jalea

real, el polen, la cera e inclusive el veneno de las abejas, muestran que la aplicación que se les ha dado desde la antigüedad de manera empírica, se debe a la presencia de compuestos de origen vegetal que las abejas recolectan como parte del néctar de las flores. México tiene una riqueza florística inigualable, la cual le da la ventaja de producir miel y subproductos con caracte-

rísticas únicas, con la presencia de moléculas con propiedades biológicas importantes.

La información plasmada en este capítulo se debe utilizar para impulsar el análisis de estos subproductos que se producen en todo el país, así como su consumo y producción en beneficio de la sociedad y principalmente de los apicultores mexicanos. 🐝

Referencias bibliográficas

- ⁽¹⁾Freires, I.A., de Alencar, S.M. & Rosalen, P.L. “A pharmacological perspective on the use of Brazilian Red Propolis and its isolated compounds against human diseases”. *Eur. J. Med. Chem.* 110, 267–79 (2016).
- ⁽²⁾Bankova, V., Popova, M., Bogdanov, S. & Sabatini, A.G. “Chemical composition of European propolis: Expected and unexpected results”. *Zeitschrift für Naturforsch. - Sect. C J. Biosci.* 57, 530–533 (2002).
- ⁽³⁾Osés, S.M., Pascual-Maté, A., Fernández-Muiño, M.A., López-Díaz, T.M. & Sancho, M.T. “Bioactive properties of honey with propolis”. *Food Chem.* 196, 1215–1223 (2016).
- ⁽⁴⁾Almutairi, S. *et al.* “New anti-trypanosomal active prenylated compounds from African propolis”. *Phytochem. Lett.* 10, 35-39 (2014).
- ⁽⁵⁾Kalogeropoulos, N., Konteles, S.J., Troullidou, E., Mourtzinos, I. & Karathanos, V.T. “Chemical composition, antioxidant activity and antimicrobial properties of propolis extracts from Greece and Cyprus”. *Food Chem.* 116, 452-461 (2009).
- ⁽⁶⁾Salatino, A., Fernandes-Silva, C. C., Righi, A. A. & Salatino, M. L. F. Propolis research and the chemistry of plant products. *Nat. Prod. Rep.* 28, 925–936 (2011).
- ⁽⁷⁾Machado, C.S. *et al.* Comparative Study of Chemical Composition and Biological Activity of Yellow, Green, Brown and Red Brazilian Propolis Comparative Study of Chemical Composition and Biological Activity of Yellow, Green, Brown and Red Brazilian Propolis (2016).
- ⁽⁸⁾Piccinelli, A.L. *et al.* “Cuban and Brazilian red propolis: Botanical origin and comparative analysis by high-performance liquid chromatography-photodiode array detection/ electrospray ionization tandem mass spectrometry”. *J. Agric. Food Chem.* 59, 6484-6491 (2011).

- ⁽⁹⁾Huang, S., Zhang, C.P., Wang, K., Li, G. & Hu, F.L. “Recent Advances in the Chemical Composition of Propolis”. *Molecules* 19, 19610-19632 (2014).
- ⁽¹⁰⁾Velazquez, C. *et al.* “Antibacterial and free-radical scavenging activities of Sonoran propolis”. *J. Appl. Microbiol.* 103, 1747–1756 (2007).
- ⁽¹¹⁾Alday, E. *et al.* “Apoptotic induction by pinobanksin and some of its ester derivatives from Sonoran propolis in a B-cell lymphoma cell line”. *Chem. Biol. Interact.* 242, 35-44 (2015).
- ⁽¹²⁾Alday, E. *et al.* Advances in Pharmacological Activities and Chemical Composition of Propolis Produced in Americas. (2016). doi:10.5772/63145
- ⁽¹³⁾Lotti, C. *et al.* “Chemical constituents of red Mexican propolis”. *J. Agric. Food Chem.* **58**, 2209–2213 (2010).
- ⁽¹⁴⁾Pino, J. A., Marbot, R., Delgado, A., Zumarraga, C. & Sauri, E. “Volatile constituents of propolis from honey bees and stingless bees from Yucatan”. *J. Essent. Oil Res.* 18, 53–56 (2006).
- ⁽¹⁵⁾Orozco, A. L. *et al.* “Antibacterial comparative study between extracts of mexican propolis and of three plants which use *apis mellifera* for its production”. *Journal of Animal and Veterinary Advances* 9, 1250–1254 (2010).
- ⁽¹⁶⁾Graikou, K., Popova, M., Gortzi, O., Bankova, V. & Chinou, I. “LWT - Food Science and Technology Characterization and biological evaluation of selected Mediterranean propolis samples . Is it a new type?” *LWT - Food Sci. Technol.* 65, 261–267 (2016).
- ⁽¹⁷⁾Catchpole, O. J., Mitchell, K., Bloor, S., Davis, P. & Suddes, A. “Antiproliferative Activity of New Zealand Propolis and Phenolic Compounds *vs* Human Colorectal Adenocarcinoma Cells”. *Fitoterapia* 106, 167–174 (2015).
- ⁽¹⁸⁾Salas, A. L. *et al.* “Biological activities of polyphenols-enriched propolis from Argentina arid regions”. *Phytomedicine* 23, 27–31 (2016).
- ⁽¹⁹⁾Herrero, F. *Las abejas y la miel* (2004).
- ⁽²⁰⁾Sarmento Silva, T.M. *et al.* “Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke”. *J. Food Compos. Anal.* 19, 507–511 (2006).
- ⁽²¹⁾Sattler, J.A.G. *et al.* “Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study”. *Food Res. Int.* 77, 82–91 (2015).

- ⁽²²⁾Almeida-Muradian, L.B., Pamplona, L.C., Coimbra, S. & Barth, O.M. “Chemical composition and botanical evaluation of dried bee pollen pellets”. *J. Food Compos. Anal.* 18, 105–111 (2005).
- ⁽²³⁾de Arruda, V.A.S., Pereira, A.A.S., de Freitas, A.S., Barth, O.M. & de Almeida-Muradian, L.B. “Dried bee pollen: B complex vitamins, physicochemical and botanical composition”. *J. Food Compos. Anal.* 29, 100–105 (2013).
- ⁽²⁴⁾Khider, M., Elbanna, K., Mahmoud, A. & Owayss, A. A. “Egyptian honeybee pollen as antimicrobial, antioxidant agents, and dietary food supplements”. *Food Sci. Biotechnol.* 22, 1–9 (2013).
- ⁽²⁵⁾Campos, M.G.R., Frigerio, C., Lopes, J. & Bogdanov, S. “What is the future of Bee-Pollen?” *J. ApiProduct ApiMedical Sci.* 2, 131–144 (2010).
- ⁽²⁶⁾Kroyer, G. & Hegedus, N. “Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement”. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2, 171–174 (2001).
- ⁽²⁷⁾Adolfo, R. & Huertas, P. Revisión: Microencapsulación de Alimentos. 63, 5669–5684 (2011).
- ⁽²⁸⁾Fang, Z. & Bhandari, B. “Encapsulation of polyphenols - A review”. *Trends Food Sci. Technol.* 21, 510–523 (2010).
- ⁽²⁹⁾Granato, D., Branco, G.F., Nazzaro, F., Cruz, A.G. & Faria, J.A.F. “Functional Foods and Nondairy Probiotic Food Development: Trends, Concepts and Products”. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 9, 292–302 (2010).
- ⁽³⁰⁾Woo, M., Mujumdar, A. & Daud, W.R. *Spray Drying Technology* (2010).
- ⁽³¹⁾Bakowska-Barczak, A.M. & Kolodziejczyk, P.P. “Black currant polyphenols: Their storage stability and microencapsulation”. *Ind. Crops Prod.* 34, 1301–1309 (2011).
- ⁽³²⁾Da Silva, F.C. *et al.* “Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems”. *Food Bioprod. Process.* 91, 28–36 (2013).
- ⁽³³⁾Wandrey, C., Bartkowiak, A. & Harding, S.E. In *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing* (eds. Zuidam, N. J. & Nedović, V. A.) 400 (Springer New York, 2010). doi:10.1007/978-1-4419-1008-0
- ⁽³⁴⁾Kuang, S.S., Oliveira, J.C. & Crean, A.M. “Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredients into food”. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 50, 951–968 (2010).
- ⁽³⁵⁾Lam, R.S.H. & Nickerson, M.T. “The properties of whey protein-carrageenan mixtures during the formation of electrostatic coupled biopolymer and emulsion gels”. *Food Res. Int.* 66, 140–149 (2014).

- ⁽³⁶⁾Yu, L. *et al.* “A universal biological-materials-assisted hydrothermal route to prepare various inorganic hollow microcapsules in the presence of pollens”. *Powder Technol.* 301, 26–33 (2016).
- ⁽³⁷⁾Atwe, S.U., Ma, Y. & Gill, H.S. “Pollen grains for oral vaccination”. *J. Control. Release* 194, 45–52 (2014).
- ⁽³⁸⁾Kaluza, B.F., Wallace, H., Heard, T.A., Klein, A.M. & Leonhardt, S.D. “Urban gardens promote bee foraging over natural habitats and plantations”. *Ecol. Evol.* 6, 1304–1316 (2016).
- ⁽³⁹⁾Bogdanov, S. “Beeswax: Quality issues today”. *Bee World* 85, 46–50 (2004).
- ⁽⁴⁰⁾Hepburn R., H. *et al.* “Synthesis and secretion of beeswax in honeybees”. *Apidologie* 22, 21–36 (1991).
- ⁽⁴¹⁾Fratini, F., Cilia, G., Turchi, B. & Felicioli, A. “Beeswax: A minireview of its antimicrobial activity and its application in medicine”. *Asian Pac. J. Trop. Med.* 9, 839–843 (2016).
- ⁽⁴²⁾Buchwald, R., Breed, M.D., Greenberg, A.R. & Otis, G. “Interspecific variation in beeswax as a biological construction material”. *J. Exp. Biol.* 209, 3984–9 (2006).
- ⁽⁴³⁾Tulloch, A.P. “Beeswax — Composition and Analysis”. *Bee World* 61, 47–62 (1980).
- ⁽⁴⁴⁾FAO. *La cera de abejas - Un producto útil y valioso* (2009).
- ⁽⁴⁵⁾Unesco. Cullture Sector - Intangible Heritage - 2003 Convention : unesco.org (2009).
- ⁽⁴⁶⁾Aguilar, F. *et al.* “Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Materials in Contact with Food (AFC)”. *EFSA J.* 1–29 (2008).
- ⁽⁴⁷⁾Kacaniova, M. *et al.* “The antimicrobial activity of honey, bee pollen loads and beeswax from Slovakia”. *Arch. Biol. Sci., Belgrade* 64, 927–934 (2012).
- ⁽⁴⁸⁾Ghanem, N.B. “Study on the antimicrobial activity of honey products and some saudi folkloric substances”. *Res. J. Biotechnol.* 6, 38–43 (2011).
- ⁽⁴⁹⁾Al-Waili, N.S. “Clinical and mycological benefits of topical application of honey, olive oil and beeswax in diaper dermatitis”. *Clin. Microbiol. Infect.* 11, 160–163 (2005).
- ⁽⁵⁰⁾Fagundes, C., Palou, L., Monteiro, A.R. & Pérez-Gago, M.B. “Effect of antifungal hydroxypropyl methylcellulose-beeswax edible coatings on gray mold development and quality attributes of cold-stored cherry tomato fruit”. *Postharvest Biol. Technol.* 92, 1–8 (2014).
- ⁽⁵¹⁾Zhang, D. & Xiao, H. “Dual-Functional Beeswaxes on Enhancing Antimicrobial Activity and Water Vapor Barrier Property of Paper”. *ACS Appl. Mater. Interfaces* 5, 3464–3468 (2013).

- ⁽⁵²⁾Secretaría de Economía. NMX-FF-104-SCFI-2004. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-Jalea Real- Especificaciones y métodos de prueba. 24 (2004).
- ⁽⁵³⁾Fratini, F., Cilia, G., Mancini, S. & Felicioli, A. “Royal Jelly: An ancient remedy with remarkable antibacterial properties”. *Microbiol. Res.* 192, 130–141 (2016).
- ⁽⁵⁴⁾Kanelis, D. *et al.* “A suggestion for royal jelly specifications”. *Arch. Ind. Hyg. Toxicol.* 66, 275–284 (2015).
- ⁽⁵⁵⁾Ramadan, M.F. & Al-Ghamdi, A. “Bioactive compounds and health-promoting properties of royal jelly: A review”. *J. Funct. Foods* 4, 39–52 (2012).
- ⁽⁵⁶⁾Pech Martínez, V.C., Ojeda López, R., Flores Novelo, A. & Araujo Freitas, J. “Estudio de viabilidad económica de la producción de jalea real con abejas *Apis mellifera* alimentadas artificialmente en época de escasez en Yucatán, México”. *Rev. Mex. Agronegocios* X, 1–14 (2006).
- ⁽⁵⁷⁾García, M.C., Finola, M.S. & Marioli, J.M. “Bioassay Directed Identification of Royal Jelly’s Active Compounds against the Growth of Bacteria Capable of Infecting Cutaneous Wounds”. *Adv. Microbiol.* 3, 138–144 (2013).
- ⁽⁵⁸⁾Nabas, Z., Haddadin, M.S.Y., Haddadin, J. & Nazer, I.K. “Chemical Composition of Royal Jelly and Effects of Synbiotic with Two Different Locally Isolated Probiotic Strains on Antioxidant Activities”. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 64, 171–180 (2014).
- ⁽⁵⁹⁾Krell, R. “Value-added products from beekeeping”. *Fao Agriculture Services Bulletin* (1996).
- ⁽⁶⁰⁾Sabatini, A. & Marcazzan, G. “Quality and standardisation of royal jelly”. *J. ApiProduct* 1, 1–6 (2009).
- ⁽⁶¹⁾Stocker, A., Schramel, P., Kettrup, A. & Bengsch, E. “Trace and mineral elements in royal jelly and homeostatic effects”. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 19, 183–189 (2005).
- ⁽⁶²⁾Zheng, H.Q., Wei, W.T., Wu, L.M., Hu, F.L. & Dietemann, V. “Fast Determination of Royal Jelly Freshness by a Chromogenic Reaction”. *J. Food Sci.* 77 (2012).
- ⁽⁶³⁾Viuda-Martos, M., Ruiz-Navajas, Y., Fernández-López, J. & Pérez-Álvarez, J.A. “Functional properties of honey, propolis, and royal jelly”. *Journal of Food Science* 73 (2008).
- ⁽⁶⁴⁾Morgado Schmidt, E., da Silva Cunha, I.B., Nogueira Eberlin, M. & C.H.F. Sawaya. “A. Characterization of Royal Jelly by Electrospray Ionization Mass Spectrometry Fingerprinting”. *Mass Spectrom. Purif. Tech.* 1 (2015).
- ⁽⁶⁵⁾*La miel y las abejas*. Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Yucatán (2011).
- ⁽⁶⁶⁾Meda, A., Lamien, C.E., Millogo, J., Romito, M. & Nacoulma, O.G. “Therapeutic uses of honey and honeybee larvae in central Burkina Faso”. *J. Ethnopharmacol.* 95, 103–107 (2004).

- ⁽⁶⁷⁾Cho, S.Y. *et al.* “Effectiveness of acupuncture and bee venom acupuncture in idiopathic Parkinson’s disease”. *Park. Relat. Disord.* 18, 948–952 (2012).
- ⁽⁶⁸⁾Chung, E.S. *et al.* “Neuro-protective effects of bee venom by suppression of neuroinflammatory responses in a mouse model of Parkinson’s disease: Role of regulatory T cells”. *Brain. Behav. Immun.* 26, 1322-1330 (2012).
- ⁽⁶⁹⁾Khalil, W.K.B., Assaf, N., Elshebiny, S.A. & Salem, N.A. “Neuroprotective effects of bee venom acupuncture therapy against rotenone-induced oxidative stress and apoptosis”. *Neurochem. Int.* 80, 79-86 (2015).

Lista de autores

Ana Luisa Ramos Díaz

Mexicana, aramos@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigadora titular A

Neith Aracely Pacheco López

Mexicana, npacheco@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigadora titular A

Alberto Uc Vázquez

Mexicano, auc@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigador asociado C

Antonio Koyoc Canché

Mexicano, mielmuukkaab@gmail.com
Grupo Apícola Texán de Palomeque
S de P.R. de R.L.
Asesor

Ariel Vázquez Elorza

Mexicano
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Integrante del Laboratorio de Prospección
Tecnológica Interregional para el
Desarrollo Innovador de los Alimentos
y la Alimentación

Aura Flores Pérez

Mexicana, aurafp@hotmail.com
Profesora del Instituto Tecnológico de

Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico Nacional
de México

Evelin Martínez Benavídez

Mexicana, emartinez@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Guadalajara
Asistente de investigación

Jaqueline Leyra Pérez

Mexicana, jackie_leyra@hotmail.com
Profesora del Instituto Tecnológico
de Tuxtla Gutiérrez, Tecnológico
Nacional de México

Jesús Alfonso Patrón Vázquez

Mexicano, jvazquez@ciatej.mx
CIATEJ Unidad Sureste
Técnico contratado por honorarios

Julia del Socorro Cano Sosa

Mexicana, jcano@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigadora asociada C

Jorge Manuel Cocom Vázquez

Mexicano, jomcov@hotmail.com;
mcocom@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Técnico por honorarios

María de los Ángeles Sánchez Contreras

Mexicana, msanchez@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado

de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigadora titular B

Miriam Fabiola Fabela Morón

Mexicana, mfabela@ciatej.mx
Conacyt-Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y Diseño
del Estado de Jalisco AC., Unidad Sureste
Catedrática Conacyt

Norberto Ulises García Cruz

Mexicano, norbertoulisesg@gmail.com
Centro de Investigación y de Estudios
Avanzados del Instituto Politécnico
Nacional, Cinvestav
Investigador asociado

Patricia Ocampo Thomason

Británica, pocampo@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del Estado
de Jalisco AC., Unidad Sureste
Investigadora titular A

Roger Villanueva Gutiérrez

Mexicano, rvillanu@ecosur.mx
El Colegio de la Frontera Sur, Departamen-
to de Conservación de la Biodiversidad
Investigador titular B

Tania González Flores

Mexicana, tgonzalez@ciatej.mx
Centro de Investigación y Asistencia
en Tecnología y Diseño del
Estado de Jalisco AC.,
Unidad Sureste
Tecnóloga titular A

Teresa del Rosario Ayora Talavera

Mexicana, tayora@ciatej.mx
Institución Centro de Investigación y
Asistencia en Tecnología y Diseño
del Estado de Jalisco A.C.
Investigadora titular C

Yazmín García

Mexicana, mielmuukkaab@gmail.com
Grupo Apícola Texán de Palomeque
S de P.R. de R.L.
Asesora

Yolanda Beatriz Moguel Ordóñez

Mexicana, moguel.yolanda@inifap.gob.mx
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
(INIFAP) -Centro de Investigación
Regional Sureste. Campo
Experimental Mocochá
Investigador titular C

Glosario de abreviaturas, siglas y acrónimos

10-HDA Ácido 10-Hidroxi-2-Decenoico

AMP Monofosfato de adenosina

aw Actividad del agua

BPF Buenas prácticas de fabricación

CAPE Fenetil éster del ácido cafeico

CE Comisión Europea

CGG Coordinación General de Ganadería

CG-O Cromatografía de gases-olfatometría

CLAE Cromatografía de líquidos de alta eficiencia

CLAE-DAD CLAE acoplado a un detector de arreglo de diodos

CLAE-RO CLAE acoplado a un detector de rotación óptica

CNBA Comité Nacional de Bioseguridad Agrícola

COV Compuestos orgánicos volátiles

F/G Proporción fructuosa a glucosa

FAO Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

FDA Food and Drug Administration

G/A Equilibrio glucosa/agua

GC Cromatografía de gases

GC-MS/MS Cromatografía de gases acoplada a masas

ha hectárea

HACCP Sistemas de Análisis de Riesgos y Control de Puntos Críticos

HDA Ácido 10-hidroxidecenoico

HMF Hidrometilfurfural

HPMC-CA Hidroxipropil metilcelulosa

HPLC Cromatografía líquida de alta resolución

ID Número único de identificación

ISO Organización Internacional para la Estandarización

kg kilogramo

LBOGM Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados

LC-MS/MS Cromatografía de líquidos acoplada a espectrómetro de masas

LMR Límite Máximo de Residuo

MGO Metilglioxal

ND No encontrado (*not found*)

OGM Organismos Genéticamente Modificados

OMS Organización Mundial de la Salud

PAs Alcaloides pirrolizidínicos

PCB Bifenilos policlorados

pH Potencial de hidrógeno

QuEChERS Quick Easy Cheap Effective Rugged safe technique

RASFF Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos

RASMIEL Sistema de Identificación y Trazabilidad de la Miel

RMN-¹³C Resonancia magnética de carbono-13 (∅).

RMN-¹H Resonancia magnética de protón

Sagarpa Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

Senasica Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

SIAP Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera

TCA Tasa de Crecimiento Anual

TCMA Tasa de Crecimiento Media Anual

Tg Transición vítrea

v/v Volumen/volumen

VCI Ventaja Comparativa Revelada de las Importaciones

VCR Ventaja Competitiva Revelada

