



Interciencia

ISSN: 0378-1844

interciencia@ivic.ve

Asociación Interciencia

Venezuela

Dardón, María José; Enríquez, Eunice
Caracterización fisicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón
(meliponini) de Guatemala
Interciencia, vol. 33, núm. 12, diciembre, 2008, pp. 916-922
Asociación Interciencia
Caracas, Venezuela

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33913809>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y ANTIMICROBIANA DE LA MIEL DE NUEVE ESPECIES DE ABEJAS SIN AGUIJÓN (MELIPONINI) DE GUATEMALA

María José Dardón y Eunice Enríquez

RESUMEN

La miel de meliponinos es reconocida popularmente en Latinoamérica por sus propiedades terapéuticas. En Guatemala, unas 13 especies son criadas artesanalmente para la obtención de miel. Debido al reciente interés en la utilización de la miel de meliponinos en Guatemala y a su comercialización, se hace necesario conocer las características fisicoquímicas y validar el uso terapéutico de la misma. En el presente trabajo se realizó una caracterización fisicoquímica y antibacteriana de la miel producida en Guatemala de nueve especies de meliponinos: *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919); *Melipona beecheii* Bennett, 1831; *Melipona solani* Cockerell, 1912; *Melipona aff. yucatanica*; *Nannotrigona perilampoides* Cresson, 1878; *Plebeia* sp.; *Scaptotrigona mexicana* Guérin, 1845; *Scaptotrigona pec-*

toralis Dalla Torre, 1896; y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811). Los valores promedio obtenidos en 18 muestras fueron: humedad 21,55g/100g de miel; acidez 22,45meq/kg; cenizas 0,29g/100g; hidroximetilfurfural 0,23mg/kg; actividad de la diastasa 10,94DN; y pH 3,89. Se evaluó la actividad antibacteriana frente a ocho microorganismos, determinando una concentración inhibitoria mínima de 2,5 a 10% (v/v). Se realizó un análisis preliminar de tipos polínicos que permitió identificar la presencia de 21 familias vegetales visitadas por los meliponinos en Guatemala, donde la miel de *T. angustula* presentó la mayor diversidad. Este trabajo es el primer aporte al conocimiento sobre la composición fisicoquímica y antibacteriana de las mieles de nueve especies de meliponinos en este país.

Introducción

Las abejas sin aguijón (Apidae: Apinae: Meliponini) se distribuyen en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En Guatemala se ha reportado la presencia de 30 especies de abejas sin aguijón (Yurrita *et al.*, 2004), de las cuales al menos 13 son utilizadas para la obtención de miel y otros productos de la colmena (Enríquez *et al.*, 2001; Yurrita *et al.*, 2004; Enríquez *et al.*, 2005; Enríquez y Dardón, 2007). La crianza de estas abejas, en la región mesoamericana, data desde épocas prehispánicas. Los antiguos Mayas llegaron a conformar extensos meliponarios, lugares donde mantenían a las abejas sin aguijón, de la especie *Melipona beecheii*, de los cuales obtenían considerables

cantidades de miel empleada como alimento, medicina y para ceremonias religiosas (De Jong, 1999; Villanueva *et al.*, 2003).

Actualmente se busca rescatar el cultivo de meliponinos para la conservación de los bosques y como una propuesta de desarrollo rural para comercializar los productos de la colmena. La miel de meliponinos es muy valorada porque se emplea popularmente para el tratamiento de diversas afecciones respiratorias, dermatológicas y gastrointestinales (Vit *et al.*, 2004), lo que incrementa su valor frente a la miel de *Apis mellifera* L. (Schwarz, 1948; Vit *et al.*, 1998; Enríquez *et al.*, 2005).

La Comisión Internacional de la Miel ha propuesto criterios para evaluar la calidad de las mieles de *A. mellifera*,

tales como la humedad, contenido de azúcares, la acidez, el hidroximetilfurfural (HMF) y la actividad de la diastasa, enzima encargada de la degradación del almidón y vinculada con la actividad antibacteriana de la miel (Villena y Bicudo, 1999; Bogdanov *et al.*, 2000), propiedades que influyen en la calidad y atributos medicinales de la miel (Joshi *et al.*, 2000). La composición bioquímica de la miel de *A. mellifera* esta determinada principalmente por una alta cantidad de monosacáridos, que constituyen 53-80% de la miel; agua (23-31%); minerales y sustancias nitrogenadas; ácidos orgánicos que confieren a la miel un pH de 3,6-4,2 (Vit *et al.*, 1998). En Guatemala no existe legislación para la miel de *A. mellifera*; sin embargo, se ha iniciado la elaboración de la

Norma Técnica Guatemalteca Miel de Abejas, donde se proponen parámetros fisicoquímicos con valores basados en la legislación internacional (CNCM, 2008).

Vit *et al.* (2004) han propuesto valores para estos parámetros en tres géneros de meliponinos; sin embargo en Guatemala, al igual que en otros países, se desconoce la composición y la bioactividad de estas mieles. Solo se ha estudiado la composición de una miel de *M. beecheii* de Guatemala (Vit *et al.*, 2006). Esto plantea la necesidad de conocer las cualidades de la miel de las abejas sin aguijón de Guatemala, objetivo con el cual se determinaron las características fisicoquímicas y antibacterianas de muestras de miel provenientes de 26 localidades ubicadas en 12

PALABRAS CLAVE / Guatemala / *Geotrigona* / *Melipona* / Miel / *Scaptotrigona* / *Tetragonisca* /

Recibido: 28/07/2008. Modificado: 21/10/2008. Aceptado: 27/10/2008.

María José Dardón. Bióloga, Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) Guatemala. Estudiante Doctoral, Universidad de Salamanca, España. Investi-

gadora, Laboratorio de Entomología Aplicada y Parasitología (LENAP), USAC. Guatemala. Dirección: LENAP Edificio T-10 Segundo Nivel, Ciudad Univer-

sitaria, Zona 12, Guatemala, Guatemala. CP 01012. e-mail: majodar24yahoo.com

Eunice Enríquez. Bióloga, USAC. Profesora e investiga-

dora, LENAP, Programa EDC y Centro de Estudios Conservacionistas USAC. Guatemala. e-mail: eu_enriquez@yahoo.com.mx.

PHYSICOCHEMICAL AND ANTIMICROBIAL CHARACTERIZATION OF NINE STINGLESS BEES (MELIPONINI) HONEY FROM GUATEMALA

María José Dardón and Eunice Enríquez

SUMMARY

The honey of stingless bees is popularly known in Latin America for its therapeutic properties. In Guatemala some 13 species are traditionally bred to obtain honey. Due to the recent interest and trading of meliponine honey, it is necessary to know the physicochemical properties and to validate its therapeutic use. The antimicrobial activity, the physicochemical composition and the botanical origin of the honey produced by nine species of stingless bees from Guatemala is reported. The species were *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919); *Melipona beecheii* Bennett, 1831; *Melipona solani* Cockerell, 1912; *Melipona* aff. *yucatanica*; *Nannotrigona perilampoides* Cresson, 1878; *Plebeia* sp.; *Scaptotrigona mexicana* Guérin, 1845; *Scaptotrigona*

pectoralis Dalla Torre, 1896; and *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811). The average values obtained in 18 samples were: Moisture 21.55g for 100g of honey, acidity 22.45meq/100g, ash 0.29g/100g, hidroximetilfurfural 0.23mg/kg, diastase activity 10.94 N, and pH 3.89. The antibacterial activity of the honey against eight microorganisms was determined; the minimum inhibitory concentration was found to be of 2.5 to 10% (v/v). A preliminary palynological analysis permitted the identification of 21 vegetal families in the honey samples of Guatemala, among which the honey of *T. angustula* presented the greatest diversity. This work is the first contribution about the composition of honey from nine species of meliponini in the country.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICOQUÍMICA E ANTIMICROBIANA DO MEL DE NOVE ESPÉCIES DE ABELHAS SEM FERRÃO (MELIPONINI) DE GUATEMALA

María José Dardón e Eunice Enríquez

RESUMO

O mel de meliponíneos é reconhecido popularmente na América Latina por suas propriedades terapêuticas. Na Guatemala, umas 13 espécies são criadas artesanalmente para a obtenção de mel. Devido ao recente interesse na utilização do mel de meliponíneos na Guatemala e a sua comercialização, se faz necessário conhecer as características físico-químicas e validar o uso terapêutico da mesma. No presente trabalho se realizou uma caracterização físico-química e antibacteriana do mel produzido na Guatemala de nove espécies de meliponíneos: *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919); *Melipona beecheii* Bennett, 1831; *Melipona solani* Cockerell, 1912; *Melipona* aff. *yucatanica*; *Nannotrigona perilampoides* Cresson, 1878; *Plebeia* sp.; *Scaptotrigona mexicana* Guérin, 1845; *Scaptotrigona*

pectoralis Dalla Torre, 1896; e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811). Os valores médios obtidos em 18 amostras foram: umidade 21,55g/100 g de mel; acidez 22,45meq/kg; cinzas 0,29g/100g; hidroximetilfurfural 0,23mg/kg; atividade da diastase 10,94DN; y pH 3,89. Avaliou-se a atividade antibacteriana frente a oito microorganismos, determinando uma concentração inibitória mínima de 2,5 a 10% (v/v). A análise preliminar de tipos polínicos permitiu identificar a presença de 21 famílias vegetais visitadas pelos meliponíneos na Guatemala, onde o mel de *T. angustula* apresentou a maior diversidade. Este trabalho é o primeiro aporte ao conhecimento sobre a composição físico-química e antibacteriana do mel de nove espécies de meliponíneos neste país.

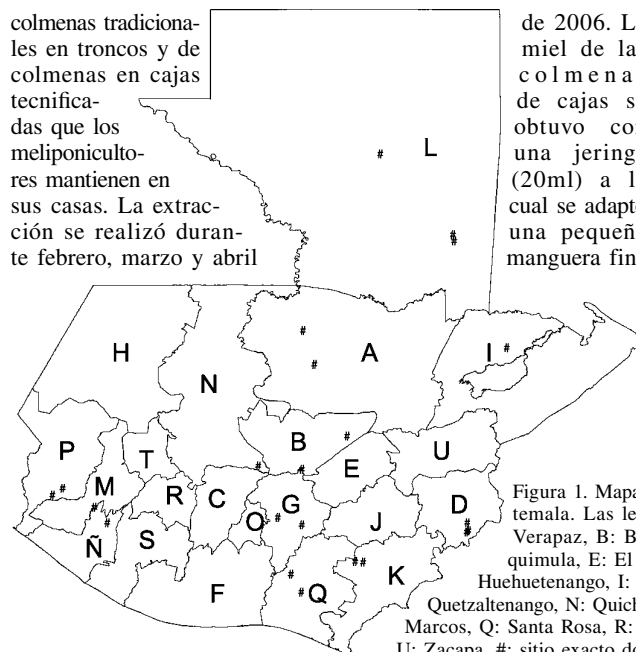
de los 22 departamentos de Guatemala, y se llevó a cabo un análisis melisopalinológico preliminar de las mismas.

Materiales y Métodos

Muestras de miel

Se recolectaron 59 muestras de miel provenientes de 12 departamentos de Guatemala (Figura 1), correspondientes a nueve especies de abejas nativas sin aguijón. Las abejas fueron identificadas empleando la clave taxonómica de abejas sin aguijón de Ayala (1999) y para los nombres específicos se siguió el criterio de Moure (Camargo y Pedro, 2008). En la Tabla I se presenta el listado de las especies de meliponinos con sus nombres comunes. Las muestras fueron recolectadas de

colmenas tradicionales en troncos y de colmenas en cajas técnicas que los meliponicultores mantienen en sus casas. La extracción se realizó durante febrero, marzo y abril



de 2006. La miel de las colmenas de cajas se obtuvo con una jeringa (20ml) a la cual se adaptó una pequeña manguera fina

que permitía tomar la miel directamente de los pots sellados, mientras que la miel de las colmenas en troncos fue obtenida rompiendo los pots y decantándola. Posteriormente, la miel fue filtrada y colocada en recipientes plásticos con un tamaño adecuado al volumen extraído. Todas las muestras fueron conservadas a 4°C evitando la exposición lumínica.

Actividad antimicrobiana

Las bacterias utilizadas para evaluar la actividad antibac-

Figura 1. Mapa de la distribución departamental de Guatemala. Las letras denotan los Departamentos. A: Alta Verapaz, B: Baja Verapaz, C: Chimaltenango, D: Chiquimula, E: El Progreso, F: Escuintla, G: Guatemala, H: Huehuetenango, I: Izabal, J: Jalapa, K: Jutiapa, L: Petén, M: Quetzaltenango, N: Quiché, Ñ: Retalhuleu, O: Sacatepéquez, P: San Marcos, Q: Santa Rosa, R: Sololá, S: Suchitepéquez, T: Totonicapán, U: Zacapa. #: sitio exacto donde se localizaron las colmenas

teriana de la miel de meliponinos fueron *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Salmonella typhi* ATCC 14028, *Mycobacterium smegmatis* ATCC 607, *Bacillus subtilis* cepa silvestre, *Pseudomona aeruginosa* ATCC 27853 y *Escherichia coli* ATCC 25922. Las levaduras evaluadas fueron *Candida albicans* ATCC 10231 y *Cryptococcus neoformans* CCQQ C-13. Estos microorganismos fueron seleccionados por su importancia médica y en algunos casos por su resistencia a antibióticos. Se utilizó el procedimiento descrito por Mitscher *et al.* (1972) adaptado para bacterias y levaduras. Se trabajó con 31 muestras de miel, las cuales se diluyeron en agar Mueller-Hinton para obtener concentraciones entre 10, 5, 2,5 y 1,25% (v/v) y determinar así la concentración inhibitoria mínima (CIM). Los microorganismos fueron inoculados en cuádruplicado e incubados a 37°C por 24h para el caso de bacterias y por 48h para los hongos. Después del período de incubación se verificó el crecimiento positivo o negativo de las bacterias y de las levaduras evaluadas. Se reporta la CIM promedio de la miel de cada especie de meliponino que inhibía el 100% del crecimiento de cada microorganismo, correspondiendo a su efecto bactericida, no siendo considerada en este trabajo la acción bacteriostática.

Características fisicoquímicas

Las mieles de ocho especies de meliponinos, haciendo un total de 18 muestras, fueron analizadas respecto a su contenido de HMF (por cromatografía líquida), cenizas (por incineración), pH, acidez libre (por titulación),

TABLE I
DATOS DE LAS MUESTRAS DE MIELES DE MELIPONINOS

Nº	Especie	Abrev.	N	Nombre común	Nº de muestras recolectadas en cada localidad*
1	<i>Geotrigona acapulconis</i> Strand, 1919	Ga	1	Talnete	D(41)
2	<i>Melipona beecheii</i> Bennett, 1831	Mb	17	Criolla, colmena grande	A(10), D(36,40,37,42), K(52,60), L(3,58), M(27), N(47,59), Ñ(20), P(28), Q(43,50,51)
3	<i>Melipona solani</i> Cockerell, 1912	Ms	4	Chac chow	B(14), I(6), L(5), M(26)
4	<i>Melipona aff. yucatanica</i>	My	1	Tinzuca	K(55)
5	<i>Nannotrigona perilampoides</i> Cresson, 1878	Np	5	Boca de sapo, conguito	A(13), I(8,53), K(56), L(2)
6	<i>Plebeia</i> sp.	Pl	1	Serenita, chelerita, sarquita, hoyito de gallina	K(57)
7	<i>Scaptotrigona mexicana</i> Guérin, 1845	Sm	3	Magua negro, congo negro	M(22,23), P(29)
8	<i>Scaptotrigona pectoralis</i> Dalla Torre, 1896	Sp	2	Magua canche, alazán, congo canche	N(45), Ñ(21)
9	<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811	Ta	25	Chumelo, Doncella	A(9,12,16), B(15), D(34,35, 38,41), E(18), I(7,17,54), L(1,4), M(24,25), N(46,48), Ñ(19), P(30,31,32,33), Q(44,49)
Total			59		

* Las letras corresponden al Departamento en que se encontraba el meliponario (ver Figura 1). Dentro del paréntesis aparecen los números dados a cada muestra de miel recolectada.

humedad (por refractometría) y actividad enzimática de la diastasa. Por otro lado, las mieles producidas por cuatro especies de meliponinos, haciendo un total de nueve muestras, fueron evaluadas respecto a su contenido de sacarosa aparente, de azúcares reductores y azúcares

totales (por cuprimetría). Para los nueve parámetros evaluados se empleó la metodología descrita en el manual de Bogdanov *et al.* (2002).

Análisis melisopalinológicos

Se realizaron análisis melisopalinológicos preliminares

para la identificación del recurso floral utilizado por las abejas, empleando la técnica de acetólisis (Erdtman, 1966). Para ello se elaboraron láminas fijadas y los granos fueron identificados taxonómicamente a nivel de familia empleando imágenes digitales y la clave de granos de polen de Roubik y Moreno (1991).

Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva y análisis de componentes principales (ACP) para explicar la variación observada en los parámetros fisicoquímicos de la miel producida por diferentes especies de abejas. Se utilizó el paquete estadístico XLSTAT 2008.

Resultados

Actividad antibacteriana

En la Tabla II se presenta la CIM de 31 muestras de miel. El 62,5% presenta CIM= 5% para todos los microorganismos inoculados con mieles de *S. mexicana*, y excepto para *C. albicans* en las mieles de *M. beecheii* y de *Plebeia* sp. La miel de *M. aff. yucatanica*

TABLE II
ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA *IN VITRO* DE LA MIEL DE MELIPONINOS

Microorganismos	Origen entomológico de las mieles ¹								
	Ga	Mb	Ms	My	Np	Pl	Sm	Sp	Ta
	n	1	12	3	1	6	1	1	5
Diluciones de miel (%v/v) con inhibición de crecimiento microbiano									
<i>Bacillus subtilis</i>	5	5	(-)	5	2,5	5	5	2,5	5
<i>Candida albicans</i>	(-)	10	(-)	5	5	10	5	5	10
<i>Cryptococcus neoformans</i>	5	5	(-)	5	2,5	5	5	2,5	5
<i>Escherichia coli</i>	5	5	(-)	5	5	5	5	5	5
<i>Mycobacterium smegmatis</i>	5	5	(-)	5	2,5	5	5	2,5	5
<i>Pseudomona aeruginosa</i>	5	5	(-)	5	5	5	5	2,5	10
<i>Salmonella typhi</i>	10	5	(-)	10	5	5	5	2,5	10
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	5	(-)	5	5	5	5	2,5	10

¹ Las especies de abejas sin aguijón se indican en la Tabla I.

(-): Crecimiento microbiano negativo en diluciones del 10% (v/v).

TABLA III
CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS DE LA MIEL DE MELIPONINOS DE GUATEMALA

Parámetros fisicoquímicos	Origen entomológico de las mieles ¹								
	Ga	Mb	Ms	My	Np	Pl	Sm	Ta	Total
n	1	7	1	1	1	1	2	4	18
pH	3,06	3,67 ±0,12	3,81	3,79	3,8	3,8	4,04 ±0,4	5,18 ±1,35	3,89 ±0,59
Acidez libre (meq/kg)	85,53	23,23 ±30,02	4,95	10,59	9,93	15,31	12,68 ±3,0	17,39 ±10,35	22,45 ±26,06
Humedad (g/100g)	32,09	17,32 ±2,64	19,66	20,37	16,54	30,26	18,74 ±0,22	17,45 ±2,8	21,55 ±6,09
Cenizas (g/100g)	0,09	0,07 ±0,05	0,06	0,06	0,33	1,25	0,10 ±0,04	0,35 ±0,26	0,29 ±0,41
Actividad diastasa (DN)	2,56	21,29 ±32,84	8,31	10,04	6,82	7,61	18,62 ±12,72	12,27 ±10,29	10,94 ±6,26
HMF (mg/kg)	0,1	0,1 ±0,00	0,00	0,1	0,1	0,1	0,2 ±0,1	0,2 ±0,00	0,1 ±0,1
n	-	7	1	-	-	-	1	1	10
Azúcares reductores (g/100g)	-	68,77 ±3,82	75,97	-	-	-	57,22	65,78	66,94 ±7,76
Sacarosa aparente (g/100g)	-	3,50 ±4,14	1,70	-	-	-	0,06	4,83	2,52 ±2,08
Azúcares totales (g/100g)	-	72,45 ±6,10	76,19	-	-	-	57,28	70,86	69,20 ±8,25

¹ Las especies de abejas sin aguijón se indican en la Tabla I. Los valores corresponden a la media ± desviación estándar.

fue menos efectiva frente a *S. typhi*, al igual que la miel de *G. acapulconis*, la cual presentó menor efectividad frente a *S. aureus* y no presentó actividad contra *C. albicans*. El espectro intermedio se encontró para las mieles de *T. angustula*, con crecimientos de la mitad de los microorganismos estudiados, con diluciones de 5 y 10%. Un 12,5% de muestras no inhibieron el crecimiento de los microorganismos, correspondiendo casi exclusivamente a *M. solani*. La miel de *S. pectoralis* presentó los valores más bajos de CIM, siendo efectiva al 2,5% para seis de los ocho microorganismos evaluados. La miel de *N. perilampoides* también presentó una CIM baja (2,5%) para *M. smegmatis*, *B. subtilis* y *C. neoformans*.

Características fisicoquímicas

En la Tabla III se presentan las características fisicoquímicas de todas las muestras de miel analizadas. Los valores promedio obtenidos para las especies de los géneros *Melipona*, *Scaptotrigona* y *Tetragonisca* se encuentran dentro de los parámetros propuestos a la Comisión Internacional de la Miel para estos mismos géneros (Vit *et al.*, 2004).

En la Figura 2 se muestra el gráfico obtenido para el análisis de componentes principales, donde se presentan los dos primeros componentes, que representan el 79,3% del total de la variación entre todas las variables medidas en el estudio. En la representación bidimensional, el componente principal 1 (F1) separa a *Ple-*

TABLA IV
RECURSOS FLORALES CONTENIDOS
EN LAS MUESTRAS DE MIEL DE MELIPONINOS

Familia Vegetal	Origen entomológico de las mieles ¹								
	Ga	Mb	Ms	My	Np	Pl	Sm	Sp	Ta
n	1	13	6	1	4	1	4	2	21
Tipos de polen presentes									
Acanthaceae						X			X
Amarantaceae									X
Asclepiadaceae									X
Asteraceae	X	X	X	X	X	X			X
Begoniaceae		X							X
Bignoniaceae									X
Cochlospermaceae									X
Convolvulaceae						X			X
Fabaceae		X	X			X	X		X
Fagaceae	X	X	X				X	X	X
Lamiaceae									X
Leguminosae							X		
Malvaceae					X				
Melastomataceae		X	X	X		X	X	X	X
Myrsinaceae							X		
Myrtaceae		X	X		X				X
Onagraceae									X
Piperaceae			X						X
Rutaceae									X
Solanaceae		X	X		X				X
Tiliaceae	X	X	X		X			X	X
Total	3	8	8	2	5	5	5	3	18

¹ Las especies de abejas sin aguijón se indican en la Tabla I.

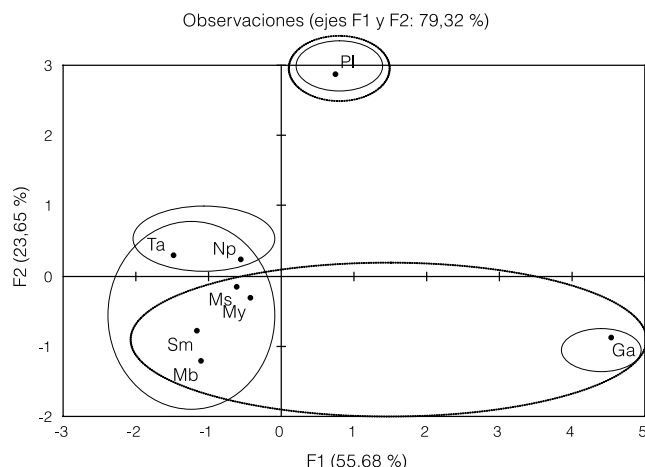


Figura 2. Gráfico del análisis de dos componentes principales producido por valores fisicoquímicos de la miel de abejas sin aguijón. Líneas continuas: F1, líneas punteadas: F2.

beia sp. del resto de especies de meliponinos (*N. perilampoides*, *T. angustula*, *M. solani*, *M. aff yucatanica*, *S. mexicana* y *M. beecheii*). El componente principal 2 (F2) permite separar adicionalmente *T. angustula* y *N. perilampoides* de las tres especies de *Melipona*, las especies de *Scaptotrigona* y *Geotrigona*. El componente F1, con un peso del 55,68% de la variabilidad, es explicado principalmente por HMF, acidez, humedad, diastasa y pH, en orden de importancia. F2 explica el 23,65% de la varianza, donde las cenizas contribuyen un 65,13%. Entre

ambos explican el 79,3% del total de la variación.

Análisis melisopalínológico

En los tipos polínicos identificados en las 53 muestras de miel correspondientes a nueve especies de meliponinos (Tabla IV), destaca la alta riqueza de diferentes familias vegetales encontradas en *T. angustula* y la escasa riqueza de éstas en *M. aff yucatanica*. Sin embargo, esta última especie presenta tipos polínicos de Asteraceae y Melastomataceae, las familias vegetales más abundantes en las mieles evaluadas.

Discusión

La miel ha sido definida como un fluido dulce, denso, transparente y viscoso; resultante de la acción enzimática de las abejas sobre el néctar de las flores y exudados de las partes vivas de las plantas, que es producida por *A. mellifera* (White, 1971). Dentro de esta definición existe un vacío para la miel producida por meliponinos, por lo que su reconocimiento es una prioridad (Souza *et al.*, 2006). En general, la miel presenta diversas características que han sido estudiadas para reconocer diferentes tipos de miel, características que varían por factores tales como el recurso floral disponible para la obtención de polen y néctar (Molan, 1992). Tres componentes son los más empleados para el análisis de la miel: actividad antimicrobiana, composición fisicoquímica y recursos florales de los que proviene.

Actividad antimicrobiana

La miel de ocho de las nueve especies de abejas sin aguijón evaluadas presenta actividad antibacteriana a concentraciones de 2,5-10% (v/v) contra los ocho microorganismos patógenos utilizados, seis bacterias y dos levaduras. Estos valores pueden ser considerados como más efectivos que los reportados en análisis efectuados con la miel de *A. mellifera* (Lusby *et al.*, 2005; Molan, 2006). La miel de *M. solani* al 10% (v/v) no presentó actividad antibacteriana frente a los microorganismos evaluados; aunque una de las tres réplicas sí presentó actividad antibacteriana. Temaru *et al.* (2007), empleando una técnica distinta a la del presente trabajo, reportan que la miel de *M. solani* no presenta actividad antibacteriana contra *E. coli* y *P. aeruginosa*, pero sí contra *S. aureus* ATCC 9144. En el presente estudio, la miel de *M. beecheii* y *M. aff. yucatanica* presentaron actividad antibacteriana a concentraciones entre 5 y 10%, siendo *C. albicans* y *S. typhi* los microorganismos más resistentes. La miel de las

abejas del género *Melipona* ha sido objeto de estudios que han demostrado su efectividad contra distintas bacterias patógenas (*B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* y *S. choleraesuis*, *P. aeruginosa*; Martins *et al.*, 1997; Temaru *et al.*, 2007), lo cual se corrobora en este trabajo.

La miel de *T. angustula*, aunque presentó actividad antibacteriana en concentraciones de 5-10%, puede considerarse como una de las menos efectivas, con menor actividad contra *S. aureus*, *S. typhi*, *P. aeruginosa* y *C. albicans*. La miel de *Plebeia* sp. presentó una efectividad promedio a una concentración del 5%, excepto para *C. albicans*, a la que inhibió a una concentración del 10%. Las mieles de las especies *S. pectoralis* y *N. perilampoides* presentaron la mayor efectividad contra los microorganismos evaluados, inhibiendo su crecimiento a concentraciones de 2,5-5%.

La miel de *G. acapulconis* presentó actividad antibacteriana entre 5-10% contra siete microorganismos, siendo inefectiva contra *C. albicans*. Este es el primer reporte de propiedades antibacterianas, siendo que se trata de una especie no domesticada que nidifica en el suelo y que es muy valorada popularmente en Guatemala para el tratamiento de fracturas y golpes, usos particulares que no se le dan a mieles de otras especies de abejas sin aguijón (Enríquez *et al.*, 2001; Yurrita *et al.*, 2004; Enríquez *et al.*, 2005; Enríquez y Dardón, 2007). Se recomienda evaluar un mayor número de muestras.

La actividad antibacteriana de la miel de abejas sin aguijón ha sido poco estudiada. Sin embargo, se han realizado algunos trabajos con propóleos de estas abejas y su efectividad antibacteriana frente a diversos organismos, citados por Bankova y Popota (2007). Se considera que el propóleo presente en los potes de almacenamiento de miel de abejas sin aguijón puede transmitirle propiedades antibacterianas, antifúngicas y antivirales a la miel (Temaru *et al.*, 2007),

lo cual puede ser considerado para explicar la actividad antimicrobiana de las mieles producidas por los géneros *Plebeia*, *Scaptotrigona* y *Nannotrigona*, aquí estudiadas.

Dado que para las especies de *M. aff. yucatanica*, *Plebeia* sp., *G. acapulconis* y ambas especies del género *Scaptotrigona* solo se analizó una muestra de miel, se hace necesario analizar un mayor número de muestras.

De forma general, los microorganismos menos susceptibles a la miel de meliponinos fueron *C. albicans* y *S. typhi*, para los cuales se ha reportado resistencia a antibióticos (Calva, 2007). Sin embargo, a diluciones de 2,5%, la miel de *S. pectoralis* resulta ser efectiva para inhibir el crecimiento de *S. aureus*, *S. typhi*, *M. smegmatis*, *B. subtilis*, *P. aeruginosa* y *C. neoformans*. Temaru *et al.* (2007) obtuvieron resultados positivos para la inhibición de diversos microorganismos empleando miel de *S. pectoralis*. Es de interés conocer los componentes de esta miel que inhiben el crecimiento bacteriano en la dilución más baja, de 2,5% (v/v), comparada con las otras mieles analizadas en este trabajo.

S. aureus suele desarrollar resistencia rápidamente a antibióticos y penicilina, por lo que resulta difícil de tratar (Tortora *et al.*, 2002). En este estudio, la miel de las especies de meliponinos inhibió su crecimiento a 5-10% de dilución, con excepción de *S. pectoralis* que inhibió al 2,5% y *M. solani* que no presentó inhibición alguna. Demera y Angert (2004) señalan la falta de efectividad de la miel de *T. angustula* de Costa Rica frente a este microorganismo. Sin embargo, en el presente trabajo esta miel fue efectiva al 10% (v/v).

Las bacterias del género *Mycobacterium* suelen resistir condiciones ambientales adversas, antibióticos y productos químicos como antisépticos y desinfectantes (Tortora *et al.*, 2002). En este estudio, el crecimiento de *M. smegmatis* fue inhibido por mieles de

ocho especies de abejas sin aguijón a una dilución promedio de 5% (v/v). Por ello sería recomendable evaluar la respuesta de *M. tuberculosis* y *M. leprae* a la miel de meliponinos, ya que de ser efectivas podrían ser propuestas como tratamientos alternativos para las enfermedades causadas por estas bacterias.

Caracterización fisicoquímica

La caracterización fisicoquímica suele realizarse para determinar las cualidades de la miel, en especial con fines de comercialización. Para analizar la composición de la miel se emplean los parámetros establecidos para evaluar la miel de *A. mellifera*. Vit *et al.* (2004) han propuesto algunos valores para el control de la miel de meliponinos. Los parámetros fisicoquímicos de las mieles evaluadas en este trabajo se encuentran dentro de lo propuesto por Vit *et al.* (2004) en relación a los parámetros de calidad para *Melipona*, *Trigona* y *Scaptotrigona*, pero no así en algunos valores encontrados para *Plebeia* sp. y *G. acapulconis*, dos especies que han sido poco estudiadas, por lo que no se han propuesto parámetros de calidad para ellas. La humedad en la miel de *G. acapulconis* excede en 2 g/100g de miel al valor propuesto (máximo de 30,0g/100g) y la miel de *Plebeia* sp. presentó un valor de 30,26g/100g.

La acidez en *G. acapulconis* excede el límite propuesto por Vit *et al.* (2004) para la miel de *Trigona* (75,0meq/kg miel) y presenta un valor en el límite de lo permitido para *Scaptotrigona* (85,0 meq/kg). Popularmente se reconoce a la miel de esta especie por su alta acidez, lo cual se corrobora al presentar un valor cuatro veces mayor que el resto de especies evaluadas. Destaca su bajo valor de actividad de la diastasa, inferior a lo permitido para los géneros *Trigona* (7DN) y *Scaptotrigona* (3DN). Souza *et al.* (2006) citan valores de 0,9-23,0DN para mieles de meliponinos, lo cual sugiere analizar una disminu-

ción en la propuesta de Vit *et al.* (2004) al mínimo requerido como parámetro de calidad.

Vit *et al.* (1998) indicaron que la miel de *T. angustula* presenta mayor acidez que la de *Melipona*; sin embargo, en el presente estudio la miel de esa especie presentó una acidez promedio menor a la de *M. beecheii* y considerablemente mayor a la de *M. solani*. Se ha señalado que la acidez de las mieles es importante para impedir el crecimiento de microorganismos (Alves *et al.*, 2005); no obstante, los valores de acidez más altos no correspondieron a las mieles con mayor actividad antibacteriana. Por ejemplo, la de *N. perilampoides* fue altamente efectiva contra los microorganismos evaluados, pero presenta una acidez ocho veces menor al máximo encontrado en las mieles estudiadas.

La miel de *M. solani* presentó un valor bajo de acidez, a diferencia de lo reportado para la misma especie en México (85,0 meq/kg; Souza *et al.*, 2006). Este es un valor 17 veces mayor a lo obtenido en el presente trabajo, lo que probablemente se deba al origen geográfico de la miel. Sin embargo, los parámetros físico-químicos de la miel de *Plebeia* sp. presentan valores similares a los encontrados en la de *P. droryana*, de Brasil (Souza *et al.*, 2006) con respecto a pH, humedad y cenizas, pero no en cuanto a acidez y el HMF.

Para las mieles del género *Melipona*, la humedad se encuentra entre márgenes estrechos, de 17,32 a 20,37g/100g miel, por lo que no se observan diferencias notables entre las producidas por diferentes especies. Valores muy similares han sido encontrados en *T. angustula*, *N. perilampoides* y *S. mexicana*. Lo cual no coincide con lo encontrado por Vit *et al.* (1998), quienes hallan mayor humedad en la miel de *Melipona* que en la miel de *T. angustula*. En este estudio, los valores más altos de humedad fueron encontrados en las mieles de *G. acapulconis* y *Plebeia* sp., los cuales difieren en gran medida con las mieles de las otras especies.

El HMF es un importante indicador del grado de adulteración de la miel y aumenta con el tiempo de almacenamiento. Los valores obtenidos (<0,2mg/kg de miel) fueron bajos en todas las especies y se encuentran por debajo del límite (40mg/kg) propuesto por Vit *et al.* (2004), correspondiendo a mieles puras y que permanecieron en refrigeración, lo cual conservó sus cualidades. Estos valores son inferiores a los señalados por diversos estudios realizados en mieles desde México hasta Brasil (Souza *et al.*, 2006).

El análisis de componentes principales efectuado indica que las variables de HMF, acidez, humedad, diastasa y pH son los parámetros que determinan la variabilidad, en un 55%; entre las especies analizadas, mientras que las cenizas explican el 24%. Este análisis permite distinguir la miel de *Plebeia* sp. y *G. acapulconis* de las demás mieles. En el caso de *Plebeia* probablemente se explica por la elevada concentración de cenizas, parámetro que parece ser característico de la miel de este género, dado que valores similares han sido encontrados en otros trabajos (Souza *et al.*, 2006). Las mieles de meliponinos evaluadas presentan tres divisiones principales al tomar en cuenta los valores de cenizas. Las del género *Melipona* son similares entre sí (0,06-0,07g/100g miel); las de *S. mexicana* y *G. acapulconis* presentan valores intermedios (0,09g/100g) y, finalmente, las de *T. angustula* y *N. perilampoides* son mayores (0,3g/100g). Vit *et al.* (1998) también señalan que la miel del género *Trigona* presenta mayor contenido de cenizas que la de *Melipona*.

Diez componentes físico-químicos de mieles de meliponinos, reducidos a cuatro por análisis discriminante (contenidos de azúcares reductores y de sacarosa, actividad de la diastasa, y la acidez libre o el contenido de nitrógeno) permitieron diferenciar mieles de *Scaptotrigona* y de *Trigona*, determinando que la miel de la primera presenta mayor simi-

litud con mieles de *Melipona* (Vit *et al.*, 1998). Esto coincide en el presente trabajo, dado que la miel de *T. angustula* se halla separada de *S. mexicana*, la cual parece tener mayor similitud con las mieles del género *Melipona* en el análisis de componentes principales. La miel de *G. acapulconis* se presenta distinta a las otras, lo que se debe muy probablemente a la acidez, que cuadruplica los valores obtenidos para las otras especies.

Los tres azúcares evaluados en el presente estudio en mieles de meliponinos, se encuentran dentro de los parámetros propuestos por Vit *et al.* (2004) al *Codex Alimentarius* como parámetro de calidad para la comercialización de estas mieles. Destaca el valor bajo de *S. mexicana*, en comparación a lo obtenido en mieles de *M. beecheii* y *T. angustula*, al igual que en mieles venezolanas (Vit *et al.*, 1998). La miel de *M. solani* presentó el valor más alto, lo cual refleja las diferencias existentes dentro de las especies del género *Melipona* respecto a los azúcares reductores.

La miel del género *Melipona* presentó mayor cantidad de azúcares que las mieles de *S. mexicana* y *T. angustula*. La sacarosa presenta una desviación grande entre los valores obtenidos para las muestras analizadas, que van desde 0,06g/100g miel para *S. mexicana* hasta 10,98 en *M. beecheii*. Sin embargo, esta última especie presentó valores que iban de 0,6 a 10,98g/100g. Una explicación podría ser que los valores elevados de sacarosa son el resultado de colectas prematuras de la miel, antes de ser transformada en glucosa y fructosa por acción de la invertasa (Alves *et al.*, 2005). Por ello que debe prestarse atención al momento de la colecta de la miel, para obtener así una mejor calidad, aunque otras causas, de origen entomológico (sistema enzimático, flora visitada, etc.) pueden ocasionar el elevado contenido de sacarosa observado en algunas mieles de abejas sin aguijón.

Análisis melisopalinológicos

El análisis preliminar de tipos polínicos realizados a la miel de nueve especies de meliponinos muestra que la miel de *T. angustula* es la que presenta mayor diversidad, con más de 18 familias vegetales distintas. La miel de *M. aff. yucatanica*, *S. mexicana* y *G. acapulconis* presentaron pocas familias vegetales (2, 3 y 3, respectivamente) por lo que pueden ser consideradas como mieles monoflorales, las cuales llegan a ser muy apreciadas comercialmente. La diversidad de recursos identificados en la miel de los meliponinos evaluados señala su importancia como visitantes de la flora autóctona en Guatemala, especialmente el caso de *T. angustula* que ha sido reportada como una especie que visita una alta cantidad de recursos (Iwama y Melhem, 1979).

Se identificó la presencia de tipos polínicos correspondientes a la familia Myrtaceae en mieles de dos especies de meliponinos. En esta familia se ubica *Leptospermum* sp., especie a la que se le atribuye la actividad antibacteriana de la miel de manuka (Lusby *et al.*, 2005). No obstante, las mieles que presentaron esta familia dentro de su composición polínica no corresponden a las mieles de mayor actividad antibacteriana, por lo que debe evaluarse cuáles otras especies vegetales contribuyen en conferir tales propiedades a la miel de meliponinos.

Este trabajo señala la variación existente entre diversas características de las mieles de meliponinos de Guatemala. A ello debe unirse la necesidad de enfocar esfuerzos en la identificación de las cualidades, propiedades y composición de estas mieles, sugerir pautas para su comercialización e impulsar la crianza de abejas nativas.

Conclusiones

Las mieles de meliponinos evaluadas presentaron valores físico-químicos promedios de humedad 21,55g/100g, acidez 22,45meq/100g, cenizas

0,29g/100g, HMF 0,23mg/kg de miel, actividad de diastasa de 10,94DN y pH 3,89. Destaca la alta presencia de cenizas en la miel de *Plebeia* sp. y la elevada acidez de la miel de *Geotrigona acapulconis*.

Las mieles de meliponinos resultan efectivas para inhibir el crecimiento bacteriano de diversos patógenos como bacterias y levaduras a una dilución de 2,5-10% v/v, a excepción de la miel de *Melipona solani*, de la cual solo una muestra presentó actividad antibacteriana. En general, los microorganismos menos susceptibles a la miel de meliponinos fueron *Candida albicans* y *Salmonella typhi*, destacando la efectividad de la miel de *Nannotrigona perilampoides* al 2,5% v/v.

En un total de 53 muestras de mieles correspondientes a nueve especies de abejas, se identificaron 21 familias vegetales visitadas por los meliponinos en Guatemala. En donde la miel de *Tetragonisca angustula* presentó la mayor diversidad en comparación con las otras especies de meliponinos.

Este estudio es el primer reporte de las características antimicrobianas, fisicoquímicas y melisopalinológicas de la miel de diversas especies de meliponinos en Guatemala, representando la base para la estandarización de parámetros de calidad para la comercialización de la miel de abejas nativas sin aguijón en el país. Se destaca la necesidad de continuar evaluando las características de estas mieles, dada la diversidad de sus cualidades en diversas especies e, incluso, dentro de la misma especie.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por el apoyo financiero, en especial a Liuba Cabrera; a Vilma Landaverde por la colaboración en la identificación de tipos polínicos; a Mabel Vásquez, María Fernanda Bracamonte, Carmen Lucía Yurrita, Gabriela Armas y Sandy Pineda, por el apoyo en el trabajo de laboratorio y campo; al Laboratorio de Citohistología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos, en especial a Isabel Gaytan, por su ayuda en la determinación de la actividad antibacteriana; a Ricardo Ayala, Instituto de Biología de la UNAM, México, por su ayuda para la identificación de especies; y especialmente a los meliponicultores de Guatemala por las muestras de miel y compartir sus conocimientos.

REFERENCIAS

- Alves R, Carvalho C, Souza B, Sodre G, Marchini L (2005) Características Físico-Químicas de amostras de mel de *Melipona mandacai* Smith (Hymenoptera: Apidae). *Cien. Tecnol. Alim.* 25: 644-650.
- Ayala R (1999) Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomol. Mex.* 106: 1-123.
- Bankova V, Popova M (2007) Propolis of Stingless Bees: a Promising Source of Biologically Active Compounds. *Pharmacog. Rev.* 1: 88-92.
- Bogdanov S, Lüllmann C, Martin P, Von der Ohe W, Russmann H, Volwohl G, Persano L, Sabatini A, Marazzan G, Piro R, Flamini C, Morlot M, Lheretier J, Borneck R, Marioleas P, Tsigouri A, Kerkvliet J, Ortiz A, Ivanov T, D'arcy B, Mossel B, Vit P (2000) *Honey Quality. Methods of Analysis and International Regulatory Standards: Review of the Work of the International Honey Commission*. Swiss Bee Research Centre. Berna, SUIZA. 15 pp.
- Bogdanov S, Martin P, Lullmann C (2002) *Harmonized Methods of the International Honey Commission*. Berna, Suiza. 54 pp.
- Calva E (2007) *Salmonella typhi* y la fiebre tifoidea: de la biología molecular a la salud pública. www.microbiologia.org.mx/microbiosonline/CAPITULO_07/Capitulo07.pdf
- Camargo J, Pedro S (2008) Meliponini Lepeletier, 1836. In Moure JS, Urban D, Melo GAR (Orgs.) *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region - online version*. www.moure.cria.org.br/catalogue (Cons. 18/09/2008).
- CNCM (2008) *Proyecto de Norma Técnica Guatemalteca Miel de Abejas. Especificaciones*. Comité Nacional del Codex sobre Miel. Ciudad, Guatemala. 11 pp.
- De Jong H (1999) *Land of Corn and Honey. The Keeping of Stingless Bees (meliponiculture) in the Ethno-ecological Environment of Yucatán (México) and El Salvador*. Utrecht University. Utrecht, Holanda. 423 pp.
- Demera J, Angert E (2004) Comparison of the antimicrobial activity of honey produced by *Tetragonisca angustula* (Meliponinae) and *Apis mellifera* L. from different phytogeographic regions of Costa Rica. *Apidologie* 35: 411-417.
- Enríquez E, Dardón MJ (2007) Caracterización de la miel de meliponinos de distintas regiones biogeográficas de Guatemala. En *Resúmenes de Investigaciones*. Dirección General de Investigación. Universidad de San Carlos. Guatemala. pp. 3-8.
- Enríquez E, Monroy C, Solis A (2001) Situación actual de la meliponicultura en Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, Guatemala. II Seminario Mexicano sobre Abejas sin Aguijón. Mérida, Yucatán, México. 120 pp.
- Enríquez E, Yurrita CL, Aldana C, Ochenta J, Jáuregui R, Chau P (2005) Conocimiento tradicional acerca de la biología y manejo de abejas nativas sin aguijón en Chiquimula. *Revista Agricultura* 8: 27-30.
- Erdtman G (1966) *Pollen Morphology and Plant Taxonomy. Angiosperms*. Hafner. Nueva York, EEUU. 553 pp.
- Iwama S, Melhem T (1979) The pollen spectrum of the honey of *Tetragonisca angustula angustula*. Latreille (Apidae, Meliponinae). *Apidologie* 10: 275-295.
- Joshi S, Pechhacker H, William A, Von der Ohe W (2000) Physico-chemical characteristics of *Apis dorsata*, *A. Cerana* and *A. Mellifera* honey from Chitwan district, central Nepal. *Apidologie* 31: 367-375.
- Lusby P, Coombes A, Wilkinson J (2005) Bactericidal Activity of Different Honeys against Pathogenic Bacteria. *Arch. Med. Res.* 36: 464-467.
- Martins S, Albuquerque L, Matos J, Silva G, Pereira A (1997) Atividade antibacteriana em méis de abelhas africanizadas (*Apis mellifica*) e nativas (*Melipona scutellaris*, *Melipona subnitida* e *Scaptotrigona bipunctata*), do Estado do Ceará. *Hig. Alim.* 2: 50-53.
- Mitscher LA, Leu RP, Bathala MS, Wu WN, Beal JL, White R (1972) Antimicrobial agents from higher plants. I. Introduction, rationale and methodology. *Lloydia* 35: 157-166.
- Molan P (1992) The Antibacterial Activity of Honey. *Bee World* 73:59-76.
- Molan P (2006) The Evidence Supporting the Use of Honey as a Wound Dressing. *Int. Jf Lower Extrem. Wounds* 5: 40-54.
- Roubik D, Moreno J (1991) *Pollen and Spores of Barro Colorado Island*. Monographs in Systematic Botany. Missouri Botanical Garden. St. Louis, MO, EEUU. 270 pp.
- Schwarz HF (1948) Stingless Bees (Meliponidae) of the Western Hemisphere. *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.* 90: 1-546.
- Souza B, Roubik D, Barth O, Heard T, Enríquez E, Carvalho C, Villas-Bôas J, Marchini L, Locatelli J, Persano-Oddo L, Almeida-Muradian L, Bogdanov S, Vit P (2006) Composition of stingless bee honey: Setting quality standards. *Interiencia* 31: 867-875.
- Temaru E, Shimura S, Amano K, Karasawa T (2007) Antibacterial activity of honey from stingless honeybees (Hymenoptera: Apidae; Meliponinae). *Pol. J. Microbiol.* 56: 281-285.
- Tortora G, Funke B, Case C (2002) *Microbiology: An Introduction Media Update*. 7th ed. Cummings. San Francisco, EEUU. 887 pp.
- Villanueva R, Roubik D, Colli-Ucán W, Forsythe S (2003) La Meliponicultura, una tradición maya que se pierde. III Seminario Mesoamericano sobre Abejas sin Aguijón. Tapachula, Chiapas, México. 6-8/11/2003. pp. 32-35.
- Villena F, Bicudo L (1999) *Manual de Análises Físico-Químicas de Mel*. APACAME. Sao Paulo, Brasil. 16pp.
- Vit P, Persano L, Marano M, Salas E (1998) Venezuelan stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physico-chemical properties. *Apidologie* 29: 377-389.
- Vit P, Medina M, Enríquez E (2004) Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, México and Venezuela. *Bee World* 85: 2-5.
- Vit P, Enríquez E, Barth OM, Matsuda AH, Almeida-Muradian LB (2006) Necesidad del control de calidad de la miel de abejas sin aguijón. *MedULA* 15: 36-42.
- White W (1971) *Honey, its Composition and Properties*. Agricultural Research Service. United States Department of Agriculture. Washington, DC, EEUU. 147 pp.
- Yurrita CL, Enríquez E, Monroy C, Marroquín A (2004) Study of stingless bee diversity in Guatemala. *Proc. 8th IBRA Int. Conf. on Tropical Bees and VI Encontro sobre Abelhas*. pp. 402-408.