



## Revisión

# Potencial antioxidante de la miel de *Melipona beecheii* y su relación con la salud: una revisión

Roger Cauich Kumul<sup>1</sup>, Jorge Carlos Ruiz Ruiz<sup>1</sup>, Elizabeth Ortíz Vázquez<sup>1</sup> y Maira Rubi Segura Campos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Ingeniería Química-Bioquímica, Instituto Tecnológico de Mérida, Mérida, Yucatán. <sup>2</sup>Facultad de Ingeniería Química, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán. México.

## Resumen

El presente artículo provee una revisión de literatura sobre el potencial biológico de la miel de *Melipona beecheii*. El objetivo es proyectar algunas tendencias en investigación sobre los aspectos nutraceuticos relacionados con los compuestos bioactivos presentes en la miel de esta especie de abeja sin aguijón, reconocida por sus características medicinales tradicionales, en la Península de Yucatán. Actualmente existe una evidencia sólida que demuestra que la miel de *M. beecheii* posee compuestos bioactivos tales como proteínas, flavonoides y polifenoles, con alta actividad antioxidante. La evidencia científica obtenida permite proponer a la miel de esta especie de abeja sin aguijón como alternativa para la obtención de compuestos bioactivos con actividad antioxidante en la Península de Yucatán, y ser propuesto como alimento natural para reducir algunos tipos de cáncer asociados al estrés oxidativo de las células fisiológicas del ser humano. Sin embargo, aún falta información que explique dicha actividad antioxidante; por lo tanto, de acuerdo con la literatura revisada, se ve la necesidad de abordar aspectos nutraceuticos y funcionales en correlación con los compuestos bioactivos presentes en esta miel de abeja.

(Nutr Hosp. 2015;32:1432-1442)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9312

Palabras clave: Actividad antioxidante. Alimento funcional. Estrés oxidativo. Meliponicultura. *Melipona beecheii*.

## ANTIOXIDANT POTENTIAL OF *MELIPONA BEECHEII* HONEY AND ITS RELATIONSHIP TO HEALTH: A REVIEW

## Abstract

The present article provides a literature review about the biological potential of *Melipona beecheii*. The objective is to project some tendencies in research about nutraceutical aspects related to the bioactive compounds presents in the honey of this stingless bee species, known for its medicinal properties traditional, in the Yucatan Peninsula. Currently, there is strong evidence that *M. beecheii* honey has bioactive compounds such as proteins, flavonoids and polyphenols with high antioxidant activity. The scientific evidence allows to propose to the honey of stingless bee species as a potential alternative for the obtention of bioactive compounds with antioxidant activity in the Yucatan Peninsula and natural food being proposed to reduce some diseases associated with stress oxidative physiological human cells. However, there is still information that explains such antioxidant activity, therefore, according to the literature reviewed, sees the need to address nutraceuticals and functional aspects correlated with the bioactive compounds present in this honey bee.

(Nutr Hosp. 2015;32:1432-1442)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9312

Key words: Antioxidant activity. Functional food. Oxidative stress. Meliponiculture. *Melipona beecheii*.

**Correspondencia:** Maira Rubi Segura-Campos.  
Facultad de Ingeniería Química, Campus de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad Autónoma de Yucatán. Periférico Nte. Km. 33.5, Tablaje Catastral 13615, Col. Chuburná de Hidalgo Inn, 97203 Mérida (Yucatán), México.  
E-mail: maira.segura@correo.uady.mx

Recibido: 28-V-2015.  
Aceptado: 26-VI-2015.

## Abreviaturas

ERO: Especies Reactivas de Oxígeno.  
AOX: Antioxidante.  
AAT: Actividad Antioxidante.  
RP-HPLC: Cromatografía Líquida de Fase Reversa.  
AF: Alimentos Funcionales.

## Generalidades de la miel de abeja

La miel es un producto natural alimenticio de alto valor nutritivo que ha sido utilizado en la medicina tradicional de todo el mundo por sus propiedades curativas, antibacterianas y antiinflamatorias. Diversos estudios indican que la miel posee propiedades quimiopreventivas e inmunorreguladoras, así como fuente potencial para servir como antioxidante natural alimenticio (Fauzi *et al.*, 2011). La miel es una compleja mezcla de carbohidratos y de compuestos mínimos producidos en la naturaleza. Se produce en casi todos los países del mundo y se considera un importante alimento energético; sin embargo, no se puede considerar como un alimento completo para los estándares nutricionales humanos, sino que constituye más bien un suplemento dietético potencial (Rodríguez *et al.*, 2004). Biológicamente entendemos por miel a “La sustancia producida por las abejas y otros insectos sociales, a partir del néctar o melazas que ellas recolectan sobre plantas vivas y que transforman o elaboran mediante evaporación de agua y acción de enzimas, segregadas por ellas, quedando almacenada en los alveólos o celdillas de los panales” (Ulloa *et al.*, 2010).

## Composición química de la miel

Hasta ahora, los reportes químicos de la miel se concentran a la de *Apis mellifera*, y solo unos pocos reportan poca información acerca de la composición química de las abejas sin aguijón, a pesar, del número estimado de 500 especies Neotropicales (Ramos, 2005). En general, los azúcares y el agua representan los componentes químicos principales de la miel (> 95%); entre los primeros, fructosa (38%) y glucosa (31%) son los constituyentes principales. Los azúcares representan la porción más grande de la composición de la miel (95-99% de sólidos de la miel) mientras que las proteínas, aldehídos aromáticos, ácidos carboxílicos aromáticos y sus ésteres, carotenoides degradados, terpenoides, flavonoides y otros contribuyen al sabor de las mieles (Mendes *et al.*, 1998).

La composición química de la miel es dependiente en gran medida de los tipos de flores utilizadas por las abejas, así como también, por las condiciones regionales y climáticas. La cotización de una miel en el mercado internacional está determinada en gran parte en base a su color, sabor y densidad. Una amplia gama de constituyentes menores, está presente en la miel, mucho de los cuales se sabe presentan propiedades antioxidantes. Estudios iniciales sobre la composición físico-química de la miel de abejas sin aguijón, son reportados para las especies del subtribu Trigonini (*Tetragonisca angustula*, *Plebeia droryana* y *Cephalotrigona capitata*) y Meliponini (*Melipona quadrifasciata* y *M. scutellaris*) (Marchini *et al.*, 1998; Rodríguez *et al.*, 1998; Almeida, 2002; Oliveira *et al.*, 2005).

## Carbohidratos

Constituyen el principal componente de la miel. Dentro de los carbohidratos los principales azúcares son los monosacáridos fructosa y glucosa. Estos azúcares simples representan el 85% de sus sólidos, ya que la miel es esencialmente una solución altamente concentrada de azúcares en agua. Los otros sólidos de la miel incluyen otros 25 azúcares complejos, pero algunos de ellos están presentes en niveles muy bajos y todos están formados por la unión de la fructosa y glucosa en diferentes combinaciones (Ulloa *et al.*, 2010). Perfiles de azúcar presentes en la miel de abejas sin aguijón pueden ser herramientas para discriminar su origen entomológico. Bogdanov, (1996) y Vit *et al.*, (1998), concluyeron que la miel de *Melipona* es pobre en el contenido de oligosacáridos, pero las mieles producidas por otras especies de abejas sin aguijón son ricas en maltosa, y muestran valores ligeramente altos de turanosa, erlosa y trehalosa.

## Agua

El contenido de humedad es una de las características más importantes de la miel y está en función de ciertos factores tales como los ambientales y del contenido de humedad del néctar. La miel madura tiene normalmente un contenido de humedad por debajo del 18.5% y cuando se excede de este nivel, es susceptible a fermentar, particularmente cuando la cantidad de levaduras osmofílicas es suficientemente alta. (Ulloa *et al.*, 2010). En comparación con *A. Mellifera*, las diferencias más relevantes con la miel de meliponinos, previamente reportada, son los valores altos en contenido de agua, acidez libre, conductividad eléctrica, maltosa y nitrógeno, así como bajos valores de Distasa en miel de especies de *Melipona*, pero no en otros géneros de Meliponini (Vit *et al.*, 1994, 1998; Bogdanov *et al.*, 1996).

## Proteínas y Aminoácidos

La miel contiene aproximadamente 0.5% de proteínas, principalmente como enzimas y aminoácidos. Los niveles de aminoácidos y proteínas en la miel son el reflejo del contenido de nitrógeno, el cual es variable y no supera el 0.04%. Entre el 40-80% del nitrógeno total de la miel es proteína. Cerca de 20 proteínas no enzimáticas se han identificado en la miel, muchas de las cuales son comunes a distintas mieles (Ulloa *et al.*, 2010). Las proteínas se encuentran en muy pequeñas cantidades (0.38% aproximadamente), en donde se han identificado algunas enzimas, como la invertasa, la amilasa y la glucosidasa (Crane, 1985; Piana *et al.*, 1989; Prior, 1989). De los aminoácidos, la prolina es el más abundante de todos, le siguen la lisina, el ácido glutámico y el ácido aspártico (Davies, 1975; Davies y Harris, 1982).

## Vitaminas y Minerales

La cantidad de vitaminas en la miel y su contribución a la dosis recomendada diaria de este tipo de nutrientes es despreciable. La miel de abeja contiene vitaminas C, B1, B2, y niacina (Davies, 1975; Davies y Harris, 1982). El contenido mineral de la miel es altamente variable, de 0.02 a 1.0%, siendo el potasio cerca de la tercera parte de dicho contenido; la cantidad de potasio excede 10 veces a la de sodio, calcio y magnesio. Los minerales menos abundantes en la miel son hierro, manganeso, cobre, cloro, fósforo, azufre y sílice. Entre las vitaminas comúnmente encontradas en la miel están: Riboflavina, Ácido pantoténico, Niacina, Tiamina, Piridoxina y Ácido ascórbico (Ulloa *et al.*, 2010).

## Enzimas

Son añadidas principalmente por las abejas, aunque algunas pocas proceden de las plantas. Las abejas añaden enzimas a fin de lograr el proceso de maduración del néctar a miel y éstas son en gran parte las responsables de la complejidad composicional de la miel. El proceso involucrado en la conversión de los tres azúcares básicos del néctar a por lo menos 25 azúcares adicionales de gran complejidad es difícil de entender. La enzima más importante de la miel es la  $\alpha$ -glucosidasa, ya que es la responsable de muchos de los cambios que ocurren durante la miel; también se conoce como invertasa o sucrasa y convierte el disacárido sacarosa de la miel en sus constituyentes monosacáridos fructosa y glucosa (Ulloa *et al.*, 2010).

## Calorías de la miel de abeja

La miel de abeja proporciona 326 calorías por cada 100 gramos. En la tabla I se observan los componen-

Tabla I		
Composición química de la miel de abeja		
Componente	Valor Medio (%)	Límites (%)
Componentes Principales (> 99%)		
Agua	17.0	13.4 - 26.6
Fructosa	39.3	21.7 - 53.9
Glucosa	32.9	20.4 - 44.4
Sacarosa	2.3	0.0 - 7.6
Componentes Secundarios (< 1%)		
Ácidos	0.57	0.17 - 1.17
Minerales	0.17	0.02 - 1.03
Nitrógeno (proteínas y aminoácidos)	0.04	0.00 - 0.13

Fuente: Mendieta (2002).

tes químicos (Codex Alimentarius, 2001; Hernández, 2013). Específicamente, la composición química de la miel de *M. beecheii* presenta valores altos de humedad, pero sumamente bajos para sacarosa aparente y minerales (Tabla II) (Mendieta, 2002).

## Origen y formación de la miel

### Néctar

El néctar es la fuente principal de la que se origina la miel. Es segregado por órganos especializados de la planta, llamados nectarios, situados generalmente en la base de la corola (nectarios florales) pero en algunos casos colocados en diversas partes (nectarios extraflorales). Consiste en una solución de agua y azúcares, con pequeñas cantidades de otras sustancias (aminoácidos, minerales, vitaminas, ácidos orgánicos, enzimas, aceites esenciales, etc.) (Díaz, 2004).

### Mielatos

Los insectos chupadores y picadores, sobre todo los pulgones (género *Aphis*), cóccidos (cochinillas) y psilas, atacan los haces liberoleñosos (floema y xilema) de la planta, sobre todo de las hojas y de los brotes jóvenes, el exudado de sus vientres va dejando una capa dulce sobre las hojas y ramas, que a veces cae en forma de lluvia hasta el suelo, mojando el vegetal y todo lo que le rodea (Llorente, 2004). El mielato (la otra materia prima de la miel) es una secreción azucarada emitida por las partes vivas de la planta y por un gran número de especies de homópteros que viven parásitos sobre varias plantas y succionan de ellas la savia elaborada. Estos líquidos azucarados son recogidos por las abejas como si fuese néctar, sufren los mismos procesos enzimáticos y son tratados igualmente (Díaz, 2004).

## Características Físicas de la miel

### Color

Los colores de la miel pueden variar desde casi transparente hasta miel casi negra lo cual es debido a pequeñas cantidades de pigmentos (carotenoides, clorofila y xantofila) que establecen la diferencia entre una miel clara y otra oscura (Suescún y Vit, 2008). El color oscuro no significa que la miel sea de calidad inferior, por el contrario, se sabe que cuanto más oscura es la miel más rica es en fosfato de calcio y en hierro y, en consecuencia, es la más indicada para satisfacer las necesidades de los organismos en crecimiento, de los individuos anémicos y de los intelectuales sometidos a esfuerzos mentales. La miel de color claro es más rica en vitaminas A. Las mieles oscuras son más ricas en vitaminas B1 y C (Zandalema, 2008).

**Tabla II**  
Composición de la miel de *Melipona beecheii* (%)

Muestra	Humedad	pH	Acidez (meq/kg)	Minerales	Proteína	Azúcares Reductores	Sacarosa Aparente
C1	24.50	3.44	38.00	0.06	0.50	64.05	0.14
C2	24.10	3.86	23.00	0.01	0.14	67.88	0.13
C3	26.00	3.36	18.00	0.00	0.11	60.08	0.49
C4	27.00	2.84	39.00	0.00	0.08	61.53	0.15
C5	25.70	3.31	24.00	0.00	0.09	64.04	0.60
C6	25.30	3.38	22.00	0.08	0.12	63.85	0.18
×	<b>25.43</b>	<b>3.37</b>	<b>27.33</b>	<b>0.03</b>	<b>0.17</b>	<b>63.57</b>	<b>0.28</b>
DE <sup>1</sup>	<b>1.05</b>	<b>0.33</b>	<b>8.89</b>	<b>0.03</b>	<b>0.16</b>	<b>2.66</b>	<b>0.21</b>
CV <sup>2</sup>	<b>4.13</b>	<b>9.67</b>	<b>32.53</b>	<b>125.86</b>	<b>93.15</b>	<b>4.19</b>	<b>73.26</b>

Fuente: Mendieta (2002).

<sup>1</sup> Desviación estándar

<sup>2</sup> Coeficiente de Variación

### Aroma

Este debe ser característico del origen floral del cual provenga la miel, libre de aromas extraños (Zandalema, 2008). Vit (2008) menciona que las mieles de *Melipona* suelen tener un olor más floral que las mieles de *A. mellifera*, como si modificaran menos el néctar.

### Sabor

El sabor es una característica muy importante de la miel; sin embargo, es la más difícil de describir. Actualmente, es imposible describir el sabor de la miel, pero se espera que pronto se desarrolle instrumentación que lo pueda llevar a cabo. El sabor de las mieles de color claro es más fino que el de las mieles de color oscuro, que lo tienen más intenso (Zandalema, 2008; Suescún y Vit, 2008). Grajales-Conesa *et al.* (2011) indica que especies de *Meliponas* como *M. quadrifasciata*, son atraídas por los aromas florales de una amplia variedad de plantas como el caso de los cítricos, lo que indicaría el sabor característico de la miel de esta especie.

### Efectos adversos de la miel

#### Contaminantes y compuestos tóxicos

A pesar de las incontables propiedades curativas y/o nutritivas de la miel como producto natural característico de muchos hogares, tanto de hoy como de décadas pasadas, puede llegar a contener propiedades toxicológicas, que pueden ocasionar serios trastornos corporales así como problemas gastrointestinales, cardíacos, respiratorios o neurológicos (Becerra, 2008). El estu-

dio sobre mieles tóxicas ha sido abordado y estudiado por pocos especialistas. A pesar de esto, se conocen algunos casos históricos reportados antes de la era cristiana. Las familias botánicas relacionadas a las visitas florales y la consiguiente producción de miel tóxica ya sea permanentemente o en determinadas épocas del año son Bignoniaceae, Ericaceae y Solanaceae. De las tres podemos encontrar a *Rhododendron ponticum* L., *R. luteum* Sweet, *R. albiflorum* Hook, *R. macrophyllum*, *Azalea* sp., *Kalmia angustifolia* L. o *Ledum palustre* de la familia Ericaceae las cuales se han reportado como las más tóxicas en países de Europa, Brasil, Sudáfrica o Nepal principalmente, seguidas de especies botánicas de algunas solanáceas como como *Datura stramonium* L., *D. metel* L. o *Hyoscyamus niger* L. (Klaassen y Watkins, 2001). En países tropicales como Venezuela se han registrado intoxicaciones y muertes por el consumo de miel de abejas recién cosechada, sin embargo, esta información no ha sido recopilada sistemáticamente (Vit, 2000). Asimismo, en el trabajo reportado por Vit y Barrera (2002), mencionan que dos pacientes presentaron cefalea, mareo, oliguria, taquicardia y vómito, pero sólo uno tuvo convulsión, midriasis y pérdida del conocimiento por el consumo de este alimento.

#### Cultivo de abejas sin aguijón (Meliponicultura)

Las abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini), se distribuyen ampliamente en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Hasta ahora, alrededor de 500 especies han sido descritas, muchas de ellas en los trópicos del Nuevo Mundo, los cuales son considerados las principales áreas de diversificación de estas especies de insectos (Michener, 2007). En total, se han registrado en México 46 especies, distribuidas en 11 gé-

neros, 12 de estas especies (aproximadamente el 26%) son endémicas del territorio del país (Ayala, 2013, Reyes-González, 2014). Este grupo de organismos han sido relevantes en la cultura humana, debido a que proveen recursos y han sido parte de la vida social y religiosa de diversas personas, quienes han desarrollado técnicas de manejo de estos insectos, técnicamente llamado "Meliponicultura" (Quezada *et al.*, 2001).

Los meliponinos (tribu Meliponini) son abejas que, a diferencia de la mayoría de las especies que se conocen, viven en colonias permanentes con una reina y varias docenas o miles de obreras. Son las únicas abejas, junto con las abejas melíferas (tribu Apini), que son altamente sociables. La característica importante de los meliponinos es la carencia de aguijón funcional (Velthuis, 1997). De las 46 especies que se reportan en México, 16 se encuentran en la Península de Yucatán y algunas de las especies que habitan en la Península de Yucatán son de amplia distribución en el país, tales como *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides*, *Trigona nigra*, *Trigona fluviventris*, *Trogonisca pipioli* (Quezada-Euán, 2005). Mesoamérica es la única región a nivel mundial donde las abejas sin aguijón han sido cultivadas en forma sistemática (Quezada-Euán *et al.*, 2001). En la Península de Yucatán, el cultivo de abejas sin aguijón (meliponicultura) data de los tiempos de la cultura maya y en algunas partes del Sur de México aún persiste esta actividad en donde los productos de *Melipona beecheii* han sido ampliamente utilizados en la medicina tradicional maya (González-Acereto, 2008). Asimismo, la miel, el polen y la cera de estas abejas, se han empleado como coadyuvantes en el tratamiento, reducción y curación de cataratas oculares y carnosidad en los ojos, en el tratamiento de conjuntivitis infecciosa y traumática, heridas y úlceras oculares, enrojecimiento de los ojos, tratamiento de úlceras, llagas en la piel y heridas de difícil cicatrización, bronquitis, laringitis, sinusitis y tos así como en el tratamiento de la inflamación de las

hemorroides (Vit *et al.*, 2004). Sin embargo, de acuerdo a estudios realizados existe gran preocupación en la disminución de ésta actividad tradicional en la región, debido a los cambios ambientales y por la gestión inadecuada (exceso de captura sin éxito de las colonias silvestres) (Villanueva *et al.*, 2005).

## Meliponas

Se caracterizan por su tamaño relativamente grande (8-15 mm de longitud), morfología similar a abejorros o abejas melíferas, alas anteriores relativamente cortas y pelos largos en parte superior del tórax y cabeza, producen reinas frecuentemente, reinas ligeramente más pequeñas que las obreras, celdas reales mezcladas con celdas de obreras y machos y la piquera es de barro. Un ejemplo de estas abejas es la *Melipona yucatanica* (Fig. 1), la cual es altamente sociable, polinizadoras, muy eficientes y buenas productoras de miel y cera.

El área geográfica que puede ser explotada por una especie de *Melipona* es directamente proporcional a la extensión del vuelo que sea capaz. Las especies de tamaño mediano (5 mm) pueden recorrer y recolectar a unos 600 m alrededor de su nido; mientras que las especies más grandes (10 mm) pueden recorrer de 800 a 980 m. Entre los aspectos más interesantes sobre la biología de las abejas Meliponas se encuentran el tipo de comunicación en relación a la búsqueda del alimento y de sitios para fundar nuevas colonias (Wille, 1976).

### *Melipona beecheii*

A pesar de que la miel producida por las abejas sin aguijón, como el caso de *M. beecheii* (Fig. 2), es comercializada y consumida como alimento y con fines medicinales, la definición oficial de miel incluida en



Fig. 1.—Abeja sin aguijón (*Melipona yucatanica*).



Fig. 2.—*Melipona beecheii*

el Codex Alimentarius (2001), solo reconoce a la miel de *Apis mellifera*. La normatividad de México ha establecido parámetros fisicoquímicos de calidad, pero solo para la miel de *A. mellifera*. Debido a los atributos medicinales que se le confieren a este producto, en los mercados de diversos países latinoamericanos como Costa Rica, Guatemala, México o Venezuela, se comercializan productos adulterados o imitaciones (Vit *et al.*, 2004). Lo anterior, cobra relevancia cuando se considera que mundialmente ha crecido la demanda de productos orgánicos y con propiedades funcionales que puedan influir en aspectos fisiológicos del organismo, mas allá de su aporte nutrimental. En este sentido, la miel de *M. beecheii* podría quedar incluida en ambas categorías, debido a las características de su producción y las propiedades medicinales que se le atribuyen. Por lo que incrementar la producción de miel de *M. beecheii* a través de una revalorización de sus propiedades podría generar nuevas áreas de crecimiento económico y desarrollo social para las comunidades productoras, que en el caso de la Península de Yucatán son primordialmente comunidades indígenas. Esto plantea la necesidad de establecer parámetros fisicoquímicos de calidad para la miel de *M. beecheii*, que permitan establecer una correlación no solo con su calidad sino también con su origen entomológico y funcionalidad fisiológica.

Se han encontrado y documentado cientos de sustancias bioactivas en la mieles de *Melipona* en diferentes países (Oddo *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013). Entre estos compuestos con actividad biológica, los compuestos que muestran gran actividad antioxidante tales como ácidos fenólicos, flavonoides y las enzimas glucosa oxidasa y catalasa, han recibido una atención especial de grupos de investigación, debido a su rol en la prevención de enfermedades asociadas con el estrés oxidativo (Aljadi y Kamaruddin, 2004).

Aunado a lo anterior, la actividad antioxidante de la miel, está asociada a la presencia tanto de compuestos de naturaleza enzimática como la catalasa, la glucosa oxidasa y la peroxidasa; como a compuestos como el ácido ascórbico, el  $\alpha$ -tocoferol, los carotenoides, aminoácidos libres, ácidos orgánicos, compuestos polifenólicos, flavonoides, flavonoles, ácidos fenólicos, catequinas y derivados del ácido cinámico (Ita, 2011). La capacidad antioxidante es la habilidad que tienen algunas mieles para reducir la cantidad de reacciones oxidativas en el cuerpo, las cuales pueden producir efectos perjudiciales en los alimentos y en el organismo, como enfermedades crónicas. Sin embargo, la capacidad antioxidante varía de gran forma según el origen botánico de la miel (Gheldof *et al.*, 2002). El contenido de antioxidantes en la miel es comparable al de frutas y verduras, lo que lo convierte en una fuente de estos más aceptable para ciertos individuos (Kasprzyk, 2012). El daño oxidativo causado a biomoléculas, es un proceso que trae consigo el surgimiento del envejecimiento y el desarrollo de enfermedades en

todos los aparatos y sistemas del organismo, como algunos tipos de cáncer (en pulmón, estómago y piel), la inflamación y padecimientos inmunitarios que involucran al riñón (glomerulonefritis, falla renal crónica), el hígado (hepatitis), el páncreas (diabetes mellitus) y el sistema nervioso (Alzheimer, Parkinson); alteraciones en los vasos del corazón y padecimientos oftalmológicos (Elias *et al.*, 2008). Una de las estrategias más aplicadas en las mediciones de la capacidad antioxidante de un compuesto, mezcla o alimento es la espectrofotometría, que consiste en determinar la actividad del antioxidante frente a sustancias coloreadas de naturaleza radical, en la cual se observa la pérdida de color del sistema y ocurre de forma proporcional con la concentración del antioxidante. Las determinaciones de la capacidad antioxidante realizadas *in vitro* proporcionan una idea aproximada de lo que ocurre en situaciones complejas *in vivo*, ya que en las primeras se tienen condiciones controladas y en las segundas muchos factores que intervienen en los procesos (Kuskoski *et al.*, 2005).

La pérdida constante de competitividad de los productos apícolas mexicanos en el mercado mundial no sólo se explica por los elevados costos de producción, el difícil acceso al crédito y la carencia de una práctica exportadora profesional, sino también por la falta de conocimiento y tecnología aplicada a su producción y comercialización. Además de los factores antes señalados, existen otros elementos que afectan en forma negativa a la apicultura como la falta de una legislación federal adecuada y actualizada que regule eficazmente la actividad, la desvinculación e inoperancia de las diversas organizaciones de productores, los escasos canales de comercialización directa entre el productor y el consumidor, el bajo consumo per cápita de los productos en relación con los volúmenes de producción y la falta de diversificación productiva. Si bien la problemática actual es compleja y requiere múltiples enfoques para su solución, incrementar la oferta de productos apícolas que cumplan las exigencias de los países importadores en cuanto a inocuidad y mayor calidad, permitiría un mejor posicionamiento de los productos mexicanos en el mercado nacional e internacional. Para posicionar la miel producida por abejas sin aguijón en este caso el de la *Melipona beecheii* en el mercado como un producto con valor agregado, es necesario conocer a profundidad características tales como los parámetros fisicoquímicos que puedan asociarse a su calidad y origen entomológico; así como su actividad biológica con potencial efecto nutracéutico, como es el caso de la actividad antioxidante. El creciente interés por la miel producida por las abejas sin aguijón procede principalmente de su composición, la cual ha sido asociada con propiedades antisépticas, antimicrobianas, anticancerígenas, anti-inflamatorias y de curación de heridas, proporcionando así defensas para las funciones celulares así como la promoción de las funciones celulares en los eritrocitos (Alvarez-Suarez *et al.*, 2012; Silva *et*

al., 2006, 2013). Estudios anteriores realizados en Guatemala por Gutiérrez *et al.* (2009) han puesto de manifiesto la actividad antioxidante, atribuible al contenido de flavonoides y polifenoles en las mieles de *M. beecheii*, respecto a mieles de *M. solani*. Los resultados sugieren que la miel de *M. beecheii* de Yucatán es una alternativa para la obtención de compuestos bioactivos con potencial antioxidante, ya que las especies de plantas visitadas como las familias Asteraceae y Melastomataceae para la extracción de néctar están presentes en la Península.

### Potencial antioxidante de la miel

En los últimos años, se han descrito una serie creciente de compuestos que demuestran el carácter emergente de su potencial antioxidante (Gheldof *et al.*, 2002), entre éstos, los compuestos fenólicos que contribuyen a exaltar las cualidades sensoriales como su amargor (Amiot, 1989; Campus *et al.*, 1993; Muñoz y Copaja, 2007).

### Estrés oxidativo

Se ha demostrado que la miel actúa sobre las especies reactivas de oxígeno (ROS), mejora el estrés oxidativo y reduce la hiperglucemia (Beretta *et al.*, 2007; Erejuwa *et al.*, 2010). Diversos estudios, indican que la administración con suplementos de miel en ratas diabéticas, aminoran el estrés oxidativo renal y su efecto hipoglucémico depende de la dosis (Erejuwa, 2010). Además de sus efectos sobre el estrés oxidativo y la hiperglucemia, la suplementación con miel reduce varios trastornos metabólicos comúnmente observados en la diabetes, estos incluyen reducción en los niveles de transaminasas hepáticas, triglicéridos y hemoglobina glucosidasa (HbA1c), así como un mayor nivel de colesterol (Buserolles, 2002; Erejuwa *et al.*, 2011). Asimismo, se sabe que los radicales libres y las especies reactivas de oxígeno, tales como hidroperoxilo, hidroxilo y superóxido, están asociados con el envejecimiento. Las ROS, pueden producir daño oxidativo a biomoléculas tales como hidratos de carbono, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, los cuales pueden alterar distintos procesos celulares y causar la muerte (Viuda-Martos *et al.*, 2008). En este contexto, se han realizado varios estudios en donde se ha encontrado que el consumo de miel puede mejorar las defensas contra el estrés oxidativo, entre los que destacan los trabajos de Al-Mamary *et al.*, (2002); Schramm *et al.*, (2003); Beretta *et al.*, (2007); van der Berg *et al.*, (2008) y Cortés *et al.*, (2011). Específicamente sobre miel de abejas sin aguijón, Pérez-Pérez *et al.* (2007), menciona que la capacidad antioxidante de miel de *T. angustula*, aumenta con la fermentación de la misma a temperatura ambiente conservándolo naturalmente a 30°C con potencial uso medicinal.

### Efecto del estrés oxidativo en Enfermedades Crónicas no Transmisibles

Los seres humanos necesitan oxígeno (O<sub>2</sub>) para la producción de energía y realizar todas las actividades fisiológicas. Sin embargo, el exceso de este elemento en las células resulta nocivo debido a la formación de especies reactivas generadas durante el proceso de oxidación. En el organismo existe un equilibrio entre las especies reactivas de oxígeno (ERO) y los sistemas de defensa antioxidante (AOX). Los efectos benéficos de las ERO se presentan a bajas concentraciones, participando de esta manera en diversas funciones fisiológicas de la célula, como defensa contra agentes infecciosos (Valko *et al.*, 2007).

El efecto dañino de los radicales libres en los sistemas biológicos producen estrés oxidativo generado por la deficiencia de antioxidantes e incremento de las ERO. De este modo, el estrés oxidativo es el resultado de reacciones metabólicas que utilizan O<sub>2</sub> y representa una alteración en el equilibrio pro-oxidante/antioxidante en los sistemas vivos con capacidad de oxidar de esta manera biomoléculas del cuerpo (lípidos, proteínas, ADN) e inhibir su estructura y función normal (Drögue, 2002). Huerta Bustamante (2003) ha sugerido que las ERO están implicadas en daños hepáticos y renales de consumidores crónicos de etanol. Investigaciones recientes han demostrado que los componentes de la miel actúan contra algunos tipos de cáncer en los humanos, en donde se ha documentado que los extractos crudos de miel de cuatro especies de *Trigona* (*Trigona incisa*, *T. apicalis*, *T. fuscobalteata* y *T. fuscibisca*) muestran variaciones marcadas en sus actividades citotóxicas *in vitro* en cinco tipos de cáncer en humanos, derivadas de diferentes líneas celulares. Aunque, fueron solamente ensayos realizados con extractos crudos y aplicados en líneas celulares *in vitro*, la actividad citotóxica observada en esta investigación amerita la pronta evaluación de la miel de *Melipona beecheii* para su aplicación como potencial alimento funcional y la posible prevención de enfermedades crónicas degenerativas (Kustiawan *et al.*, 2014).

### Actividad antioxidante (AAT)

Los polifenoles, los flavonoides y los ácidos fenólicos participan en la actividad antioxidante de la miel, junto con una variedad de compuestos nitrogenados (alcaloides, derivados de la clorofila, aminoácidos y aminos), carotenoides y vitamina C, que son ampliamente conocidos por su actividad antioxidante (Gutiérrez *et al.*, 2008; Vit *et al.*, 2008).

Frankel *et al.* (1998) estudiaron 19 mieles uniflorales con el método de DPPH y obtuvieron valores de AAT (10-5 µeq) comprendidos entre 21.3 y 432.0. Estos autores indican que la composición química (contenido de azúcares individuales, cenizas, nitrógeno, contenido de metales) de la miel de abeja puede

variar según la especie floral que se utiliza como fuente del néctar. Además de esto, dichos autores sugieren que las propiedades antioxidantes de la miel están relacionadas con su color y contenido de humedad, ya que muchos de los pigmentos que contiene (tales como carotenoides y flavonoides) presentan actividad antioxidante y el contenido de agua de la miel puede determinar el grado de acumulación de compuestos antioxidantes solubles en agua. Estos factores pueden ser los responsables de las variaciones en AAT encontrados dentro de cada grupo botánico (Vit *et al.*, 2008).

Muchos compuestos fenólicos reportados poseen propiedades captadoras de radicales libres, lo que les confiere su actividad antioxidante. Las células vivas poseen una capacidad limitada para anular la actividad de los radicales libres, la ingestión de antioxidantes puede ayudar a la protección de las células y por tanto su función fisiológica. Estos antioxidantes son generalmente obtenidos a partir de la alimentación que incluya vitaminas C y E,  $\beta$ -caroteno y una amplia variedad de compuestos fenólicos y flavonoides, en este sentido, se han reportado por cromatografía líquida de fase reversa (RP-HPLC) que mieles de dos especies de abejas sin aguijón tales como: *Melipona flavolineata* y *M. fasciculata* indican alta actividad antioxidante (Oliveira *et al.*, 2012) por polifenoles totales en donde fueron identificados ácido gálico, *o*-cumárico, *p*-cumárico y quercetina. En este contexto Sarmiento *et al.*, (2013) demostró que la actividad antioxidante de la miel de jandaíra (*Melipona subnitida*) está fuertemente correlacionada con su contenido fenólico y sugiere que este tipo de miel en la dieta humana es una fuente importante de estos compuestos antioxidantes.

### Composición química con potencial antioxidante en la miel

#### Proteínas

Algunos estudios basados en análisis de la composición u origen de las proteínas en la miel mencionan que, al menos diecinueve bandas de proteínas se han detectado por tinción de plata SDS-PAGE en mieles de plantas de origen diferente (Marshall y Williams, 1987). La miel contiene proteínas en mínimas cantidades y diversas enzimas que son componentes importantes tales como  $\alpha$ -glucosidasa,  $\beta$ -glucosidasa, amilasa y glucosa oxidasa. En este sentido, Baroni *et al.*, (2002) reportaron que las proteínas del polen de diferentes plantas podrían ser distinguidas por SDS-PAGE y que las mismas podrían ser utilizadas como marcadores químicos para la clasificación floral de la miel. Estudios anteriores como el realizado por Vattuone *et al.* (2007) reporta que el contenido de prolina oscila entre 371-394 y 296-307 mg/kg de miel para *Tetragonisca angustula*, una especie de abeja sin aguijón de la tribu Meliponi, esto puede indicar que la cantidad de este aminoácido puede estar presente en cantidades

similares en la miel de *Melipona beecheii* y su correlación con su potencial actividad antioxidante.

#### Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos de bajo peso molecular, responsables del aroma y del potencial antioxidante de la miel. Mohammed *et al.* (2014), menciona que el contenido total de flavonoides en muestras de miel oscila entre 11.46-116.67 mg catechin/kg. El conocimiento de los flavonoides y el contenido de los compuestos fenólicos en mieles de diversos climas, podría no solo ser un marcador de origen floral sino también un indicador potencial de su capacidad biológica. Se han analizado en diversos estudios, la composición y naturaleza de los flavonoides presentes en muestras de miel de diversas áreas geográficas (Europa, Norteamérica, Regiones ecuatoriales, Sudamérica, China y Australia (Tomás *et al.*, 2001). Dichos estudios mostraron los perfiles de flavonoides de muestras de miel de Argentina y Chile y en ellos se observó que derivados de flavonoides de polen-néctar son los componentes principales, y que flavonoides de propóleos, también estaban presentes.

Los flavonoides son una serie considerable de pigmentos fenólicos de la planta y su contenido en el vegetal, alcanza normalmente niveles de 0.5% en polen, 10% en propóleos y casi 6000  $\mu\text{g kg}^{-1}$  en miel (Montenegro *et al.*, 2003). Los flavonoides identificados en la miel y propóleos son normalmente grupos de flavanonas y flavononas/flavonoles (Campos *et al.*, 1990, Muñoz y Copaja, 2007). Cientos de sustancias bioactivas han sido ya encontradas en mieles de especies de *Melipona* en diferentes países (Oddo *et al.*, 2008; Oliveira *et al.*, 2012; Silva *et al.*, 2013). Entre los compuestos con actividad biológica que están presentes en las mieles y que juegan un papel importante por su actividad antioxidante, tales como ácidos fenólicos, flavonoides y las enzimas glucosa oxidasa y catalasa han recibido especial atención, debido a su rol en la prevención de enfermedades asociadas al estrés oxidativo (Aljadi & Kamaruddin, 2004).

De acuerdo a Tomas-Barberan *et al.* (2001), las muestras de miel analizadas de Chile y Argentina muestran perfiles de flavonoides presentes en el polen-néctar como compuestos fenólicos mayoritarios. Por su parte, en los resultados de Muñoz y Copaja (2007) se documenta que los principales flavonoides detectados en mieles chilenas en general, fueron, quercetina, kaempferol, pinocembrina, pinobanksina, crisina, galangina y otras dos flavanonas no identificadas, de las cuales las dos primeras fueron encontradas en el estudio de Matamoros *et al.* (2013) en donde se evidencia que la miel de *M. beecheii* contiene estos compuestos orgánicos junto con la Naringenina y Leutolina, que son importantes ya que inducen el sistema antioxidante celular y contribuye así a la prevención de enfermedades. En este contexto, Vattuone *et al.*

(2007) indica que el contenido de flavonoides encontrados en especies de abejas sin aguijón como el caso de *T. angustula* podría tener un efecto farmacológico importante, por lo que se esperaría que el contenido de estos compuestos bioactivos en miel de *M. beecheii* sea considerado como potencial alimento nutraceutico. Recientemente, se ha reportado el primer taxifolin en miel producida por abejas sin aguijón específicamente de la *Melipona (Michmelia) seminigra*, un compuesto fenólico con fuerte actividad antioxidante y diversas actividades biológicas (Almeida da Silva *et al.*, 2013).

Debido a la investigación constante de ciertas áreas de interés, el concepto de nutrición ha evolucionado a lo largo de los años. Los consumidores conscientes de sus necesidades buscan en el mercado aquellos productos que contribuyan a su salud y bienestar, así como el desarrollo cognitivo y psicomotor, inmunidad, crecimiento y composición corporal (Olagnero, *et al.*, 2007). Estos alimentos, que promueven la salud han sido denominados Alimentos Funcionales (AF) (Araya y Lutz, 2007). Los AF son alimentos en los que algunos de sus componentes afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico o psicológico más allá de su valor nutritivo tradicional. Dicho efecto puede ser contribuir a la mantención de la salud y bienestar, a la disminución del riesgo de enfermar, o ambas cosas (Ashwell, 2005). Aunado a lo anterior, por sus componentes bioactivos entre los que se cuentan los referidos a su actividad antioxidante, la miel de *Melipona* fundamenta su empleo en medicina y como alimento funcional o nutraceutico. En este contexto, Vattuone *et al.* (2007) en su estudio determinó esta capacidad antioxidante de la miel presente en muestras de *Tetragonisca angustula* y de *Plebeia wittmanni*.

La miel, producida por las abejas, es mucho más que un alimento natural de incontables propiedades. Contiene todas las vitaminas que los bromatólogos consideran necesarias para la salud, las del grupo B, tiamina, niacina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina y biotina, además de ácido ascórbico o vitamina C. Todas ellas son fundamentales en la nutrición humana. Es un producto complejo que contiene numerosos elementos que actúan directamente sobre la armonía de nuestro equilibrio biológico, y por ende proporciona salud y bienestar (Lavandera, 2011).

## Conclusión

Este trabajo es una revisión científica sobre el uso de la miel de *Melipona beecheii* como potencial alimento funcional atribuido a su propiedad antioxidante y la consiguiente reducción de enfermedades crónicas degenerativas. La información disponible sugiere que la miel de esta abeja sin aguijón cumple con las características bioactivas, ya que son ricas en compuestos polifenólicos para considerarlas como fuente natural

con actividades antioxidantes y proteicas en la Península de Yucatán, México.

## Agradecimientos

Este trabajo de revisión forma parte del proyecto "Caracterización del efecto antimicrobiano (*S. aureus*, *E. Coli*, *C. albicans*) y antioxidante de los componentes de la miel de *Melipona beecheii*" financiado por CONACYT ciencia básica 2013-2014, clave 221624.

## Referencias

1. Aljadi AM, Kamaruddin MY. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry* 2004; 85: 513–518.
2. Al-Mamary M, Al-Meeri A, Al-Habori M. Antioxidant activities and total phenolics of different types of honey. *Nutrition Research* 2002; 22: 1041-1047.
3. Alvarez-Suarez JM, Giampieri F, Gonzalez-Paramas AM, Damiani E, Astolfi P, Martinez-Sanchez G. Phenolics from monofloral honeys protect human erythrocyte membranes against oxidative damage. *Food and Chemical Toxicology* 2012; 50: 1508–1516.
4. Almeida D. Espécies de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) e tipificação dos méis por elas produzidos em área de cerrado do município de Pirassununga, Estado de São Paulo. 103f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2002, Universidade de São Paulo.
5. Almeida da Silva, Sarmento IA, da Silva TM., Camara CM, Queiroz M, Magnan M, Santos de Novais, Bastos J, Soledade LE, Oliveira LE, De Souza AL, De Souza AG. Phenolic profile, antioxidant activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. *Food Chemistry* 2013;14: 3552-3558.
6. Amiot MJ, Aubert S, Gonnet M, Tacchini M. Les composés phénoliques des miels : étude préliminaire sur l'identification et la quantification par familles. *Apidologie* 1989; 20-115.
7. Ayala R, González V, Engel M. Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution, and indigenous knowledge. In Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees. Edited by Vit P, Pedro-Silvia RM, Roubik D. New York: Springer 2013: 135–152.
8. Araya LH, Lutz RM. Alimentos Funcionales y Saludables. *Revista Chilena de Nutrición* 2003; 30(1): 8-14.
9. Ashwell M. Conceptos sobre Alimentos Funcionales. ILSI Europe Concise Monograph Series, ILSI Press 2005.
10. Baroni MV, Chiabrando GA, Costa C, Wunderlin DA. Assessment of the floral origin of honey by SDS–PAGE immunoblot techniques. *Journal of Agricultural* 2002.
11. Becerra RD. La miel, un peligroso manjar. Universidad Nacional de Educación a Distancia 2008; 409-420
12. Beretta G, Orioli M, Facino RM. Antioxidant and radical scavenging activity of honey in endothelial cell cultures (EA.hy926). *Planta Med* 2007; 73: 1182–1189.
13. Bogdanov S, Vit P, Kilchenmann V. Sugar profiles and conductivity of stingless bee honeys from Venezuela. *Apidologie* 1996; 27: 445-450.
14. Busserolles J, Gueux E, Rock E, Mazur A, Rayssiguier Y. Substituting honey for refined carbohydrates protects rats from hypertriglyceridemic and prooxidative effects of fructose. *J Nutr* 2002; 132: 3379–3382
15. Campos MDG, Sabatier S, Amito MJ, Aubert S. Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante.; *Planta Med* 1990; 56: 580.
16. Campus R, Madau G, Solinas T. La composizione dei mieli sardi. *Tecn. Aliment* 1993; 6- 10.

17. Codex Alimentarius. Norma para la miel de abeja (en línea). 2001; Disponible en: <http://www.codexalimentarius.net/search/advancedsearch.do>
18. Cortés ME, Vigil P, Montenegro G. The medicinal value of honey: a review on its benefits to human health, with a special focus on its effects on glycemic regulation. *Cien. Inv. Agr.* 2011; 38(2): 303-317.
19. Crane E. El libro de la miel. Fondo de Cultura Económica. 1985; México, DF.
20. Davies AMC. Amino acid analysis of honeys from eleven countries. *J. Apic. Res* 1975 14: 29-39.
21. Davies AMC, Harris, RG. Free amino acid analysis of honey from England and Wales application to geographical origin of honeys. *J. Apic. Res* 1982; 21: 166-173.
22. Díaz GT. Plantas Melíferas en Asturias. Importancia de las abejas para las plantas. LXIV Cursos de verano de la Universidad de Oviedo. Departamento de Biología de organismos y sistemas. 2004; 88-104.
23. Drögue W. Free radicals in the physiological control of cell function. *Physiol Rev* 2002; 82: 47-95.
24. Elias RJ, Kellerby SS, Deckera EA. Antioxidant Activity of Proteins and Peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 2008; 48(5): 430-441.
25. Erejuwa OO, Gurtu S, Sulaiman SA, Wahab MS, Sirajudeen KN, Salleh MS. Hypoglycemic and antioxidant effects of honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int J Vitam Nutr Res* 2010; 80: 74-82.
26. Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MS, Sirajudeen KN, Salleh MS, Gurtu S. Antioxidant protection of Malaysian tualang honey in pancreas of normal and streptozotocin-induced diabetic rats. *Ann Endocrinol* 2010; 71: 291-296.
27. Erejuwa OO, Sulaiman SA, Wahab MS, Salam SK, Salleh MS, Gurtu S. Hepatoprotective effect of tualang honey supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Int J Appl Res Nat Prod* 2011; 4:37-41.
28. Fauzi AN, Norazmi MN, Yaacob, NS. Tualang honey induces apoptosis and disrupts the mitochondrial membrane potential of human breast and cervical cancer cell lines. *Food Chemistry Toxicology* 2011; 49: 871-878.
29. Frankel S, Robinson GE, Berenbaum MR. Antioxidant capacity and correlated characteristic of 14 unifloral honeys. *Journal of Apicultural Research* 1998; 37(1): 27-31
30. Gheldof N, Wang XH, Engeseth NJ. "Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2002; 50(21): 5870-5877.
31. González-Acereto JA. Cría y manejo de abejas nativas sin aguijón en México. 2008, Mexico: Planeta Impresores.
32. Grajales-Conesa J, Meléndez-Ramírez V, Cruz-López L. Aromas florales y su interacción con los insectos polinizadores. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 2011; 82(4): 1356-1367.
33. Gutiérrez MG, Enriquez E, Lusco L, Rodríguez-Malaver A, Persano L, Vit P. Caracterización de mieles de *Melipona beecheii* y *Melipona Solani* de Guatemala. *Rev. Fac Farm.* 2009; 50(1): 2-6.
34. Gutiérrez MG, Rodríguez MA, Vit P. Miel de abejas: Una fuente de Antioxidantes., *Revista Fuerza Farmacéutica* 2008; 12(1): 1-5.
35. Hernández ALS. Determinación del potencial nutracéutico y actividad antioxidante de la miel propolizada elaborada por la empresa APICARE, Riobamba-Chimborazo. Tesis. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia. Ecuador. 2013; 175p.
36. Huerta Bustamante PA, Henríquez Huerta PA, Castillo Peñalosa RI, Carrasco Loza RA, Orellana M, Rodrigo Salinas MA. Estudio comparativo del estudio crónico de vino tinto sobre la expresión y la actividad del citocromo P<sub>450</sub> en hígado y riñón de la rata. *Med. UNAB* 2003; 6: 4-9.
37. Ita BN. Antioxidant activity of honey samples from the southern rainforest and northern savannah ecosystems in Nigeria. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 2011; 2(8): 2115-2120.
38. Kasprzyk A, Zbikowska B, Sroka Z, Gamian A. The antiradical activity of some plant raw materials and extracts obtained from these raw materials. *Postępy Hig. Med. Dośw.* 2012; 66: 146-152.
39. Klaassen CD, Watkins JB. Casarret & Doull. Manual de Toxicología, McGraw-Hill Interamericana, México, 2001; 659-722.
40. Kuskoski EM, Asuero AG, Troncoso AM, Mancini-Filho J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 2005; 25: 726-732.
41. Kustiawan PM, Puthong S, Arung ET, Chanchao C. *In vitro* cytotoxicity of Indonesian stingless bee products against human cancer lines. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2014; 4(7): 549-556.
42. Lavandera RI. Curación de heridas sépticas con miel de abejas wounds. *Rev Cubana Cir.* 2011; v.50 n.2
43. Llorente J. Las abejas y la apicultura en Asturias. Las enfermedades y enemigos de las abejas. LXIV Cursos de verano de la Universidad de Oviedo. Subdirección General de Sanidad Animal, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación *Patología apícola* 2004; 105-117.
44. Marchini LC, Carvalho CA, Salvador BA. Características físico-químicas de amostras de méis da abelha urucu (*Melipona scutellaris*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE APICULTURA. 1998; p.203.
45. Marshall T, Williams KM. Electrophoresis of honey: Characterization of trace proteins from complex biological matrix by silver staining. *Analytical Biochemistry* 1987; 167, 301-303.
46. Matamoros NF, Solórzano R, Zamora LG, Arias ML, Umaña E, Aguilar I. Propiedades medicinales de la miel de abejas sin aguijón, de Costa Rica. Centro de Investigaciones Apícolas Tropicales, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar, Universidad Nacional (UNA), 2013.
47. Mendes E, Brojo-Proença E, Ferreira IMPLVO, Ferreira MA. Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydr. Polym.* 1998; 37, 219.
48. Mendieta CJR. Comparación de la composición química de la miel de tres especies de abejas (*Apis mellifera*, *Tetragonisca angustula* y *Melipona beecheii*) de El Paraíso, Honduras. Tesis de Ingeniería en Agroindustria, 2002; 20 p.
49. Michener C. The Bees of the World. 2nd edition. USA: The Johns Hopkins University Press, 2007.
50. Moniruzzaman M, Yung AC, Visweswara RP, Nurul IHM, Amirah S. Identification of Phenolic Acids and Flavonoids in Monofloral Honey from Bangladesh by High Performance Liquid Chromatography: Determination of Antioxidant Capacity *BioMed Research International* 2014; Volume 73:74-90.
51. Montenegro G, Pizarro R, Avila G, Castro R, Ríos C, Muñoz O, Bas F, Gómez M. Evaluación biológica de polen apícola de plantas nativas de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria* 2003; 30, 161.
52. Muñoz O, Copaja S. Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante. *Química Nova* 2007; 30(4): 848-851.
53. Oddo LP, Heard TA, Rodríguez-Malayer A, Pérez RA, Fernández-Muiño M, Sancho MT. Composition and antioxidant activity of Trigona carbonaria honey from Australia. *Journal of Medicinal Food* 2008; 11, 789-794.
54. Olagnero G, Abad A, Bendersky S, Genevois C, Granzella L, Montonati M. Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos DIAETA, 2007; (B.Aires) Vol. 25 • N° 121.
55. Oliveira A, Carvalho C, Souza B, Sodré G, Manchini C. Características físico-químicas de amostras de mel de melipona mandacaja smith (hymenoptera: apidae) *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas* 2005; 25(4): 644-650.
56. Oliveira PS, Sarkis RC, Graças K, Alves C. Ácidos fenólicos, flavonoides e atividade antioxidante em méis de *Melipona fasciculata*, *M. flavolineata* (Apidae, Meliponini) e *Apis mellifera* (apidae, apini) da amazônia *Quim. Nova* 2012; Vol. 35, No. 9, 1728-1732.
57. Pérez-Pérez E, Rodríguez-Malaver A, Vit, P. Efecto de la Fermentación postcosecha en la capacidad antioxidante de miel de *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811, *BioTecnología* 2007; 10(1): 14-20.

58. Piana G, Recceardelle G, Dálbores AI. La miel. MundiPrensa. 1989. Madrid, España.
59. Poljsak B. Strategies for reducing or preventing the generation of oxidative stress. *Oxid Med Cell Longev* 2007; 19: 45-86.
60. Prior CML. La miel en la alimentación humana. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 1989. Madrid, España.
61. Quezada-Euán JGG. Biología y uso de las abejas sin aguijón en la Península de Yucatán, México (Hymenoptera: Meliponini). 2005. Tratados 16. Ediciones de la Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México.
62. Quezada-Euán JGG, May-Itzá WJ, González-Acereto JA. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee World* 2001; 82: 160-167.
63. Reyes-González A, Camou-Guerrero Andrés, Reyes-Salas O, Argueta A, Casas A. Diversity, local knowledge and use of stingless bees (Apidae: Meliponini) in the municipality of Nocupétaro, Michoacan, Mexico *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*. 2014.
64. Rodrigues ACL, Marchini LC, Carvalho CAL. Análises de mel de *Apis mellifera* L., 1758 e *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) coletado em Piracicaba-SP. *Rev de Agricultura, Piracicaba* 1998; 73(3): 255-262.
65. Rodríguez GO, Ferrer BS, Ferrer A, Rodríguez B. Characterization of honey produced in Venezuela. *Food Chemistry* 2004; 84, 499.
66. Sarmiento STM, Pereira F, Evangelista-Rodrigues A, Sarmiento EM, Sarmiento G, Santos J, Ribeiro FA, Amorim CC. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* 2013; 29: 10-18.
67. Schramm DD, Karim M, Schrader HR, Holt RR, Cardetti M, Keen CL. Honey with high levels of antioxidants can provide protection to healthy human subjects. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2003; 51: 1732-1735.
68. Silva TMS, Camara CA, Lins ACS, Filho JMB, Silva EMS, Freitas BM. Chemical composition and free radical scavenging activity of pollen loads from stingless bee *Melipona subnitida* Ducke. *Journal of Food Composition and Analysis* 2006; 19, 507-511.
69. Silva TMS, Santos FP, Rodrigues AE, Silva EMS, Silva GSS, Novais JS. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaíra (*Melipona subnitida*) honey. *Journal of Food Composition and Analysis* 2013; 29, 10-18.
70. Suescún L, Vit P. Control de calidad de la miel de abeja producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica* 2008; 12(1).
71. Tomás-Barberán FA, Martos I, Ferreres F, Radovic BS, Anklam EJ. HPLC flavonoid profiles as markers for the botanical origin of European unifloral honeys *Sci. Food Agr.* 2001; 81, 485.
72. Ulloa J, Mondragón P, Rodríguez R, Reséndiz JY, Rosas P. La miel de abeja y su importancia., *Revista Fuente* 2010; 2(4), Nayarit - México. Pp. 1-4.
73. Valko M, Leifritz D, Moncol J, Cronin MT, Mazur M, Telser J. Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *Int J Biochem Cell Biol* 2007; 39: 44-84.
74. Van den Berg AJ, van den W, van Ufford HC, Halkes SB, Hoekstra MJ, Beukelman CJ. An in vitro examination of the antioxidant and anti-inflammatory properties of buckwheat honey. *Journal of Wound Care* 2008; 17: 172-174, 176-178.
75. Vattuone MA, Quiroga EN, Sgariglia MA, Soberón JR, Jaime GS, Arriazu ME, Sampietro DA. Compuestos fenólicos totales, flavonoides, prolina y capacidad captadora de radicales libres de mieles de *Tetragonisca angustula* Fiebrigi (Schwarz, 1938) y de *Plebeia wittmanni*. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal* 2007; 6: 299-298.
76. Villanueva GR, Roubik DW, Colli-Ucan W. Extinction of *Melipona beecheii* and traditional beekeeping in the Yucatan Peninsula. *Bee World* 2005; 86: 35-41.
77. Vit P, Barrera M. Intoxicación con miel de abejas producida en El Limoncito y El Celoso Venezuela, *Revista de la facultad de farmacia* 2002; vol. 44.
78. Vit P. Valorización de la miel de abejas sin aguijón (Meliponini). *Vit/Rev Fac Farm.* 2008; 50(2): 20-28
79. Vit P, Medina M, Enríquez ME. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World* 2004; 85(1): 2-5.
80. Vit P, Persano OL, Marano ML, Salas de Mejías E. Venezuelan stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physicochemical properties. *Apidologie* 1998; 29: 377-389.
81. Vit P, Tomás-Barberán FA. Flavonoids in meliponinae honeys from Venezuela related to their botanical, geographical and entomological origin to assess their putative anticataract activity. *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung* 1998; 206,288-293.
82. Vit P, Bogdanov S, Kilchenmann V. Composition of Venezuelan honeys from stingless bees (Apidae: Meliponinae) and *Apis mellifera* L. *Apidologie* 1994; 25: 278-288.
83. Vit P, Gutiérrez MG, Titera D, Bednar M. Rodríguez-Malaver AJ. Mieles checas categorizadas según su actividad antioxidante., *Bioquímica Clínica Latinoamericana*. 2008.
84. Wille A. Las abejas jicotes del genero *Melipona* (Apidae, Meliponinae) de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 1976; 24, 123 147.
85. Zandalema E. Caracterización Físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique., Facultad de Veterinaria., Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos., Universidad Autónoma de Barcelona., Barcelona - España., TESIS. 2008. Pp. 97-134.