

## DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y CONTENIDO DE SELENIO EN DIVERSAS MIELES DEL ESTADO DE HIDALGO

### BIOACTIVE COMPOUNDS AND SELENIUM CONTENT DETERMINATION IN HIDALGO STATE HONEY

Chávez- Borges D.<sup>1</sup>, Quintero-Lira A.<sup>1</sup>, López-Oliveira A. C. F.<sup>2</sup>, Martínez-Juárez V.M.<sup>1</sup>, Del Razo-Rodríguez O.E.<sup>1</sup>, Jiménez- Alvarado R<sup>1</sup>, Campos Montiel R. G.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Rancho Universitario, Av. Universidad, Ex-hacienda de Aquetzalapa AP 32 CP. 43600, Tulancingo, Hidalgo

<sup>2</sup> Universidad de Algarve, Portugal

\*ragcamposm@gmail.com

#### RESUMEN

Se realizaron estudios en diversas mieles recolectadas en el estado de Hidalgo, con el objetivo de determinar la presencia de compuestos bioactivos ya que este estado cuenta con una producción de miel de alta calidad que forma parte importante de la actividad económica de la región Huasteca. Se realizó una determinación de compuestos fenólicos y flavonoides, así como actividad antioxidante por medio de los radicales ABTS y DPPH. Por otra parte, se determinó el contenido de selenio por medio de espectroscopia de absorción atómica acoplada a generador de hidruros (HG AAS), con una digestión

ácida previa. Los principales resultados encontrados fueron valores de  $16.61 \pm 7.31$  a  $101.92 \pm 5.38$  mg EAG/ 100 g miel para fenoles totales y  $101.63 \pm 0.51$  a  $95.68 \pm 0.85$  mg EQ/ 100 g de miel para flavonoides. Con respecto a la actividad antioxidante los valores más altos los presentaron las mieles de San Andrés para ABTS ( $357.19 \pm 6.96$  mg EAA/100 g de miel) y Tehuetlán para DPPH ( $211.16 \pm 6.64$  mg EAA/100 g de miel). En el contenido de selenio el valor más alto se presenta en la miel de San Felipe con  $172.75 \pm 3.18$   $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de miel y contenido más bajo se presenta en la miel de Huejutla ( $145.85 \pm 0.35$   $\mu\text{g}/\text{Kg}$  de miel).

**Palabras clave:** antioxidante, compuesto bioactivo, miel mexicana, flavanoides.

## ABSTRACT

Some honey samples from different places of Hidalgo State were analyzed and the objective was to determine the presence of bioactive compounds due to this state has a high quality honey production, which is important in the economic activity of Huasteca region. Phenolic compounds and flavonoids were extracted by organic solvents from honey samples and antioxidant activity was measured by inhibition of ABTS and DPPH radicals. On the other hand, the selenium content determination was done by Atomic absorption spectroscopy coupled to hydride generator (HG-AAS), in this analysis samples were digested with different types of acid. The main results found were  $16.61 \pm 7.31$  to  $101.92 \pm 5.38$  mg EAG/ 100g of honey for total phenols and

$101.63 \pm 0.51$  to  $95.68 \pm 0.85$  mg EQ/ 100 g of honey for flavonoids. About antioxidant activity, the highest values were found in San Andres honey for ABTS ( $357.19 \pm 6.96$  mg EAA/100 g) and Tehuetlán for DPPH ( $211.16 \pm 6.64$  mg EAA/100 g). In selenium content, the highest value was found in San Felipe honey ( $172.75 \pm 3.18$   $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ) and the lowest was Huejutla ( $145.85 \pm 0.35$   $\mu\text{g}/\text{Kg}$ ).

**Keywords:** Antioxidant, bioactive compound, Mexican honey, flavonoids.

## INTRODUCCIÓN

La miel tiene una amplia historia en la alimentación debido a sus aspectos nutritivos y terapéuticos, se produce en todo el mundo y su producción es de aproximadamente 1.2 millones de toneladas al año [1]. Los principales países productores de miel son China, Turquía, Ucrania, México y Estados Unidos.

México ocupa el octavo lugar como productor mundial de miel y el cuarto en términos de valor de exportación, esto en beneficio de más de 57 mil apicultores que operan más de 2 millones de colmenas. Para el año 2016, las entidades federativas con la más elevada producción de miel de abeja fueron: Yucatán, Jalisco, Chiapas y Campeche (SIAP, 2016).

De acuerdo con cifras de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación el estado de Hidalgo ocupa el segundo lugar a nivel nacional en buenas prácticas de producción de miel. La principal zona apícola del estado se encuentra en la Huasteca, principalmente en los municipios de Huejutla, San Felipe Orizatlán, Jaltocán, Atlapexco, Huautla, Xochiatipan, Yahualica y Huazalingo, en estos lugares forma parte principal de los ingresos económicos ya que se encuentran documentadas 536 unidades de producción, con 23 mil 71 colmenas registradas, por lo que el estado registró

una producción de 6,538.18 toneladas, con un valor en el mercado de casi 54 millones de pesos.

Los atributos funcionales de la miel de abeja como ingrediente, junto con el desarrollo de productos y empaques, así como la tendencia del consumidor por productos saludables y del mercado de la miel de abeja por productos orgánicos y ricos en antioxidantes, constituyen áreas importantes para la investigación e innovación en las estrategias de producción, uso tecnológico y manejo de la miel.

El componente más importante de la miel son los carbohidratos, que en su mayoría son monosacáridos (glucosa y fructosa), disacáridos (maltosa, isomaltosa y sacarosa) y oligosacáridos. También contiene aminoácidos, vitamina B, vitamina B6, vitamina C, niacina, ácido fólico, minerales y antioxidantes [2].

Existen cerca de 320 variedades diferentes de miel, que se originan de varias fuentes

florales. El sabor, color, y olor específico depende de los líquidos absorbidos en las diferentes plantas y flores que son visitadas por las abejas. Es importante mencionar que la composición de cada miel se debe principalmente a la fuente floral de la que proviene [1].

Miel monofloral. Se designa a una miel como monofloral cuando el tipo de polen que la caracteriza está presente en su sedimento en cantidades superiores al 45% del total, salvo en algunas excepciones (azahar, biércol, romero).

Miel multifloral. Miel en las que, aunque proceden del néctar de flores, no predomina ninguna forma polínica sobre las demás. Existe una gran variedad de este tipo de mieles, de las cuales un gran número presentan denominación de origen [3].

Se han realizado una gran cantidad de estudios a nivel mundial para determinar las propiedades nutricionales y los compuestos bioactivos de mieles de

diversas regiones. En México hay una reducida cantidad de investigaciones en este aspecto las cuales se encuentran enfocadas principalmente en propiedades físico-químicas, usos medicinales, origen floral y mejoramiento de producción apícola. En relación a compuestos bioactivos Ruiz-Navajas et al. (2011) [4] realizaron un análisis de actividad antioxidante en mieles del estado de Tabasco quienes concluyen que la miel puede ser una buena fuente natural de compuestos fenólicos y flavonoides. Por otra parte Rodríguez, Mendoza, Iturriga, y Castano-Tostado (2012) [5] analizaron 14 muestras comerciales de miel obteniendo gran variación en resultados debido a que este tipo de productos de miel pueden ser adicionados con antioxidantes para alargar su vida útil o mezclados con diversos tipos de jarabes para aumentar su rendimiento. El contenido de minerales es comúnmente analizado en sus componentes más comunes de este

producto como son sodio, calcio y potasio, el selenio no es un elemento analizado en mieles mexicanas ya que no se encuentran registros de investigaciones realizadas sobre ello, el cual es un aspecto importante debido a su importancia en relación con la actividad antioxidante.

**Compuestos Bioactivos.** La miel tiene diversos compuestos bioactivos, que incluyen vitaminas (A, E, K, B1, B2, B6, y C), ácido pantoténico, fenoles, flavonoides, ácidos grasos, aminoácidos con importancia fisiológica (arginina, cisteína, ácido glutámico, ácido aspártico y prolina), así como propiedades antimicrobianas y antioxidantes [4]. Miel de diferentes ubicaciones muestran composiciones de compuestos bioactivos diferentes.

**Compuestos fenólicos.** Recientes investigaciones indican que el principal factor que otorga diversidad de color, sabor y propiedades funcionales a la miel se debe principalmente a su composición

fenólica [5]. Estos compuestos presentan actividad, anticarcinogénica, antiinflamatoria, antitrombótica, inmunomoduladora y analgésica. Los compuestos fenólicos que pueden mostrar el origen botánico de la miel son ácidos fenólicos y flavonoides. Los ácidos fenólicos se dividen en dos subclases: ácidos benzoicos y ácidos cinámicos. Los flavonoides presentes en la miel se dividen en tres clases: flavonoles, flavonas y flavanonas. La composición de los compuestos fenólicos de miel y su capacidad antioxidante depende de las fuentes florales utilizadas para su obtención, así como de factores estacionales y ambientales [6].

**Flavonoides.** Los flavonoides de la miel cuentan con los siguientes compuestos en mayor cantidad, flavonoles: mircetina, kaempferol, quercetina, quercetina-3-metil éter, quercetina 3, pinobanksina y galangina; flavonas: genkwanin, luteolina, apigenina y tricetina; flavanonas:

pinocebrina y pinostrobinina [5].

**Minerales.** Se ha determinado que dentro de los compuestos presentes en la miel también se encuentran minerales y otros elementos, de los cuales su contenido difiere en tipos y cantidades dependiendo del origen botánico y geográfico de donde procedan. Se han reportado aproximadamente 54 minerales presentes en miel, que incluyen elementos de alta presencia en el cuerpo humano (Na, K, Ca, Mg, P, S, Cl) y elementos traza (Al, Cu, Pb, Zn, Mn, Cd, Tl, Co, Ni, Rb, Ba, Be, Bi, U, V, Fe, Pt, Pd, Te, Hf, Mo, Sn, Sb, La, I, Sm, Tb, Dy, Sd, Th, Pr, Nd, Tm, Yb, Lu, Gd, Ho, Er, Ce, Cr, As, B, Br, Cd, Hg, Se, Sr). Diversos estudios han demostrado que el contenido mineral total en la miel es relativamente bajo y generalmente representa del 0.1% al 0.2% de la composición, pero puede exceder el 1% en algunos casos [7].

**Selenio.** Se requiere una cantidad de selenio para la salud humana óptima,

muchos de sus roles fisiológicos se atribuyen directamente a su presencia dentro de las selenoproteínas. La deficiencia moderada de selenio se ha relacionado con muchas afecciones, como el aumento en riesgo de cáncer e infecciones, infertilidad masculina, disminución de la función inmune y tiroidea, y varias condiciones neurológicas, incluyendo Alzheimer y Enfermedad de Parkinson [8]. Algunos estudios mencionan que las selenoproteínas son un grupo de proteínas que contienen selenocisteína (SeCys) como parte de su cadena polipeptídica. En humanos, existen al menos 25 selenoproteínas conocidas, algunas expresadas en múltiples genes y con funciones similares [9].

Las células de mamíferos están protegidas contra las especies reactivas del oxígeno (ROS) por dos líneas de defensa: un mecanismo endógeno que involucra principalmente enzimas y un

exógeno mecanismo que utiliza compuestos eliminadores de radicales libres de bajo peso molecular. Hay cuatro enzimas antioxidantes predominantes. Estas incluyen superóxido dismutasas (SOD), catalasas (CAT), glutatión peroxidasas (GSH-Px), y selenoproteína P (SePP). Aunque el selenio (Se) es comúnmente conocido como un nutriente antioxidante, no tiene actividad antioxidante en sí mismo y en su lugar se requiere para la síntesis y la actividad de algunas enzimas antioxidantes [10].

La glutatión peroxidasa (GPX), la glutatión reductasa (GR) y las reductasas de tioredoxina (TXNRD o TrxR) son selenoproteínas con funciones oxidorreductoras que catalizan la reducción de enlaces disulfuro (S-S) en proteínas y péptidos, proporcionando propiedades reductoras. Las selenoproteínas antioxidantes mantienen el estado redox en células sanas. Ellas las protegen y se ha demostrado que dosis

muy bajas (1-10 nM) de selenito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) o de selenometionina (SeMet) (10-50 nM) podría prevenir la muerte celular inducida por especies reactivas de oxígeno (ROS) en células humanas cultivadas [11].

Como principal justificante del presente estudio se encuentra analizar mieles Hidalguenses que son conocidas a nivel nacional e internacional por su alta calidad, tanto nutricional como sensorial, y con ello determinar cuáles son los aspectos que le otorgan estas características, por medio de un análisis de compuestos bioactivos que no tiene antecedentes en muestras de este estado, con esto se puede ayudar a respaldar el atributo de miel de alta calidad que SAGARPA otorga a la producción apícola del estado de Hidalgo.

## **METODOLOGÍA**

Las muestras de miel usadas para las determinaciones se obtuvieron durante los

meses agosto-diciembre de 2017 y se almacenaron en oscuridad hasta su análisis a temperatura ambiente. La **Tabla 1** muestra el origen floral y la ubicación de recolección de cada una de las mieles, de las cuales se realizaron 3 repeticiones de cada muestra en todas las pruebas a las que fueron sometidas.

**Tabla 1.** Nombre y características de las muestras de miel obtenidas en el estado de Hidalgo.

Miel	Ubicación	Origen floral
San Felipe	San Felipe Orizatlán	Monofloral ( <i>Citrus sinensis</i> )
San Andrés	San Andrés Miraflores, Tlahuiltepa	Multifloral ( <i>cactáceas, leguminosas</i> )
Acaxochi	Acaxochitlán	Multifloral ( <i>Coníferas, Rosaceas, gramineas</i> )
El Real	El Real del Monte	Multifloral ( <i>coníferas</i> )
Atotonilco	Atotonilco el Grande	Multifloral ( <i>Juglans</i> )
Huejutla	Huejutla de Reyes	Multifloral ( <i>cítricos</i> )
Tehuacán	Tehuacán, Huejutla de Reyes	Multifloral ( <i>cítricos, olivos</i> )
Huautla	Huautla	Multifloral ( <i>cítricos</i> )

## Determinación de compuestos

**fenólicos.** El contenido de fenoles totales se determinó utilizando el método Folin-Ciocalteu [12] con algunas modificaciones. Se realizó una dilución de miel 1:10 en agua destilada, la mezcla se homogenizó y se centrifugó a 12,000 rpm en una centrifuga Z 36 HK (Hermle , Alemania) durante 15 min a 4 °C. Un volumen de 0.5 ml del sobrenadante se mezcló con 2.5 ml del reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma Aldrich, USA) diluido (1 ml de reactivo y 9 ml de agua destilada). Después de 5 minutos de reposo, a la mezcla se le agregaron 2 ml de una solución de carbonato de sodio al 7.5% y se dejó reposar por 2 horas. La lectura se realizó a 760 nm en un espectrofotómetro Jenway (USA) 6715 UV. La concentración de fenoles totales se calculó utilizando una curva de calibración de ácido gálico (Fermont, Productos químicos Monterey) en concentraciones de 0-140 ppm (R=0.9979) y expresó en miligramos

Equivalentes de Acido Gálico (mg EAG/100 g de miel).

**Determinación de flavonoides.** La determinación del contenido de flavonoides totales se realizó mediante el método Dowd, adaptado por Arvouet-Grand en 1994 [13] con algunas modificaciones. Donde se pesó 1 g de miel y se aforó a 10 ml con metanol puro, se agitó y se centrifugó a 12,000 rpm durante 15 min a 4°C. Posteriormente en un tubo de ensayo se colocaron 2 ml del sobrenadante y se agregaron 2 ml de una solución de tricloruro de aluminio (AlCl<sub>3</sub>) (Fermont, Monterey, Mex.) al 2% en metanol y se dejó reposar durante 20 min en la oscuridad, para posteriormente leer las absorbancias a 415 nm. El contenido total de flavonoides se determinó usando una curva de calibración con quercetina con una R=0.9958 con concentraciones de 0-35 ppm, (Sigma Aldrich, USA), los resultados fueron expresados en

miligramos equivalentes de quercetina mg EQ/100 g miel.

**Determinación de ABTS.** Mediante la decoloración del radical ABTS (Sigma-Aldrich, Canadá) se determinó la actividad antioxidante según lo descrito por [14], donde el radical ABTS 7 µM, se hizo reaccionar con persulfato de potasio 2.45 µM, en proporción 1:1, dejando la mezcla en agitación durante 16 horas en la oscuridad, cuando el radical se formó, se diluyó con etanol al 20% hasta alcanzar una absorbancia de 0.7 ± 0.01 a 734 nm. Una vez estabilizado el radical se colocaron 3 ml de este en un tubo de ensayo y se agregaron 100 µL del extracto de miel, se agitó y midió la absorbancia a los 10 minutos de reacción, se utilizó etanol al 20% como blanco. Los resultados fueron expresados en mg EAA/100 g de miel obtenidos de la curva de calibración con ácido ascórbico (REASOL).

**Determinación de DPPH.** Para la preparación de la solución de DPPH 0.2 Mm, se pesaron 7.8 mg de DPPH (Sigma Aldrich, USA) y se disolvieron en 100 mL de metanol al 80%, la mezcla se dejó en agitación en oscuridad durante dos horas para su completa disolución. En un tubo de ensayo se colocaron 2.5 mL de solución metanólica de DPPH y se hicieron reaccionar con 0.5 mL de solución de miel, la mezcla se dejó reposar en la oscuridad durante 30 minutos y se leyeron a una absorbancia de 515 nm. La actividad antioxidante se determinó usando una curva estándar con ácido ascórbico. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido ascórbico (mg EAA)/100 g de miel [15].

**Determinación de cantidad de selenio.** Se siguió la metodología de [16] en la que muestras de miel de 5 g fueron pesadas y colocadas en un horno a 120 °C durante 12 horas, después se añadieron 3 ml de ácido nítrico concentrado, posteriormente

se calentaron nuevamente en la mufla a 120 °C durante 15-16 horas. La muestra obtenida se disolvió en 5 ml de ácido clorhídrico 6 N y aforó a 25 ml con agua desionizada.

Las muestras se leyeron en un espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer AAnalyst 400, acoplado a un generador de hidruros Perkin Elmer HMS 15, usando una llama de aire-acetileno, argón como gas de acarreo y borohidruro de sodio como reactante, según las especificaciones de Perkin Elmer [17].

El análisis de resultados se realizó por un análisis de varianza (ANOVA). Utilizando la técnica de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia ( $p < 0.05$ ).

**Análisis estadístico.** Los resultados obtenidos se analizaron por medio de un análisis de varianza (ANOVA) utilizando un diseño completamente al azar por medio de una comparación de medias de

Tukey con una significancia del  $p < 0.05$  en el programa IBM SPSS statistics.

## RESULTADOS

**Compuestos bioactivos.** El análisis de compuestos fenólicos por medio de espectroscopia UV-Vis demostró que las mieles con mayor contenido de fenoles son las de Tehuetlán ( $98.39 \pm 2.97$  mg EAG/100 g miel) y Atotonilco ( $101.92 \pm 5.38$  mg EAG/100 g miel), mientras que la miel que menor contenido mostró fue la de San Felipe con una presencia de  $16.61 \pm 7.31$  mg EAG/100 g miel, tal como lo muestra la

**Tabla 2.** En la misma tabla se puede observar con respecto a los flavonoides que los valores más altos mostrados son en las mieles de Acaxochi y El Real con  $101.63 \pm 0.51$  y  $99.94 \pm 1.91$  mg EQ/100 g de miel respectivamente. Por otra parte, las muestras de obtenidas de Tehuetlán, El Real y Huejutla no presentan diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en cuanto a la presencia de compuestos

fenólicos, mientras que en el caso de los flavonoides las mieles de San Felipe, San Andrés, El Real y Tehuetlán son estadísticamente similares ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 2** Compuestos bioactivos en miel del estado de Hidalgo.

Miel	Fenoles (mg EAG/100 g)	Flavonoides (mg EQ/100 g)
San Felipe	$16.61 \pm 7.31^d$	$97.92 \pm 1.91^{ab}$
San Andrés	$27.06 \pm 2.24^d$	$97.03 \pm 1.94^{ab}$
Huautla	$48.25 \pm 5.18^c$	$95.90 \pm 0.19^b$
Acaxochi	$89.21 \pm 1.76^b$	$101.63 \pm 0.51^a$
Huejutla	$93.73 \pm 1.96^{ab}$	$95.68 \pm 0.85^b$
El Real	$94.01 \pm 1.69^{ab}$	$99.94 \pm 1.91^{ab}$
Tehuetlán	$98.39 \pm 2.97^{ab}$	$97.59 \pm 3.06^{ab}$
Atotonilco	$101.92 \pm 5.38^a$	$95.79 \pm 0.89^b$

\*Diferentes letras minúsculas representan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las mieles tratadas por el mismo método.

**Actividad Antioxidante.** En la **Tabla 3** se aprecia una alta tendencia de actividad antioxidante en las mieles de San Andrés y El Real tanto en la determinación por medio de inhibición del radical ABTS como DPPH. La única muestra que presenta diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) respecto a todas las demás en cuanto a la actividad

antioxidante determinada con el radical ABTS es la de San Andrés (357.19±6.96 mg EAA/100 g miel). Por otro lado, las muestras determinadas por DPPH que no presentan diferencias significativas ( $p>0.05$ ) son las muestras de El Real, Huejutla, Huautla y San Andrés.

de este mineral se encontró en la muestra de Huejutla con 145.85±0.35 µg/ Kg de miel. Estadísticamente las mieles de Atotonilco y Acaxochi no presentan ninguna diferencia significativa ( $p>0.05$ ), mientras que las de San Felipe y Huejutla son completamente diferentes ( $p<0.05$ ).

**Tabla 3** Actividad antioxidante en miel del estado de Hidalgo.

Miel	ABTS (mg EAA/100 g)	DPPH (mg EAA/100 g)
San Felipe	97.81±2.78 <sup>bc</sup>	41.09±1.39 <sup>d</sup>
San Andrés	357.19±6.96 <sup>a</sup>	154.01±3.84 <sup>abc</sup>
Huautla	183.23±2.89 <sup>b</sup>	109.12±0.66 <sup>abc</sup>
Acaxochi	138.44±3.55 <sup>bc</sup>	164.22±5.00 <sup>ab</sup>
Huejutla	42.60±0.65 <sup>c</sup>	71.70±1.36 <sup>abc</sup>
El Real	194.69±6.46 <sup>b</sup>	154.69±2.35 <sup>abc</sup>
Tehuacán	145.73±5.73 <sup>bc</sup>	211.16±6.64 <sup>a</sup>
Atotonilco	150.94±2.86 <sup>bc</sup>	64.90±2.15 <sup>cd</sup>

\*Diferentes letras minúsculas representan diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre las mieles tratadas por el mismo método.

**Tabla 4** Contenido de selenio en miel del estado de Hidalgo

Miel	Cont. de selenio (µg /Kg)
San Felipe	172.75±3.18 <sup>a</sup>
Tehuacán	163.4±0.28 <sup>ab</sup>
Huautla	160.15±0.49 <sup>bc</sup>
El Real	156.55±1.20 <sup>bcd</sup>
San Andrés	151.85±6.01 <sup>cde</sup>
Acaxochi	149.65±0.35 <sup>de</sup>
Atotonilco	148.50±2.69 <sup>de</sup>
Huejutla	145.85±0.35 <sup>e</sup>

\*Diferentes letras minúsculas representan diferencias significativas ( $p<0.05$ ) entre las mieles tratadas.

**Contenido de selenio.** El contenido de selenio determinado en las muestras (**Tabla 4**) indica una mayor cantidad en las mieles de San Felipe (172.75±3.18 µg/ Kg de miel) y Tehuacán (163.4±0.28 µg/ Kg de miel). En contraste la menor cantidad

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 2, el menor contenido de compuestos fenólicos se encuentra en la miel de San Felipe, la cual, de acuerdo con lo descrito en la Tabla 1 es la única

que presenta un origen monofloral con una principal fuente floral de cítricos, los cuales son la única especie vegetal que le aporta contenido de fenoles. Algunos autores que han determinado compuestos fenólicos [18,19] indican valores similares, sin embargo las mieles analizadas en el estado de Hidalgo muestran una tendencia ligeramente superior contra mieles de Burkina Fasso que tiene un promedio de  $78.38 \pm 20.54$  y un poco por debajo de la media en mieles de Eslovenia.

El comportamiento en el contenido de flavonoides nos indica valores superiores en la miel de Acaxochi en la que haciendo referencia a la Tabla 1 se sabe que su origen floral es muy variado y que proviene Coníferas, Rosaceas y Gramineas. Esto concuerda con lo que algunos autores refieren que la variación en el contenido de flavonoides depende de la fuente floral, región, estación del año y el lugar de recolección [20]. Otras

investigaciones en las que se obtienen flavonoides de miel por medio de extracción metanólica presentan resultados similares entre 90-110 mg EQ/100 g miel [20,21].

En referencia a la actividad antioxidante se pueden encontrar altos valores en la inhibición de los radicales ABTS Y DPPH por parte de la miel de San Andrés la cual tiene un origen floral de diferentes especies de acacias y leguminosas que le otorgan éstas propiedades. La mayoría de autores refieren que la mayor capacidad secuestrante de radicales libres se presenta en mieles con colores oscuros [6], de acuerdo a esto la miel de Tehuetlán con la tonalidad más oscura muestra un valor superior en cuanto a DPPH con un valor de  $211.16 \pm 6.64$  mg EAA/ 100 g de miel, investigaciones sobre miel de Irán y Portugal muestran resultados similares pero en mieles de Hidalgo algunas muestras presentan actividad antioxidante superior [6,22]. El contenido

de selenio en miel es muy bajo comparado con otros compuestos bioactivos ya que se encuentra en el orden de los microgramos, la cantidad presente en las muestras de miel del estado de Hidalgo se encuentra entre 172.75–185.85 µg/ Kg de miel, esta variación se genera por la fuente floral y la región donde se obtiene, especialmente por el tipo de suelo. Según el EC Scientific Committee of Food [23] el consumo diario recomendado de selenio en adultos sanos es de 55 µg al día, la miel se encuentra en valores similares a los alimentos vegetales en cuanto al contenido de este mineral como frutas y vegetales, varios autores refieren que los niveles de selenio, algunos minerales y elementos en traza tienen una dependencia botánica y geográfica, en las que mieles con una coloración clara presentan niveles bajos, en comparación con mieles oscuras [24]. Los valores de selenio obtenidos en este estudio presentan comportamientos similares a

estudios realizados por investigadores en Portugal que muestran valores entre 10 a 29 µg/100 g de miel, mientras que en Irán y Turquía presentan resultados con variaciones más grandes que van de 1 a 45 µg/100 g de miel los cuales tienen picos superiores a las mieles del estado de Hidalgo.

## CONCLUSIONES

La determinación de compuestos bioactivos demostró que se encuentran valores bajos en la miel monofloral de San Felipe en cuanto a fenoles totales. Mientras que para flavonoides fue la segunda de más bajo nivel, sin embargo, se cuenta con una presencia considerablemente buena de manera general en el contenido de fenoles totales para todas las mieles. La alta actividad antioxidante mostrada en las muestras analizadas está relacionada directamente con la coloración de la miel por lo que las

mieles con más altos valores como San Andrés y Tehuetlán presentan una coloración más intensa generando una amplia diferencia con mieles de color claro. El contenido de selenio presenta un comportamiento homogéneo con valores más altos en mieles de fuentes vegetales con suelos ricos en minerales tal como lo indican investigaciones realizadas por otros autores. Debido a lo anterior, se puede concluir que la miel de San Andrés es la mejor en cuanto a su actividad antioxidante, también cuenta con alto contenido de flavonoides y una presencia de selenio media, siendo la más completa en las muestras analizadas que en general tienen buenas propiedades nutricionales y biotecnológicas para su consumo por la población.

## RECOMENDACIONES

Posteriormente se analizarán mayor número de muestras para confirmar los

resultados obtenidos, así como se realizarán pruebas para determinar si existe una correlación entre los **compuestos bioactivos analizados.**

## REFERENCIAS

- [1] Bogdanov, S., Jurendic, T., Sieber, R., & Gallmann, P. (2008). Honey for nutrition and health: a review. *J Am Coll Nutr*, 27(6), 677-689.
- [2] Meo, S. A., Al-Asiri, S. A., Mahesar, A. L., & Ansari, M. J. (2017). Role of honey in modern medicine. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 24(5), 975978. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2016.12.010>
- [3] Gil, Á. (2010). *Tratado de nutrición* (2 ed.). Madrid: Médica Panamericana.
- [4] Ruiz-Navajas, Y., Viuda-Martos, M., Fernández-López, J., Zaldivar-Cruz, J. M., Kuri, V., & Pérez-Álvarez, J. Á. (2011). Antioxidant activity of artisanal honey from Tabasco, Mexico. *International Journal of Food Properties*, 14(2), 459-470.
- [5] Rodriguez, B. A., Mendoza, S., Iturriga, M. H., & Castano-Tostado, E. (2012). Quality parameters and antioxidant and antibacterial properties of some Mexican honeys. *J Food Sci*, 77(1), C121-127. doi: 10.1111/j.1750-3841.2011.02487.x

- [6] Muhammad, A., Odunola, O. A., Gbadegehin, M. A., Sallau, A. B., Ndidi, U. S., & Ibrahim, M. A. (2015). Inhibitory effects of sodium arsenite and acacia honey on acetylcholinesterase in rats. *Int J Alzheimers Dis*, 2015, 903603. doi: 10.1155/2015/903603
- [7] Hossen, M. S., Ali, M. Y., Jahurul, M. H. A., Abdel-Daim, M. M., Gan, S. H., & Khalil, M. I. (2017). Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: A review. *Pharmacological Reports*, 69(6), 11941205. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2017.07.002>
- [8] Estevinho, L., Pereira, A. P., Moreira, L., Dias, L. G., & Pereira, E. (2008). Antioxidant and antimicrobial effects of phenolic compounds extracts of Northeast Portugal honey. *Food and Chemical Toxicology*, 46(12), 3774-3779. doi: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2008.09.062>
- [9] Solayman, M., Islam, M. A., Paul, S., Ali, Y., Khalil, M. I., Alam, N., & Gan, S. H. (2016). Physicochemical Properties, Minerals, Trace Elements, and Heavy Metals in Honey of Different Origins: A Comprehensive Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 219-233. doi: 10.1111/1541-4337.12182
- [10] Papp, L. V., Lu, J., Holmgren, A., & Khanna, K. K. (2007). From selenium to selenoproteins: synthesis, identity, and their role in human health. *Antioxid Redox Signal*, 9(7), 775-806. doi: 10.1089/ars.2007.1528
- [11] Costa-Silva, F., Maia, M., Matos, C. C., Calçada, E., Barros, A. I. R. N. A., & Nunes, F. M. (2011). Selenium content of Portuguese unifloral honeys. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(3), 351-355. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.09.019>
- [12] Zachara, B. A. (2015). Chapter Five - Selenium and Selenium-Dependent Antioxidants in Chronic Kidney Disease. In G. S. Makowski (Ed.), *Advances in Clinical Chemistry* (Vol. 68, pp. 131-151): Elsevier.
- [13] Collery, P. (2018). Strategies for the development of selenium-based anticancer drugs. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2018.02.024>
- [14] Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent *Methods in Enzymology* (Vol. 299, 152-178): Academic Press.
- [15] Aryouet-Grand, A., Vennat, B., Pouratt, A., & Legret, P. (1994). Standardisation and identification of propolis at principal constituents. *Journal de pharmacie de Belgique*, 49, 462-468.
- [16] Re, R., Pellegrini, N., Proteggente,

- A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9), 1231-1237. doi:[https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3)
- [17] Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. doi:[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- [18] Pohl, P. (2009). Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(1), 117-128. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.09.015>
- [19] Perkin, E. (2006). *Mercury Hydride System, Users guide* (I. Perkin Elmer Ed.). Singapore.
- [20] Meda, A., Lamien, C. E., Romito, M., Millogo, J., & Nacoulma, O. G. (2005). Determination of the total phenolic, flavonoid and proline contents in Burkina Fasan honey, as well as their radical scavenging activity. *Food Chemistry*, 91(3), 571-577. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.10.006>
- [21] Bertoneclj, J., Doberšek, U., Jamnik, M., & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chemistry*, 105(2), 822-828. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.01.060>
- [22] Mouhoubi-Tafinine, Z., Ouchemoukh, S., & Tamendjari, A. (2016). Antioxydant activity of some algerian honey and propolis. *Industrial Crops and Products*, 88, 85-90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.02.033>
- [23] Ferreira, I. C. F. R., Aires, E., Barreira, J. C. M., & Estevinho, L. M. (2009). Antioxidant activity of Portuguese honey samples: Different contributions of the entire honey and phenolic extract. *Food Chemistry*, 114(4), 1438-1443. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.028>
- [24] Ghorbani, M., Saei-Dehkordi, S. S., Mohebbi, A., & Pak, A. (2017). Evaluation of Some Chemical Quality Characteristics of Honey Produced in Iran. *Journal of Food Quality and Hazards Control*, 4(4), 113-118.

