

EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS TOTALES E HIDROXIMETILFURFURAL DE DIFERENTES MIELES DE LA PROVINCIA DE JUJUY

CONTENT EVALUATION OF TOTAL PHENOLIC AND HYDROXYMETHYL FURFURAL COMPOUNDS OF DIFFERENT HONEYS FROM JUJUY PROVINCE

Fredy Antonio Caleb Díaz, Rafael Augusto Colqui¹, Magali Verónica Méndez^{2*} y Valeria Fernanda Rozo^{*}

¹Cátedra de Bromatología II. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy. Jujuy, Argentina. (C.P. 4600)

²Instituto de Ecorregiones Andinas (INECOA), Universidad Nacional de Jujuy - CONICET, Laboratorio de Palinología. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Jujuy (UNJu). Alberdi N° 47, San Salvador de Jujuy. Jujuy, Argentina. (C.P. 4600)

*Autor para correspondencia:
valeriafernandarozo@gmail.com
magalivmendez@gmail.com

Licencia:
[Licencia Creative Commons](#)
[Atribución-NoComercial-](#)
[CompartirIgual 4.0 Internacional](#)

Período de Publicación:
Julio 2021

Historial:
Recibido: 18/03/2021
Aceptado: 25/06/2021

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de hidroximetilfurfural y compuestos fenólicos totales presente en mieles artesanales de diferentes regiones de la Provincia de Jujuy con el fin de contribuir en su caracterización. Para ello, se analizó un total de 32 muestras provenientes de las regiones de Quebrada, Valles y Yungas, como así también, mieles comerciales para su comparación.

Los valores encontrados de hidroximetilfurfural en mieles artesanales y comerciales no superan los niveles máximos permitidos por el Código Alimentario Argentino (40 mg HMF/Kg miel). Se registró 6,86 mg/Kg para la región Quebrada, 17,89 mg/Kg para la región Yungas y 29,98 mg/Kg para la región Valles. Mientras que las mieles comerciales presentaron un promedio de 31,66 mg/Kg.

Con respecto al contenido de compuestos fenólicos totales, las mieles provenientes de las regiones Yungas (94,7 mg AGe/100 g) y Valles (83,10 mg AGe/100 g) registraron valores mayores a los contenidos en mieles comerciales (77,41 mg AGe/100 g).

Como conclusión se puede decir que el bajo contenido de hidroximetilfurfural en mieles artesanales refleja el buen manejo de la miel durante la recolección y almacenamiento realizado por los apicultores, y el alto contenido de compuestos fenólicos totales podría atribuir propiedades benéficas a la miel. Estas conclusiones destacan el potencial apícola de la provincia, que debería ser mejor explotado para poder competir en los mercados nacionales e internacionales.

Palabras clave: compuestos fenólicos totales, hidroximetilfurfural, miel

SUMMARY

The objective of this work was to evaluate the hydroxymethylfurfural content and total phenolic compounds present in artisanal honeys from different

regions in Jujuy province in order to contribute to their characterization. A total of 32 samples from the Quebrada, Valles and Yungas regions as well as commercial honey for comparison were analyzed.

Hydroxymethylfurfural values found in artisanal and commercial honeys do not exceed the maximum levels allowed by the Argentine Food Code (40 mg HMF / Kg honey). 6.86 mg / Kg for the Quebrada region, 17.89 mg / Kg for the Yungas region and 29.98 mg / Kg for the Valles region were recorded. While the commercial honeys presented an average of 31.66 mg / Kg.

Regarding the content of total phenolic compounds, honeys from the Yungas (94.7 mg AGe / 100 g) and Valleys regions (83.10 mg AGe / 100 g) registered higher values than those in commercial honeys (77, 41 mg AGe / 100 g).

In conclusion, it can be said that hydroxymethylfurfural low content in artisan honeys reflects beekeepers' good handling of honey during collection and storage, and total phenolic compounds high content could attribute beneficial properties to honey. These conclusions highlight the province's beekeeping potential, which should be better exploited in order to compete in national and international markets.

Keywords: hydroxymethylfurfural, honey, total phenolic compounds

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista químico, “la miel es una solución concentrada de azúcares reductores y cantidades menores de otros carbohidratos, proteínas, aminoácidos, ácidos orgánicos, enzimas, vitaminas y minerales” (Cabrera *et al.*, 2017). También se ha encontrado que contiene pigmentos tales como carotenoides, componentes volátiles y polifenoles.

Los compuestos fenólicos están directamente involucrados en el color de la miel, principalmente a través de los flavonoides. El néctar de las plantas es una fuente de compuestos fenólicos. El tipo y la concentración de compuestos fenólicos son los principales determinantes de las propiedades bioactivas de la miel. Se considera que estos compuestos reducen el riesgo del daño oxidativo en las células y numerosos estudios muestran su papel como antioxidantes. Por lo tanto, los compuestos fenólicos de la miel confieren a este producto posibles efectos protectores contra diversas enfermedades como cáncer, arteriosclerosis, infección e inflamación (Cabrera *et al.*, 2017).

La miel artesanal, es un producto que no ha sido sometido a ningún proceso industrial o químico, que altere sus propiedades naturales; el proceso consiste en una extracción manual en frío, posterior filtrado mecánico y decantación por gravedad. Este tipo de miel suele denominarse como miel cruda.

Por su gran valor nutricional y sabor único, está siendo cada vez más aceptada por los consumidores, utilizándose muchas veces en lugar de otros edulcorantes. Sin embargo, la adulteración de la miel para abaratar sus costos ha sido reportada en la literatura (González *et al.*, 1998; Kerkvliet & Meijeier, 2000). Por esta razón varios países han implementado estrictos estándares para la miel comercializada, incluyendo propiedades físicas, botánicas y químicas. Muchas técnicas han sido utilizadas para conocer el origen botánico y la composición química de las mieles.

La cuantificación del hidroximetilfurfural (HMF) ha sido descrita como una técnica esencial para determinar la frescura y una posible adulteración de la miel. El hidroximetilfurfural es un aldehído cíclico que se forma a temperatura ambiente por

deshidratación de la fructuosa en medio ácido (valor medio de pH 3,9), proceso que se acelera con el calentamiento o almacenamiento a elevadas temperaturas (Juan Esteban, 2001).

Existen pocos estudios que caracterizan la miel de las regiones de la provincia de Jujuy en términos de sus atributos fisicoquímicos (Ríos *et al.*, 2014; Colqui *et al.*, 2019). Sin embargo, estas regiones muestran una gran diversidad de especies nativas de interés melífero (Sánchez & Lupo, 2011, 2016, 2017; Burgos & Sánchez, 2014, 2015; Méndez *et al.*, 2016, 2018; Méndez, 2019). La mantención de apiarios en comunidades nativas ayuda a optimizar la polinización cruzada, posibilitando así la mayor producción de semillas viables que aseguren la sobrevivencia de las especies (Montenegro *et al.*, 2003).

La estructura de la producción apícola en Jujuy está formada por muchos pequeños apicultores, algunos integrados ya en modelos asociativos. Los mismos son la base para lograr un volumen importante de producción y economía de escala que permita a estos pequeños productores llegar a mercados que valoren la calidad y las características particulares de los productos obtenidos en la provincia. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar el contenido de compuestos fenólicos totales e hidroximetilfurfural de mieles de las regiones de los Valles, Quebrada y Yungas, con el fin de contribuir a su caracterización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras

Se analizaron un total de 32 muestras correspondientes a las cosechas de los meses de enero a mayo de 2019; 10 son provenientes de la región Quebrada, 8 de la región Valle, 7 de la región Yungas y 7 comerciales. Las muestras de mieles artesanales producidas en las diferentes ecorregiones de la provincia fueron suministradas por el Laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias Agrarias. Con respecto a las muestras de mieles comerciales, fueron seleccionadas de forma aleatoria en los principales comercios de la

provincia. Los análisis se realizaron por duplicado.

Hidroximetilfurfural

Para cuantificar el contenido de HMF, se siguió la metodología propuesta por White (1979) citada por Montenegro *et al.*, (2003) con modificaciones.

El procedimiento consiste en transferir 5 g de miel a un vaso de precipitado de 50 mL junto con 25 mL de agua destilada, agitando con vórtex. Se agrega 0,5 mL de solución Carrez I ($K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$, 15% p/v), 0,5 mL de solución Carrez II ($Zn(CH_3CO_2)_2 \cdot 2H_2O$, 30% p/v) y unas gotas de alcohol etílico. Se mezcla y se lleva a volumen final de 50 mL con agua destilada. La solución se filtra con papel Whatman Nº 2, eliminando los primeros 10 mL del filtrado. En dos tubos de ensayo se colocan 4 mL de filtrado en cada uno. Se agrega 4 mL de agua destilada en uno (muestra) y 4 mL de solución de $NaHSO_3$ 0,2% p/v en el otro (blanco de referencia). Se mezcla bien y se mide la densidad óptica de la muestra contra la referencia a 284 nm y 336 nm. Para realizar la lectura se utilizó un espectrofotómetro BIOTRAZA MODEL 752.

La concentración de HMF, en mg/Kg miel, se calcula con la siguiente fórmula:

$$HMF \text{ (mg/Kg)} = \frac{(AM284 - AT284) - (AM336 - AT336) \times 149,7 \times 5}{\text{Peso de muestra}}$$

Donde:

AM284: Absorbancia de la muestra a 284 nm

AT284: Absorbancia del testigo a 284 nm

AM336: Absorbancia de la muestra a 336 nm

AT336: Absorbancia del testigo a 336 nm

149,7: Factor para expresar el resultado en mg/Kg de miel

Compuestos fenólicos totales

La determinación de compuestos fenólicos totales se realizó utilizando el reactivo de Folin Ciocalteu siguiendo la metodología propuesta por Ciappini *et al.*, (2013) con modificaciones.

El procedimiento consiste en pesar $4 \pm 0,01$ g de miel, que se llevan a 25 mL con agua; a 1 mL de esta solución se le adiciona 10 mL de agua destilada y 1 mL de solución de Folin-Ciocalteu (1:2), agitando suavemente y dejando reposar durante dos minutos. Posteriormente, se agregan 2 mL de solución de carbonato de sodio al 10% y se completa a volumen con agua (25 mL). Luego de reposar 2 horas a temperatura ambiente, se lee la absorbancia de la solución a 760 nm. Se utilizó un espectro fotómetro SPECTRUM SP 1103.

Los resultados se expresan como mg de ácido gálico equivalente (AGe) en 100 g de miel, de acuerdo a la curva de calibración obtenida con el estándar (1,6 - 8 mg/L).

Análisis melisopalinológico

Para contribuir a la interpretación de los resultados de los compuestos fenólicos totales se determinó el origen botánico de las muestras a partir del análisis melisopalinológico.

El análisis fue efectuado por personal del laboratorio de Análisis Palinológicos de la Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Jujuy), a partir de la técnica propuesta por Louveau *et al.*, (1978), en el marco del proyecto SECTER-UNJu "Caracterización de mieles de la Provincia de Jujuy". Resolución R.N° 2928/2017.

Análisis estadístico

Se realizaron las medidas de resumen, gráficos de cajas y gráficos de barras utilizando el programa "INFOSTAT" (Di Rienzo *et al.*, 2017). Para la determinación de la relación entre el origen botánico y el contenido de compuestos fenólicos se aplicó un análisis de correspondencia a partir del programa PAST (Hammer *et al.*, 2001). Además, se realizó un análisis de regresión simple para relacionar la riqueza polínica y el contenido de compuestos fenólicos totales a través del programa RStudio (RStudio, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hidroxiacetilfurfural

Los valores encontrados de hidroxiacetilfurfural en mieles artesanales y comerciales no superan los niveles máximos permitidos por el Código Alimentario Argentino (40 mg HMF/Kg miel). Se registró 6,86 mg/Kg para la región Quebrada, 17,89 mg/Kg para la región Yungas y 29,98 mg/Kg para la región Valles. Mientras que las mieles comerciales presentaron un promedio de 31,66 mg/Kg (Fig. 1).

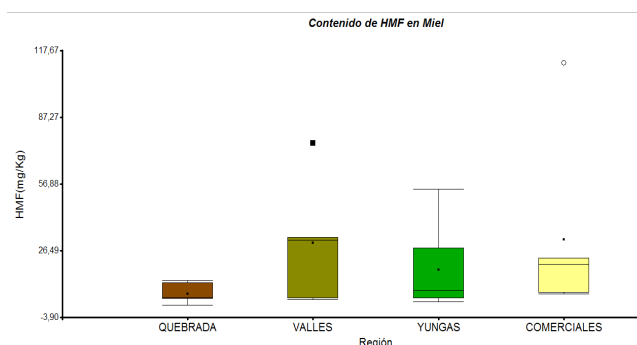


Figura 1. Contenido de hidroxiacetilfurfural (HMF) en mieles de diferentes regiones de la Provincia de Jujuy y mieles comerciales.

Se realizó un ANOVA y una prueba de t (tabla 1 y 2) para observar si existen diferencias significativas entre los valores obtenidos. Teniendo como referencia el p valor, podemos decir que no existe una diferencia significativa.

Tabla 1. Análisis de la varianza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1824,5	2	912,25	2,88	0,081
Región	1824,5	2	912,25	2,88	0,081
Error	6025,38	19	317,13		
Total	7849,88	21			

Tabla 2. Prueba de t

Clasificación	Variable	Grupo 1	Grupo 2	Media (1)	Media (2)	p-valor
Región	HMF (mg/Kg)	Comerciales	Quebrada	31,67	6,86	0,192
Región	HMF (mg/Kg)	Comerciales	Valles	31,67	29,98	0,9329
Región	HMF (mg/Kg)	Comerciales	Yungas	31,67	17,89	0,469
Región	HMF (mg/Kg)	Quebrada	Valles	6,86	29,98	0,0849
Región	HMF (mg/Kg)	Quebrada	Yungas	6,86	17,89	0,2466
Región	HMF (mg/Kg)	Valles	Yungas	29,98	17,89	0,3893

La variación del contenido de hidroximetilfurfural entre las mieles artesanales podría deberse a las distintas condiciones ambientales durante las extracciones. En este sentido, estudios realizados en mieles provenientes de zonas más cálidas han demostrado que las mismas poseen un mayor contenido de HMF (Bosch Calls y Serra Bonvehi, 1986; Mungoi, 2008).

Los valores obtenidos son similares a los reportados por Subovsky *et al.*, (2004) en mieles del nordeste argentino, que varió entre 1,2 y 30 mg/Kg, donde señalan que la variación del contenido de HMF podría deberse tanto a la época de cosecha como la forma de recolección.

Con respecto a las mieles comerciales, presentan mayor contenido de HMF que las mieles artesanales, esto podría deberse a los diferentes métodos de producción que se utilizan para su obtención. Las mieles comerciales a diferencia de las artesanales, son sometidas a la pasteurización para conseguir que esta no cristalice; cuyo proceso consiste en calentar a temperatura superior a 60°C durante 15 minutos, si bien este proceso permite alargar su vida de anaquel, reduce la calidad de las mieles con respecto a este parámetro.

Compuestos fenólicos totales

El contenido promedio de compuestos fenólicos totales (mg AGe/100 g) de las muestras de la región Yungas es de 94,7, en la región Valles es de 83,10

y en la región Quebrada es de 59,40. El máximo valor encontrado es de 220,64 mg AGe/100 g, en miel perteneciente a la región Yungas, mientras que el valor mínimo es de 31,64 mg AGe/100 g correspondiente a miel de la región Valles. En cambio, las mieles comerciales estudiadas presentaron una media de 77,41 mg AGe/100 g, superando este valor sólo a las mieles provenientes de la región Quebrada (Fig. 2).

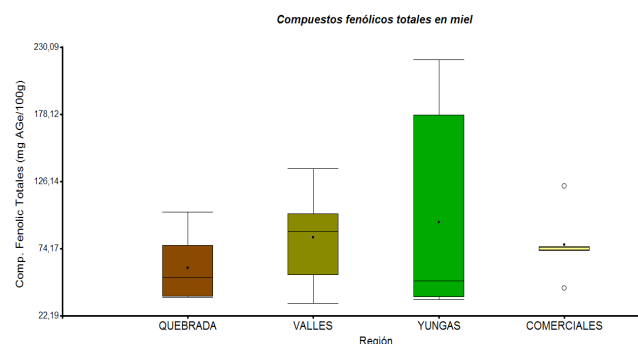


Figura 2. Gráfico de cajas correspondiente al contenido de compuestos fenólicos totales para las muestras de las regiones Quebrada, Valles, Yungas y Comerciales

Los valores cuantificados para las muestras de mieles artesanales son mayores que los encontrados en mieles chilenas (0-8,82 mg de AGe/100g) (Muñoz *et al.*, 2007), en mieles monoflorales de Cuba (23,36 – 59,58 mg AGe/100 g de miel) (Castro Cruz, 2015) y en mieles españolas donde el promedio es de 45,43 mg AGe/100 g de miel (Moreno, 2009). Estos valores, más bien, se asemejan a los reportados en mieles monoflorales de la región Pampeana (Ciappini *et al.*, 2013) que comprende valores entre

40,30 y 193,03 mg AGE/100 g, y a mieles de distintas regiones de Bolivia (55,86 y 267,51 mg AGE/100 g de miel) (Quino & Alvarado, 2017). Sin embargo, son menores que los valores reportados en mieles peruanas donde se encontró entre 83,15 y 207 mg AGE/100 g de miel (Muñoz et al., 2014). Estas variaciones en relación a otros países y regiones, podrían corresponderse a las características de la flora de origen de las mieles.

Análisis melisopalínológico

De acuerdo al análisis melisopalínológico de las muestras de miel artesanal, se identificaron un total de 67 tipos polínicos, 17 a nivel de familia, 32 a nivel de género, 11 a nivel de especie, 2 a nivel de tipo (es decir, que tiene cierta afinidad morfológica por un género o especie), 1 a nivel de tribu, 1 a nivel de clase y 2 indeterminados.

En relación a las familias botánicas mejor representadas fueron Asteraceae y Fabaceae, resultados que coinciden con lo obtenido en mieles tanto maduras como inmaduras y polen corbicular en áreas similares, estudiadas en la provincia de Jujuy (Sánchez & Lupo 2011; Burgos & Sánchez 2014; Burgos et al., 2015; Méndez et al., 2016, 2018).

En muestras de la región de Yungas los tipos polínicos que presentaron mayor abundancia relativa (AR%) son *Clematis* sp., *Salix humboldtiana* y *Citrus* sp. Mientras que, para la región de Valles se presentan *Eucalyptus* sp, *Salix humboldtiana*, *Parapiptadenia excelsa*, *Allophylus edulis* y *Baccharis* sp. En muestras de mieles de la Quebrada se pudieron identificar a tipos polínicos como, Brassicaceae, Asteraceae, *Prosopis* sp., Fabaceae, *Schinus* sp., *Plantago* sp., entre los más abundantes.

Análisis de regresión simple: riqueza polínica vs compuestos fenólicos

Se realizó un análisis de regresión simple para estudiar la relación entre el contenido de

compuestos fenólicos totales y la riqueza polínica presentes en las mieles de diferentes regiones de la provincia de Jujuy (Tabla 3).

Tabla 3. Modelo de regresión lineal simple. Coeficientes y estimadores para muestras de miel de las distintas regiones de Jujuy.

Modelo	Var. Respuesta	Var. Explicativas	Error			p-valor
			Estimador (B)	Std	Valor (t)	
PT	Polifenoles totales mg AgE/100g	Intercepto	143,004	38,808	3,762	0,00132 **
		Riqueza Polínica	-5,795	2,974	-1,949	0,06623

El modelo de regresión simple planteado no llega alcanzar un p valor significativo (p= 0.06623) para un nivel de la significancia de 0,05.

Como se muestra en la Fig. 3, los valores más altos de compuestos fenólicos totales corresponden a 2 muestras de miel de la región de Yungas (220,64 mg AGE/100 g y 177 mg AGE/100 g), donde se identificaron entre 8 y 10 tipos polínicos. A su vez, se observó que una muestra de miel de la región de los Valles, con menor riqueza polínica (7 tipos polínicos), contiene un contenido de compuestos fenólicos inferior a 100 mg AGE/100g de miel (96,43 mg AGE/100 g miel). De la misma manera, una muestra de miel en donde se contabilizaron 19 tipos polínicos, registró un valor de 101,33 mg AGE/100 g de miel. Además, en el gráfico se pueden visualizar 3 puntos, correspondientes a 3 muestras de miel de la región de Quebrada, todas ellas contabilizan 9 tipos polínicos cada una, de diferentes fuentes florales, y su contenido de polifenoles totales es variable (entre 36,58mg y 102mg AGE/100 g de miel). Con los resultados obtenidos, se podría mencionar

que la cantidad de polifenoles totales presentes en las muestras de miel variarían de acuerdo al origen floral y su procedencia (Al *et al.*, 2009; Muñoz *et al.*, 2014; Patrignani *et al.*, 2016; Sánchez Chino *et al.*, 2019). Otros factores que estarían involucrados serían aquellos referentes a su ambiente, como la radiación ultravioleta, humedad, ataque de microorganismos, entre otros, a los que haya sido sometida la planta (Castro Cruz, 2015).

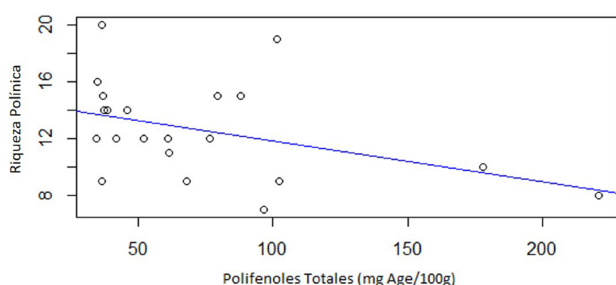


Figura 3. Representación del modelo de regresión simple compuestos fenólicos vs riqueza polínica.

CONCLUSIÓN

El contenido de HMF de las mieles artesanales de las diferentes regiones de la Provincia de Jujuy es menor que el máximo establecido por el Código Alimentario Argentino (40 mg HMF/Kg de miel). Aunque las condiciones de humedad y temperatura ambiente podrían favorecer el aumento del contenido de HMF, principalmente las mieles provenientes de la región Yungas, las concentraciones de dicho componente reflejan el buen manejo durante la recolección y almacenamiento realizado por los apicultores.

Por otra parte, el alto contenido de compuestos fenólicos totales en mieles de la región Yungas y Valles es un hallazgo que resalta las propiedades benéficas que pueden presentar estos productos. Para ello, es necesario continuar evaluando otras propiedades de la miel como por ejemplo su poder antioxidante y antimicrobiano.

Estas conclusiones destacan el potencial apícola de la provincia, que debería ser mejor explotado

para poder competir en los mercados nacionales e internacionales.

AGRADECIMIENTOS

Al laboratorio de Palinología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Jujuy por proporcionar las muestras de miel para su estudio y por realizar los análisis melisopolinológico. Como así también, a la Dra. Silvia Maldonado, por la buena predisposición para colaborar con sus equipos de laboratorio, y un especial agradecimiento a los revisores que a partir de sus observaciones contribuyeron a mejorar en la redacción del artículo.

BIBLIOGRAFÍA

- Al, M., Daniel, D., Moise, A., Bobis, O., Laslo, L., Bogdanov, S. (2009). Physico-chemical and bioactive properties of different floral origin honeys from Romania. *Food chemistry*. 112:863-867.
- Bosch Callis, J. & Serra Bonvehí, J. 1986. Evolución del contenido de hidroximetilfurfural en las mieles procesadas y situadas en el mercado español. *Alimentaria* 23 (175): 59-61.
- Burgos, M. & Sánchez, A. (2014). Preferencias alimenticias en las mieles inmaduras de *Apis mellifera* en el Chaco Serrano (Jujuy, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 49 (1): 41-50.
- Burgos, M., Sánchez, A., Lupo, L. (2015). Análisis polínico de cargas corbiculares de *Apis mellifera* del Chaco Serrano, Jujuy (Argentina); *Fundacion Miguel Lillo; Lilloa*; 52; 1; 6-2015; 3-11
- Cabrera, M.; Pérez, M.; Gallez, A.; Andrada, A.; Balbarrey, G. (2017). Color, capacidad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides en mieles de la Región del Chaco Húmedo, Argentina. *Rev. Internacional de Botánica Experimental* 86: 124-130.

- Castro Cruz, (2015). Evaluación de indicadores para la diferenciación de mieles provenientes de la Zona Cafetera De La Sierra Nevada De Santa Marta. Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia.
- Ciappini, M.; Stoppani, F.; Martinet, R.; Álvarez, M. (2013). Actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos y flavonoides en mieles de tréboles, eucalipto y alfalfa. *Rev. Cienc. Tecnol* 15: 45-51.
- Colqui, R; Rozo, V.; Velásquez, D.; Sánchez, A. (2019). Primeros resultados de la caracterización fisicoquímica de mieles producidas en Quebrada de Humahuaca, Jujuy, Argentina. *Agraria*, Vol. XII, N° 19, 24 – 31.
- Di Rienzo, J.; Casanoves, F.; Balzarini, M.; Gonzalez, L.; Tolaba, M.; Robledo, C. (2017). "InfoStat versión 2017". Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Versión electrónica para la web: <http://www.infostat.com.ar>.
- González, I., Marques, E., Sánchez, J., González, B. (1998). Detection of honey adulteration with beet sugar using stable isotope methodology. *Food Chemistry* 61: 281-286.
- Hammer, O., Harper, D. Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 9 pp. Disponible en: <http://folk.uio.no/ohammer/past/>.
- Juan Esteban, T. (2001). Identificación y cuantificación de flavonoides en mieles españolas de diferentes orígenes botánicos y geográficos. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza.
- Kerkvliet, J., Meijeier, H. (2000). Adulteration of honey: relation between microscopic analysis and $\delta^{13}C$ measurements. *Apidologie* 31: 717-726.
- Louveaux, J., Maurizio, A. & Vorwohl, G., (1978). Methods of Melisopalynology. *Bee World* 59 (4): 139-157.
- Méndez, M., Sánchez, A., Flores, F., Lupo, L. (2016). Análisis polínico de mieles inmaduras en el sector oeste de las yungas de Jujuy (Argentina); Sociedad Argentina de Botánica; Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica; 51; 3; 6-2016; 449-462
- Méndez, M., Sánchez, A., Flores, F., Lupo, L. (2018). Recurso polinífero utilizado por *Apis mellifera* L. (Himenóptera: Apidae) en un área de bosque subtropical del noroeste de Argentina; Universidad Nacional de Costa Rica; *Revista de Biología Tropical*; 66; 3; 9-2018; 1182-1196
- Méndez, M. (2019). Caracterización botánica y geográfica del flujo polínico en mieles y polen corbicular de colmenas productivas de *Apis mellifera* L. en las Yungas de Salta y Jujuy. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
- Montenegro, G.; Pizarro, R.; Ávila, G.; Castro, R.; Ríos, C.; Muñoz, O.; Bas, F.; Gómez, M. (2003). Origen botánico y propiedades químicas de las mieles de la región mediterránea árida de Chile". *Rev. Ciencia e Investigación Agraria* 30: 161-174.
- Moreno A., (2009). Influencia de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad físico-química y biológica de la miel. Tesis doctoral. Universidad de Zaragoza.
- Mungoi, E., (2008). Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Muñoz, O.; Copaja, S.; Speisky, H.; Peña, R.; Montenegro, G. (2007). Contenido de flavonoides y compuestos fenólicos de mieles chilenas e índice antioxidante. *Quim. Nova* 4: 848-851.

- Muñoz, A., Ureta C., Blanco Basco T., Castañeda Castañeda B., Quiroz J., Yarasca A. (2014). Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en mieles peruanas de diferentes fuentes florales. *Revista de la Sociedad Química de Perú* Vol 80 N° 4.
- Patrignani M., Lupano C., Conforti P. (2016). Color, cenizas y capacidad antioxidante de mieles de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía* Vol 115: 77-82.
- Quino L. & Alvarado J. (2017). Capacidad antioxidante y contenido fenólico total de mieles de abeja cosechada en diferentes regiones de Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés. *Rev. Bol. Quim* 34(3): 65-71.
- Ríos, F., Sánchez, A., Lobo, M., Lupo, L., Coelho, I., Castanheira, I., Samman, N. (2014). A chemometric approach: Characterization of quality and authenticity of artisanal honeys from Argentina. John Wiley & Sons Ltd; *Journal Of Chemometrics*; 28; 12; 12-2014; 834-843
- (RStudio, 2020) R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <https://www.R-project.org/>.
- Sánchez, A. & Lupo, L. (2011). Origen botánico y geográfico de las mieles de El Fuerte, Departamento de Santa Bárbara, Jujuy, Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 46(1-2), 105-111.
- Sánchez, A. & Lupo, L. (2016). Caracterización de Miel de la Provincia de Jujuy: Zona I Prepuna. *Rev. Bol. Soc. Argen. Bot.* 51: 441-448.
- Sánchez, A. & Lupo, L. (2017). Pollen analysis of honeys from the northwest of Argentina: Province of Jujuy; Taylor & Francis; *Grana*; 56; 6; 3-4-2017; 462-474.
- Sánchez Chino, X., Jiménez Martínez, C., Ramírez Arriaga, E., Martínez Herrera, J., Corzo Ríos, L., Godínez García, L. (2019). Actividad antioxidante y quelante de metales de las mieles de *Melipona beecheii* y *Frieseomelitta nigra* originarias de Tabasco, México. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores, Plantel Zaragoza. TIP. *Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, vol. 22.
- Subovsky, Martha J.; Sosa López, Ángela; Castillo, Alicia; Cano, Nelly. (2004). Evaluación del contenido de hidroximetilfurfural en mieles del nordeste argentino. *Agrotecnia* 12
- White, J.; Kushnir, I & Doner, L. (1979). Charcoal Column/Thin Layer Chromatographic Method for High Fructose Corn Sirup and Spectrophotometric Method for Hydroxymethylfurfural in Honey: Collaborative Studies. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 62(4): 921-927.

