

Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas: Revisión Sistemática de Literatura

Factors That Determine the Physicochemical Properties of Bee Honey: a Systematic Literature Review

Oscar Iván Campo Barrera^{ac}, Gustavo Adolfo Hincapié Llanos^{ad}

^a Programa de Maestría en Ciencias Naturales y Matemática, Escuela de Ingeniería, Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia

^c oscarivan.campo@upb.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-2503-2995>

^d gustavo.hincapie@upb.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-5375-4776>

Citation: Campo Barrera, O. I. e Hincapié Llanos, G. A. (2023). Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas: Revisión Sistemática de Literatura. *Mutis*, 13(1). 1-28.
<https://doi.org/10.21789/22561498.1851>

Recibido: 28 de febrero del 2022

Aceptado: 15 de mayo del 2022

Copyright: © 2023 por los autores.

Licenciado para *Mutis*. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

RESUMEN

La miel de abeja es una compleja mezcla de carbohidratos y de otros compuestos naturales elaborados por diferentes especies del género de abejas *Apis*, entre ellas, *Apis mellifera*. La importancia de este suplemento dietético potencial se debe a los beneficios terapéuticos, profilácticos, cosméticos y nutricionales como resultado de sus propiedades fisicoquímicas. Por consiguiente, el objetivo que se planteó en esta propuesta investigativa fue el análisis de los factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas. Para ello, se realizó una revisión sistemática de literatura (RSL) utilizando bases de datos, tales como: Scopus, SciELO y Redalyc. La categoría de análisis que se definió fue las publicaciones científicas relacionadas con los factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas. La información obtenida se organizó en una matriz en Excel, y el procesamiento se hizo en el software de minería de texto Vantage Point; para correlacionar las variables y condensar el análisis de los resultados mediante tablas. Los factores determinantes más importantes encontrados fueron: fuente floral, origen botánico, origen geográfico, néctar, clima, tiempo de maduración, condiciones biofísicas de la región, especie de abeja, procesamiento y condiciones de almacenamiento. En conclusión, estos factores influyen determinantemente sobre los valores promedios reportados de algunas propiedades fisicoquímicas como: acidez libre, actividad de diastasa, azúcares reductores, cenizas, color instrumental Pfund, conductividad eléctrica (CE), hidroximetilfurfural (HMF), humedad, pH, sacarosa, gravedad específica, sólidos solubles totales (SST), proteínas, fructosa/glucosa, fructosa, maltosa, viscosidad, acidez titulable, actividad del agua (aw), sólidos totales y actividad antioxidante, entre otras.

Palabras clave: actividad antioxidante; análisis fisicoquímico; *apis mellifera*; hidroximetilfurfural (HMF); néctar; ciencias naturales.

ABSTRACT

Bee honey is a complex mixture of carbohydrates and other natural compounds produced by different bee genus *Apis* species, including the *Apis mellifera*. This potential dietary supplement is important because of its therapeutic, prophylactic, cosmetic, and nutritional benefits that result from its physicochemical properties.

Therefore, the objective of this research proposal was to analyze the factors that determine the physicochemical properties of bee honey. To do this, a systematic literature review (SLR) conducted using databases such as Scopus, SCIELO and Redalyc. The category of analysis defined was scientific publications related to the factors that determine the physicochemical properties of honey. The information obtained was organized in an Excel matrix and processed in Vantage Point, a text mining software used to correlate the variables and condense the analysis of the results using tables. The most important determining factors found were floral source, botanical origin, geographical origin, nectar, climate, ripening time, biophysical conditions of the region, bee species, processing and storage conditions. In conclusion, these factors have a decisive influence on the reported average values of some physicochemical properties, such as free acidity, diastase activity, reducing sugars, ash, Pfund instrumental color, electrical conductivity (EC), hydroxymethylfurfural (HMF), humidity, pH, sucrose, specific gravity, total soluble solids (TSS), proteins, fructose/glucose, fructose, maltose, viscosity, titratable acidity, water activity (WA), total solids, and antioxidant activity, among others.

Keywords: antioxidant activity; physicochemical analysis; *Apis Mellifera*; hydroxymethylfurfural (HMF); nectar; natural sciences.

INTRODUCCIÓN

La miel de abeja es un producto natural fabricado por diferentes especies del género de abejas *Apis*; entre ellas y la más abundante es *Apis mellifera*. La explotación de la miel se lleva a cabo de manera artesanal en muchas partes del mundo en las zonas rurales o campiñas; no obstante, en los apiarios la obtención o producción de miel se desarrolla de manera tecnificada. Según Cauich *et al.* (2015) en su artículo “Potencial antioxidante de la miel de *Melipona beecheii* y su relación con la salud: una revisión”, la importancia de este alimento se debe a los beneficios terapéuticos, profilácticos, cosméticos, nutracéuticos, oxidantes, anticancerígenos, cardioprotectores, antibacterianos, respiratorios, dermatológicos, gastrointestinales, ginecológicos y nutricionales como resultado de la composición química y las propiedades fisicoquímicas de la miel. En ese orden de ideas, la caracterización de la miel es un asunto preponderante en la industria alimentaria y de interés para los consumidores, cuyo enfoque fue aceptado por investigadores como Cruz *et al.* (2014), quienes se orientaron en determinar mediante análisis de laboratorio, sus propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antioxidantes y bioquímicas. Estos estudios se concentraron en determinar los usos de la miel teniendo en cuenta sus propiedades terapéuticas, su valor nutricional y su sabor, por lo que se utiliza para reemplazar otros edulcorantes. De igual manera, Cruz *et al.* (2014) afirman que, frente a la creciente aparición de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos, la miel, debido a su efecto protector contra el estrés oxidativo, surge como una alternativa apropiada para realizar tratamientos en úlceras, quemaduras y heridas.

Una cuestión fundamental e importante es que el mundo se encuentra en la megatendencia de los alimentos naturales y sostenibles ambientalmente, lo que hace que los productos y servicios de la apicultura se encuentren en una dinámica de mercado creciente (Laverde, Egea, Rodríguez y Peña, 2010). Según el Instituto de Fomento Empresarial (IFE), la demanda por el consumo de miel a nivel internacional ha aumentado, pero la producción de algunos países ha disminuido, ya sea por enfermedades o por ausencia de recursos (Haberle y Zarratea, 2014). En Colombia esta tendencia en la disminución de la producción de miel se mantiene; es decir, se carece de un estímulo para aumentar el consumo interno, según Sánchez, Castañeda, Muños y Tellez (2013), y no se garantiza la oferta de una miel de calidad acorde a los estándares internacionales.

Como reporta Pineda (2019), “la calidad de la miel es uno de los aspectos que menos se han investigado en Colombia”. Y estos estándares de calidad dependen en parte de la caracterización y/o conocimiento de las propiedades fisicoquímicas de la misma. De hecho, las propiedades fisicoquímicas y la composición química de la miel varían de un lugar a otro por múltiples factores, los cuales ameritan un estudio detallado. Por tal motivo, es importante tener un panorama claro fruto de un análisis ajustado sobre los factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas, lo cual es posible hacerlo desde el análisis teórico a través de una RSL.

Las propiedades fisicoquímicas y biológicamente activas de la miel pueden ser afectadas por la flora y por las variaciones geográficas (Can *et al.*, 2015); además, según Cimpoi *et al.* (2013), los parámetros determinados pueden proporcionar suficiente información para la clasificación y distinción de la fuente botánica de mieles. Aunque los parámetros fisicoquímicos investigados reflejan la composición química de la miel en su conjunto, por sí solos no son suficientes para definir el origen geográfico de la miel (Lazarević *et al.*, 2012); no obstante, en el análisis de los parámetros fisicoquímicos siempre se arroja que en la mayoría de los tipos de miel predomina la fructosa, con lo que la glucosa queda como el segundo azúcar más importante (Finola *et al.*, 2007).

En el estudio de la calidad de la miel se debe evaluar la diferencia que aporta el origen botánico, el origen floral y geográfico, tanto en mieles uniflorales como multiflorales, a través de la caracterización fisicoquímica y bioquímica con el fin de identificar los parámetros discriminantes utilizando, entre otros, el método multivariado (Corbella y Cozzolino, 2006). No obstante, como factores influyentes sobre las propiedades fisicoquímicas de la miel también se tiene: la altitud, el clima, el polen, la temporada de cosecha, el néctar, las secreciones utilizadas por las abejas, la temporada de floración, la composición química de la miel, la especie de abeja, la condición de almacenamiento, el tiempo de maduración, las condiciones biofísicas de la región, la edad de los peines, el tipo de ecosistema (agrícolas y naturales), el procesamiento de la miel, la temperatura, edad de la abeja, origen del alimento de las abejas melíferas y la megabiodiversidad regional (De-Melo *et al.*, 2017; Savitri *et al.*, 2017; Can *et al.*, 2015; Almeida-Silva *et al.*, 2011; Taha *et al.*, 2010; Taha y El-Sanat, 2007).

Uno de los estudios que con mayor frecuencia se encuentra en la literatura se basa en el análisis de los parámetros fisicoquímicos más comunes de la miel, como la humedad, la conductividad eléctrica, la acidez libre, los carbohidratos, el hidroximetilfurfural (HMF), el color, la rotación óptica y el pH (Popek, 2002; Lazarević, Andrić, Trifković, Tešić y Milojković-Opsenica, 2012). En ese orden de ideas, el concepto de calidad de la miel como producto depende mucho de los parámetros fisicoquímicos y también bioquímicos. Autores como Serrano, Villarejo, Espejo y Jodral (2004) han usado la cuantificación del contenido de azúcares totales y reductores para determinar la calidad de la miel, en particular mono y disacáridos, entre los que se encuentran sacarosa, glucosa, fructosa y maltosa, además de otras sustancias relacionadas con los azúcares como la actividad diastásica, la invertasa y la glucosaoxidasa.

En definitiva, el rastreo bibliográfico realizado pretende reunir información confiable sobre cuáles son los factores que más influyen en las propiedades fisicoquímicas de la miel de abeja, dado que tener conocimiento sobre los factores, propiedades y parámetros de caracterización representan una base importante para la evaluación de la calidad o pureza de este producto alimenticio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel

Este estudio se realizó bajo la modalidad de investigación documental (AENOR. UNE, 2018:7) en la que se revisaron fuentes secundarias y terciarias a partir de la categoría o factor clave de vigilancia establecido en los objetivos, desde una delimitación geográfica mundial. La categoría de análisis definida corresponde a las publicaciones científicas sobre los “Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas”. Para ello, la RSL se desarrolló a partir de las siguientes etapas: planeación, búsqueda, análisis, validación y comunicación de resultados.

Planeación: En esta etapa se definió la categoría de análisis se identificaron las palabras clave, se seleccionaron las bases de datos, y se trazó el espacio temporal del objeto de estudio, tal como se describe a continuación:

- Definición categorial o “factores claves de vigilancia” (FCV): se basó en las publicaciones científicas sobre los “Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas”.
- Identificación de las palabras clave: estas se escribieron en español (miel de abejas, fisicoquímica, propiedades, composición y caracterización) e inglés (Honey Bees, physicochemical, properties, composition and characteristics), derivadas o en relación con la categoría o variable de análisis definida.
- Bases de datos seleccionadas: Scopus, SciELO y Redalyc; por ser confiables, amplias, relevantes y actualizadas.
- El espacio o rango temporal de estudio se realizó a partir del mes de agosto de 2021 hasta noviembre del mismo año.

Búsqueda: a partir de las palabras clave se elaboraron las ecuaciones de búsqueda, las cuales “son una formulación estructurada de expresiones, que incluyen además diversos operadores, rangos de valores, caracteres especiales y paréntesis, con el fin de interactuar con las bases de datos” (Arango *et al.*, 2012). En este estudio se crearon ecuaciones de búsqueda empleando operadores booleanos como el AND y el OR, los cuales acotan o amplían la búsqueda (Arévalo, 2004). El período de búsqueda se definió de forma abierta y de carácter retrospectivo para cubrir la mayor cantidad de artículos científicos, desde los primeros registros hasta los documentos más actualizados y recientes. Por su parte, la cobertura geográfica se estableció desde el ámbito mundial con el fin de identificar referentes tanto internacionales como nacionales en este campo de estudio.

Análisis: luego de que se encontró la información en cada base de datos y se realizó una organización y depuración o limpieza en la cual, como primera medida, se seleccionaron los artículos científicos por la pertinencia, afinidad y relación del título con los factores o propiedades fisicoquímicas de la miel. Seguidamente, se estudió cada resumen con el fin de continuar con el proceso de selección, de tal manera que a los artículos seleccionados se les realizó una lectura completa y, a través de esta, un rastreo conceptual, con el fin de ir identificando las ideas fundamentales que reuniría las bases para el análisis de literatura sobre los factores que influyen en las propiedades fisico-

química de la miel. A los documentos resultantes se les identificaron las siguientes variables: análisis fisicoquímico, año, factores que influyen en las propiedades fisicoquímicas o calidad de la miel, revistas científicas publicadas, país de estudio, tipo de miel, entre otras. Esta información se relacionó en una tabla en Excel llamada tabla bibliométrica.

Validación y comunicación de resultados: posteriormente, se procedió a analizar la información en el software de minería de texto Vantage Point para correlacionar las variables y analizarlas mediante el uso de tablas y con el objetivo de interpretar las relaciones halladas en el estudio. La información recogida permitió, finalmente, establecer cómo varían las propiedades fisicoquímicas de la miel de abejas en función de los factores encontrados.

En virtud de lo anterior, la información arrojada por el Vantage Point se organizó a través de tablas, en las cuales se correlacionaron las variables más citadas o referenciadas por las publicaciones analizadas. Estas variables fueron: **parámetros o propiedades fisicoquímicas** (humedad, pH, HMF, conductividad eléctrica, cenizas, actividad de diastasa, azúcares reductores, color instrumental-Pfund, acidez libre y sacarosa); **factores determinantes o correlacionados a los parámetros fisicoquímicos** (fuente floral, origen geográfico, origen botánico, clima, néctar, tiempo de maduración, condiciones biofísicas de la región, especie de abeja y procesamiento de la miel); **países donde se realizaron los estudios** (Argentina, Australia, Argelia, Brasil, Colombia, España, India, Turquía, Ecuador, Egipto, Malasia, México, Nigeria y Venezuela) y **rango temporal del estudio** (2011 a 2020). Cabe afirmar que el período de búsqueda o consulta fue abierta y retrospectiva; no obstante, el mayor número de citas se encontraron desde el 2011 hasta el 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los resultados obtenidos se elaboró la Tabla 1 la cual expone las ecuaciones de búsqueda que se construyeron para cada base de datos consultada, mostrándose los artículos arrojados por cada ecuación y los seleccionados después del análisis de lectura; dada su pertinencia con los factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel. Por consiguiente, para Scopus de 46 artículos se seleccionaron 30 con una depuración del 54%. De igual manera, para Redalyc se obtuvieron 62 y se seleccionaron 22 para una depuración del 39% y, por último, en la base de datos de SciELO la ecuación de búsqueda arrojó 29 artículos, seleccionándose 4 con un filtrado del 7%, para un total de 56 artículos sometidos a revisión sistematizada.

Los artículos resultantes o seleccionados en la RSL fueron los que se centraron básicamente sobre las propiedades fisicoquímicas de la miel y los factores que influyen sobre los valores reportados en tablas o gráficas que se obtenían en los análisis de laboratorios de dichas propiedades; teniendo en cuenta, las recomendaciones o disposiciones legales de la AOAC y las normas alimentarias de los países donde se realizó el estudio.

Tabla 1. Bitácora de búsqueda

Período de publicaciones	Fuente (base de datos)	Ecuaciones de búsquedas	Resultados	Artículos seleccionados
13/08/2021	Scopus	("Honey Bees" AND physicochemical AND (characteristics OR properties))	46	30
13/08/2021	Redalyc	"Miel de abeja" AND fisicoquímica AND caracterización	62	22
13/08/2021	SciELO	("miel de abeja" OR "honeybees") AND (propiedades OR composición OR características OR composition OR properties OR characteristics))	29	4

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 2 refleja el análisis entre los parámetros fisicoquímicos practicado a la miel de abeja realizados en diversos países. Teniendo en cuenta el número de citaciones o referencias encontradas por países de estudios y por parámetros fisicoquímicos considerados para evaluar la calidad y/o pureza de la miel, se muestra: Brasil con el 34,6%, Colombia con el 12,16% y México con el 11,79 % de los catorce países reportados en esta RSL y, en los últimos 10 años comprendidos desde el 2011 hasta el 2020 han sido los países que más han investigado sobre dichos parámetros. Igualmente, dentro de los parámetros o propiedades fisicoquímicas más consideradas en el análisis de la miel, la determinación o valoración de la humedad con un porcentaje de referencias halladas del 15,21%, el pH con el 12,93%, la HMF con el 12,55%, la conductividad eléctrica (CE) con el 11,41% y el contenido de cenizas con el 9,89% representaron los principales análisis que se le practican a la miel para determinar su pureza y descartar su adulteración.

Ahora bien, una de las razones del porqué Brasil es uno de los países con más publicaciones sobre la miel de abeja es debido a que hay una mayor diversidad de especies de abejas existentes (Almeida-Muradian *et al.*, 2013). La diversidad de especies con potencial para producción, sus especificidades conductuales y preferencias proporcionan características distintivas a los productos de las abejas sin aguijón en relación con productos de la especie melífera. Estas particularidades de productos de meliponinos, especialmente miel, han motivado a varios estudios para su caracterización fisicoquímica y microbiológica (Evangelista-Rodríguez *et al.*, 2005; Lage *et al.*, 2012). En Brasil son más de 300 especies de abejas nativas en un territorio donde hay potencialmente recursos florales, botánicos, excelente dispensa de néctar y polen. Toda una megabiodiversidad disponible para la producción natural o tecnificada de la miel de abejas. Muy a pesar de que Colombia y México son países más pequeños que Brasil desde lo territorial, también mostraron significancia en cuanto a publicaciones de artículos concernientes a las propiedades fisicoquímicas de la miel. Esta significancia se debe a la variedad de abejas y a las condiciones ambientales propicias con que cuentan las abejas para la producción de miel y la práctica de la apicultura. Colombia y México por ser países con zonas tropicales pueden practicar la apicultura en cualquier lugar y altitud, desde el nivel del mar hasta más de 3.000 metros de altura. Lo importante es que exista una buena oferta floral, néctar y agua, que garanticen alimento permanente para las abejas.

Tabla 2. Número de artículos publicados teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos de la miel y los países donde se realizó el estudio

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	PAÍSES										Total Referencias
	Argentina	Australia	Brasil	Colombia	Ecuador	Egipto	Malasia	México	Nigeria	Venezuela	
Humedad	3	2	14	4	2	2	3	5	2	3	40
pH	-	2	10	5	2	2	3	5	3	2	34
Hidroximetilfurfural (HMF)	3	2	11	3	2	2	1	4	2	3	33
Conductividad eléctrica	1	2	10	4	1	2	3	4	1	2	30
Cenizas	2	1	10	4	2	2	1	1	2	1	26
Actividad de diastasa	2	2	8	2	2	1	-	2	1	3	23
Azúcares reductores	1	2	9	2	1	1	1	3	1	2	23
Color instrumental-Pfund	2	1	7	2	1	1	1	4	1	2	22
Acidez libre	1	1	5	4	2	1	1	2	-	1	18
Sacarosa	1	-	7	2	-	-	2	1	1	-	14
Total referencias	16	15	91	32	15	14	16	31	14	19	263

Fuente: Elaboración propia

En La Tabla 3 se relacionan a los parámetros fisicoquímicos que se reportaron en publicaciones científicas en los últimos 10 años. Los parámetros que más se relacionaron en los artículos sobre la miel de abejas fueron la Humedad (16,09%), el pH (13,48%), HMF (13,04%), conductividad eléctrica (11,74%) y contenido de ceniza (10,43%). Estos análisis fisicoquímicos permiten evaluar ciertas propiedades de la miel de abeja e incluso establecer el origen del factor que las propicia. Según White (1994), la HMF es un indicativo de la frescura y calentamiento de la miel; además, considera que la disminución de la actividad de diastasa también es un indicativo del sobrecalentamiento. Por otro lado, se afirma que el parámetro de contenido de sólidos insolubles es un indicativo de control higiénico de la miel de abeja, mientras que el contenido de cenizas es un criterio de calidad para evaluar el origen botánico de la miel, que actualmente suele reemplazarse por la conductividad eléctrica (Bogdanov *et al.*, 2018). Es más, con respecto a los análisis de pH, contenido de cenizas y conductividad eléctrica en las mieles, autores como Diaz & Fernández (1998) mencionan que la medida de la conductividad eléctrica, al igual que el contenido de cenizas, puede orientar sobre los orígenes (foral o mielato) e incluso permite detectar si se ha alimentado artificialmente y podrían utilizarse como parámetros para diferenciar muestras de mieles (Terrab *et al.*, 2002). La humedad en la miel es utilizada como un indicador de la madurez y capacidad de permanecer estable durante el almacenamiento (Bogdanov *et al.*, 1997). Se ha reportado que mieles obtenidas durante periodos de altas precipitaciones (época de lluvias) presentan un mayor contenido de humedad que las mieles producidas durante épocas de bajas precipitaciones (sequía). El contenido de humedad es el único criterio de composición de la miel, que debe cumplirse como parte de los estándares de la miel de abejas para su comercialización mundial (González *et al.*, 1995).

Dentro de las dinámicas de las publicaciones científicas se halló como resultado que para el período comprendido entre el 2016 hasta el 2020 se reportó un acumulado para el número de referencias de 146 con un porcentaje del 63,48% en comparación con el período entre el 2011 y 2015 donde se reportaron 84 referencias con un 36,52% entre los 56 artículos seleccionados para la investigación documental. Por tanto, es notorio que en los últimos cinco años aumentó el interés por este suplemento dietético; tanto es así que se muestra el evance por la importancia del control y supervisión de la calidad de la miel a través de la valoración y medición de sus propiedades fisicoquímicas.

Tabla 3. Número de referencias en los artículos publicados en los últimos 10 años, teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos de la miel de abeja

PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	AÑOS										Total referencias
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Humedad	1	2	5	2	3	4	6	5	4	5	37
pH	-	3	4	2	3	4	6	2	4	3	31
Hidroximetilfurfural (HMF)	1	2	3	2	1	4	5	3	4	5	30
Conductividad eléctrica (CE)	-	1	6	-	3	3	4	4	3	3	27
Cenizas	-	2	5	1	1	3	4	1	3	4	24
Actividad de diastasa	-	2	2	1	1	1	2	3	3	4	19
Acidez libre	-	1	2	2	1	2	2	3	4	2	19
Color instrumental-Pfund	1	2	2	2	2	2	1	1	-	2	15
Azúcares reductores	-	-	-	2	2	3	2	2	1	2	14
Sacarosa	-	1	3	2	-	2	3	2	1	-	14
Total referencias	3	16	32	16	17	28	35	26	27	30	230

Fuente: Elaboración propia

Es importante resaltar que, para la correcta caracterización fisicoquímica de la miel se requiere el empleo de instrumentos o equipos de laboratorio de alta precisión o sensibilidad; los cuales están contemplados dentro de los parámetros normativos establecidos. En la Tabla 4 se hace un registro sobre algunas propiedades, métodos, equipos, normas y referencias bibliográficas encontradas en la RSL. Según Fattori (2004), la Comisión Internacional de la miel formada en 1990 se ocupa de revisar los métodos de análisis presentes y las normas legislativas vigentes. Esta Comisión está oficialmente reconocida por la Unión Europea y el Codex Alimentarius, y trabaja en colaboración con la Comisión de miel del manual suizo de alimentos, los métodos aprobados se publican primeramente en dicho manual.

Tabla 4. Propiedades, equipos y metodologías para la caracterización de la miel

PROPIEDAD FÍSICOQUÍMICA	EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS	MÉTODOLÓGIA (PARÁMETRO NORMATIVO)	REFERENCIAS
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Tabla de Wadmore Refractómetro portátil Refractómetro especial de Bertuzzi Refractómetro clase Abbe o digital Tabla para índice de refracción Espectrómetro infra-rojo (IR) 	<ul style="list-style-type: none"> Método Chataway y Wedmore Método refractométrico Metodología AOAC 969.38B norma INEN 1632 (INEN, 2012) Norma del Codex para la Miel (2001) <ul style="list-style-type: none"> Método Karl Fischer Método no estandarizado de Espectroscopía infrarroja por transformación de Fourier (FTIR) 	Velásquez (2019); Missio <i>et al.</i> (2016); Bogdanov (1997); Bogdanov (2009); Bogdanov (2011); Bogdanov <i>et al.</i> (2018); Almeida-Muradian y Gallmann, (2012); Almeida-Muradian <i>et al.</i> , (2013 y 2014)
Hidroximetilfurfural (HMF)	<ul style="list-style-type: none"> Espectrofotómetro UV-Vis Cromatógrafo líquido de alta resolución (HPLC) 	<ul style="list-style-type: none"> Metodología AOAC 980.23 norma NTE INEN 1637 (INEN, 2012) <ul style="list-style-type: none"> Método de Winkler Método colorimétrico por Meyav y Berk 	Missio <i>et al.</i> (2016); Bogdanov <i>et al.</i> (1997); Bogdanov (2011); Corbella y Cozzolino (2006)
pH	<ul style="list-style-type: none"> Medidor Thermo Scientific Orión Star 4-pH pH-metro de varilla de vidrio "Hanna" <ul style="list-style-type: none"> pH-metro "Crison" 	<ul style="list-style-type: none"> AOAC 945.27 (2000) / (2003) 	Corbella y Cozzolino (2006); Bogdanov <i>et al.</i> (1997 y 2002)
Conductividad eléctrica (CE)	<ul style="list-style-type: none"> Medidor de conductividad HI98311 <ul style="list-style-type: none"> Conducímetro Crison 522 Medidor de conductividad (SevenMulti™ S47, Mettler Toledo, Suiza) Espectrómetro de transformada de Fourier infrarroja (FTIR) 	<ul style="list-style-type: none"> Instituto Argentino de Racionalización de Materiales (IRAM 15945) Comisión Europea: Directiva del consejo 2001/110/CE 	Bogdanov (2002); Bogdanov (2009); Almeida-Muradian <i>et al.</i> (2012 y 2013); Missio <i>et al.</i> (2016); Popek (2002); Corbella y Cozzolino (2006)

Cenizas	<ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Balanza analítica • Lámpara de rayos infrarrojos • Conductímetro testo-240 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología AOAC 920.181 norma NTE INEN 1636 (INEN, 1989); AOAC (1970) / (2000) / (2003) • Incineración de muestra por calcinación • Medición de la conductividad eléctrica 	Bogdanov (2002 y 2009); Missio <i>et al.</i> (2016); Popek (2002); Crane (1975)
Actividad de diastasa	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro uv/vis • Medidor de pH 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de Bogdanov, Martín y Lümann <ul style="list-style-type: none"> • Shade modificado por White • The traditional Schade Method <ul style="list-style-type: none"> • AOAC 958.09 • Comisión Internacional de la Miel (2009) y Codex Alimentarius (2001) 	Feás <i>et al.</i> (2010); Bogdanov <i>et al.</i> (1997); Missio <i>et al.</i> (2016)
Gravedad específica	<ul style="list-style-type: none"> • Picnómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • AOAC 962.37 norma NTE INEN 1632 (INEN, 2012) y Método de Weadmore <ul style="list-style-type: none"> • Método de titulometría • Acidez libre, método de White <i>et al.</i> • AOAC 962.19 norma NTE INEN 1634 (INEN, 1989) 	Missio <i>et al.</i> (2016); Weadmore (1955)
Acidez (libre, láctónica y total)	<ul style="list-style-type: none"> • pH-metro y buretas • Medidor de pH (SevenMulti™ S47, Mettler Toledo, Suiza) 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de titulometría • Acidez libre, método de White <i>et al.</i> • AOAC 962.19 norma NTE INEN 1634 (INEN, 1989) 	Bogdanov (2002 y 2009); White <i>et al.</i> (1962);
Viscosidad	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosímetro • Reómetro (AR-G2, TA Instruments, New Castle, EE. UU.) 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología de Stokes 	Missio <i>et al.</i> (2016); Trávníček <i>et al.</i> (2012)
Azúcares reductores	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro en grados Brix • Refractómetro de Bertuzzi • Refractómetro con lector directo • Cromatógrafo HPLC 	<ul style="list-style-type: none"> • Método Lane-Eynon (Metodología no específica): Norma del Codex Alimentarius, 1969 <ul style="list-style-type: none"> • Norma IRAM 15946 (2008) • Reactivo de Fehling • Cromatografía líquida – Detector de índice de refracción (metodología específica) 	Bogdanov (2009); Granato y Nunes (2016); Popek (2002); Bogdanov <i>et al.</i> (1997)
Color instrumental-Pfund	<ul style="list-style-type: none"> • Millímetro Pfund scala y colorímetro • Espectrofotómetro (UltraScan PRO, Hunter Associates Laboratory, Inc., VA, EE. UU.) • Refractómetro en grados Brix 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología por Comparación óptica • Método Beretta 	Missio <i>et al.</i> (2016); Beretta <i>et al.</i> (2005)
Sacarosa	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro en grados Brix • Cromatógrafo HPLC con detector amperométrico pulsado con columna de intercambio aniónico (HPLC-PAD) • Cromatógrafo HPLC 	<ul style="list-style-type: none"> • Método por determinación enzimática <ul style="list-style-type: none"> • Inversión por hidrólisis ácida AOAC 920.184 	Bogdanov (2009); Gomez-Díaz <i>et al.</i> (2012); Cano <i>et al.</i> (2006); Nascimento <i>et al.</i> (2018); Popek (2002); White (1997)
PROPIEDAD FÍSICOQUÍMICA	EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ANÁLISIS	MÉTODOLÓGIA (PARÁMETRO NORMATIVO)	REFERENCIAS
Polifenoles	<ul style="list-style-type: none"> • Cromatografía líquida de alta resolución en fase inversa (RP-HPLC) • Espectrofotómetro UV SHIMADZU UV MINI-1240 	<ul style="list-style-type: none"> • Método para Radical DPPH comparado con la actividad Trolox • Método espectrofotométrico, utilizando el reactivo de Folin-Dennis <ul style="list-style-type: none"> • Método de Folin-Ciocalteu • Método modificado de Folin-Ciocalteu 	Combarros <i>et al.</i> (2012); Moniruzzaman <i>et al.</i> (2013); Sant'Ana <i>et al.</i> (2012);
Actividad del agua (aw)	<ul style="list-style-type: none"> • Analizador automático higrómetro (THERMOCONSTANTER NOVASINA T4-2) y medidor de aw 	<ul style="list-style-type: none"> • Método con el medidor de Fast-lab, GBX, Bourg de Peage, Francia 	White (1975)
Glucosa, fructosa y maltosa	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrómetro Raman • Cromatógrafo HPLC • Ultra rendimiento con detector de dispersión de luz evaporativa (UPLC, ELSD, LC) <ul style="list-style-type: none"> • FTIR • HPLC-IR 	<ul style="list-style-type: none"> • Método por HPLC • Método por determinación enzimática <ul style="list-style-type: none"> • Electroforesis capilar (CE) • Determinación electroquímica 	Bogdanov (2009); Dominguez <i>et al.</i> (2016); Almeida-Muradian y Gallmann (2012); Almeida-Muradian y Sousa <i>et al.</i> (2014); Almeida-Muradian y Stramm, <i>et al.</i> (2014)
Flavonoides	<ul style="list-style-type: none"> • Photochem Device • Dispositivo microfluídico 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Dowd • Método colorimétrico con cloruro de aluminio 	Combarros <i>et al.</i> (2012); Moniruzzaman <i>et al.</i> (2013); Sant'Ana <i>et al.</i> (2012)
Sólidos solubles totales (SST)	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa de secado a 105 °C • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Metodología por Mazumdar y Majumder <ul style="list-style-type: none"> • AOAC (2000) 	Taha y El-Sanat (2007) y Ndife <i>et al.</i> (2014)
Sólidos insolubles	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa de secado a 105 °C • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Método Whittaker, Lord Scotter y Wood • AOAC 945.79 norma NTE INEN 1635 (INEN, 2012) • Método Gravimétrico 	Bogdanov (2009); Bogdanov <i>et al.</i> (1997); Codex (2001); Missio <i>et al.</i> (2016)

Vitaminas (A, B, C, D, E, K)	<ul style="list-style-type: none"> • HPLC • Espectrofotómetro • Detector fluurométrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Método Leon-Ruiz <i>et al.</i> (2013) • AOAC (1990) • Cromatografía Líquida • Método espectrofotométricos y fluorométricos 	Leon-Ruiz <i>et al.</i> (2013); De-Melo <i>et al.</i> (2017); Ciulu <i>et al.</i> (2011)
Proteínas (Prolinas)	<ul style="list-style-type: none"> • Multimodo Enspire • HPLC • Espectrofotómetro UV - Vis • Espectrómetro de masas • Equipo Kjeldahl 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de espectrofotometría de masas • Método de Kjeldahl AOAC (1990); AOAC (2000) • Métodos de la Comisión Internacional de la Miel, 2009 • Método de Bradford • Norma del Codex para la Miel (2001) 	Hermosin <i>et al.</i> (2003); Chua <i>et al.</i> (2013); Bogdanov (2009); Moniruzzaman <i>et al.</i> (2013)
Potasio (K); Fósforo (P); Calcio (Ca); Hierro (Fe); Magnesio (Mg); Sodio (Na); Zinc (Zn); Cobre (Cu); Manganeso (Mn); Cadmio (Cd); Plomo (Pb); Cromo (Cr); Aluminio (Al); Azufre (S); Bario (Ba); Boro (B); nitrógeno (N); Níquel (Ni); Estroncio (Sr); Litio (Li); Mercurio (Hg); Selenio (Se); Berilio (Be); Cloro (Cl); Molibdeno (Mo); Plata (Ag); Silicio (Si); Antimonio (Sb) y Arsénico (As)	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro de plasma óptico acoplado inductivamente • Espectrómetro de absorción atómica • Espectrómetro de masas de plasma de campo sectorial acoplado inductivamente (ICP-SFMS) • Espectroscopio de emisión de llamas 	<ul style="list-style-type: none"> • Oxidación seca a alta temperatura • Metodología AAS (Atomic Absorption Spectroscopy) • Metodología AOAC 986.15 • Metodología AOAC 969.32 	Terrab, Recamales, Hernanz y Heredia (2004); Moniruzzaman, Chowdhury, Rahman, Sulaiman y Gan (2014); Sarker <i>et al.</i> (2015); Bogdanov <i>et al.</i> (2007)

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 5 hace alusión a los factores encontrados que influyen o determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel. Estos factores encontrados en la RSL fueron en mayor frecuencia la fuente floral (15,81%), origen botánico (15,81%) y origen geográfico (14,11%), teniendo en cuenta los parámetros en función de los factores determinantes, pero también se reportaron otros factores asociados a dichos parámetros de caracterización en la miel, tales como: néctar, condición de almacenamiento, tiempo de maduración, procesamiento de la miel, especie de abeja, clima, polen, condiciones biofísicas de la región, temporada de cosecha, edad de los peines, temperatura y origen del alimento de las abejas melíferas. También se encontraron otros factores citados con menor frecuencia, pero no así por su importancia, a saber: la temporada de floración, secreciones utilizadas por las abejas, composición química, altitud, ecosistemas agrícolas y naturales, edad de la abeja y megabiodiversidad.

Tabla 5. Factores que determinan las propiedades fisicoquímicas de la miel

PARÁMETRO FISICOQUÍMICO	FACTORES	REFERENCIAS
Humedad	Origen botánico, origen geográfico, néctar, condiciones biofísicas de la región, procesamiento de la miel, clima, temporada de cosecha, condición de almacenamiento, temperatura, fuente floral, especie de abeja, tiempo de maduración	De-Melo <i>et al.</i> (2017); Can <i>et al.</i> (2015); Cimpoi <i>et al.</i> (2013); Lazarević <i>et al.</i> (2012); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Terrab <i>et al.</i> , 2003; Crane (1979); De Sousa, de Souza y Marques (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Adebisi <i>et al.</i> (2004); Malik <i>et al.</i> (2005); Afik (2014)
Contenido de azúcares	Origen botánico de mieles monoflorales, especie de abeja	Cimpoi <i>et al.</i> (2013); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Adebisi <i>et al.</i> (2004); Oliveira <i>et al.</i> (2013)
Proteínas (Prolinas)	Especie de abeja, polen, mielada, néctar, fuente floral	Álvarez-Suarez <i>et al.</i> (2010)
Vitaminas (A, B, C, D, E, K)	Origen botánico	De-Melo <i>et al.</i> (2017); Cimpoi <i>et al.</i> (2013); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Adebisi <i>et al.</i> (2004)
Contenido mineral	Origen botánico, origen geográfico, néctar, condición de almacenamiento, clima, procesamiento de la miel, condiciones biofísicas de la región, fuente floral, origen del alimento de las abejas <i>mellíferas</i>	Almeida-Silva <i>et al.</i> (2011); Can <i>et al.</i> (2015); Cimpoi <i>et al.</i> (2013); Lazarević <i>et al.</i> (2012); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Adebisi <i>et al.</i> (2004); Afik (2009)

Hidroximetilfurfural (HMF)	Clima cálido, fuente floral, origen geográfico, especie de abeja, temperatura, tiempo de calentamiento, condiciones de almacenamiento, procesamiento de la miel	Corbella y Cozzolino (2006); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Vit <i>et al.</i> (2004)
Cenizas	Fuente floral, mielada, origen botánico	Bogdanov (2009); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Adebisi <i>et al.</i> (2004)
Actividad de diastasa	Fuente floral, origen geográfico, temperatura, especie de abeja	Da Silva <i>et al.</i> (2016); Can <i>et al.</i> (2015); Lazarević <i>et al.</i> (2012); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998)
Conductividad eléctrica (CE)	Origen botánico, fuente floral, condición de almacenamiento, temperatura, tiempo de maduración, sustancias minerales	Bogdanov (2009); Serrano <i>et al.</i> (2004); Corbella y Cozzolino (2006); Cimpoi <i>et al.</i> (2013); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Adebisi <i>et al.</i> (2004); Afik (2009)
pH	Fuente floral, origen botánico, néctar, condiciones biofísicas de la región (suelo), asociaciones de especies vegetales (origen botánico)	Corbella y Cozzolino (2006); Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Afik (2014); Terrab <i>et al.</i> (2002)
Polifenoles	Origen botánico, origen geográfico, condiciones biofísicas de la región, fuente floral, temperatura, clima, especie de abeja, temporada de cosecha	Kek <i>et al.</i> (2014); Jibril, Hilmi y Manivannan (2019); Da Silva <i>et al.</i> (2016); Vit <i>et al.</i> (1998); Adebisi <i>et al.</i> (2004);
Sacarosa	Fuente floral, origen botánico, procesamiento de la miel, tiempo de maduración	Mateo y Bosch-Reig, (1998);
Flavonoides	Origen botánico	Jibril, Hilmi y Manivannan (2019); Adebisi <i>et al.</i> (2004)
Glucosa y fructosa	Néctar, edad de los peines, especie de abeja, origen botánico	Anklam (1998); Taha & El-Sanat (2007); Afik (2009)
Color instrumental-Pfund	Néctar, origen botánico, origen geográfico, condición de almacenamiento, tiempo de maduración, temperatura; especie de abeja	kek <i>et al.</i> (2014)
Actividad del agua (aw)	Fuente floral, néctar	White (1975)
Acidez	Condiciones biofísicas de la región (suelo), especie de abeja, clima, tiempo de maduración, condición de almacenamiento, procesamiento de la miel, temporada de cosecha, fuente floral, origen botánico	Savitri <i>et al.</i> (2017); Afik (2009)

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 6 presenta el análisis de resultados entre los factores que influyen en las propiedades fisicoquímicas de la miel y los años en que se publicaron los estudios en las revistas científicas. Se observó que en la última mitad de cierre de la década (2020) los estudios sobre la caracterización para valorar las propiedades, pureza y calidad de la miel se incrementaron; de tal manera que, en el período comprendido entre el 2011 hasta el 2015 arrojó un acumulado de 53 referencias para un 28,65%; en cambio, para el período entre el 2016 hasta el 2020 se encontraron 132 referencias equivalente a un 71,35%, las cuales informaron sobre los factores que inciden en las propiedades fisicoquímicas de la miel. Esto se debe, en parte, a que el mundo se encuentra en la megatendencia de los alimentos naturales, sostenibles ambientalmente, lo que hace que los productos y servicios de la apicultura se encuentren en una dinámica de mercado que está en crecimiento (Laverde, Egea, Rodríguez y Peña, 2010). Las propiedades antioxidantes, su valor nutritivo, sus aplicaciones cosméticas y sus aportes para mejorar diversos quebrantos de salud la ubican como un alimento potencial dentro de la canasta familiar para su consumo frecuente. De la misma manera que en otros productos pecuarios, el mercado mundial de la miel de abejas muestra una importante concentración, tanto a nivel de oferentes como de demandantes y su producción un crecimiento sostenido y consistente (Soto, Elizarrarás y Soto, 2017). El sabor, olor, viscosidad, color entre otras características propias de la miel varían de un lugar a otro, esto hace que se tengan en cuenta los factores correlacionados a los parámetros fisicoquímicos con que se evalúa a la miel; de hecho, factores como la fuente floral (15,68%), origen botánico (15,68%) y origen geográfico (14,59%) son frecuentemente referenciados en los diferentes tipos de análisis y publicaciones científicas que se le hacen a la miel como producto comercial.

Tabla 6. Número de referencias en los artículos que abordan los factores que influyen en las propiedades fisicoquímica de la miel teniendo en cuenta los últimos 10 años de publicaciones

FACTORES CORRELACIONADOS A LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	AÑOS										Total referencias
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Fuente floral	1	3	-	2	2	6	4	4	4	3	29
Origen botánico	1	2	2	1	1	4	4	5	4	5	29
Origen geográfico	-	3	2	2	1	4	5	3	3	4	27
Clima	-	2	-	-	1	5	1	3	2	5	19
Néctar	-	2	5	1	1	2	3	2	-	2	18
Tiempo de maduración	-	2	-	1	-	1	3	3	1	4	15
Condiciones biofísicas de la región	-	-	1	1	2	1	2	3	1	3	14
Especie de abeja	-	-	-	2	1	2	1	3	1	3	13
Procesamiento de la miel	-	2	-	1	1	2	1	1	-	3	11
Condiciones de almacenamiento	-	3	-	1	-	1	1	1	-	3	10
Total de referencias	2	19	10	12	10	28	25	28	16	35	185

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 7 muestra los resultados sobre los factores que influyen en las propiedades fisicoquímicas de la miel y los países donde se realizaron los estudios. Dentro de los resultados obtenidos se hallaron que uno de los países que más hace alusión a los factores que influyen sobre dichos parámetros fisicoquímicos de la miel es Brasil (26,81%), seguido de Colombia (10,72%), México (9,92%), India (8,58%), Argentina (8,31%) y Turquía (8,04%). Los países que producen miel de abeja para comercializar su uso o consumo deben cumplir con una normativa o reglamento alimentario, y esta depende en sí de las propiedades fisicoquímicas que presenta el producto. Dichas propiedades a su vez están influenciadas o correlacionadas con los factores que se han detallado a lo largo de la RSL, mostrándose en la Tabla 7 algunos de ellos.

Tabla 7. Número de artículos publicados teniendo en cuenta los factores que influyen en las propiedades fisicoquímicas de la miel y los países donde se realizó el estudio

FACTORES CORRELACIONADO A LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS	PAÍSES										Total referencias
	Argelia	Argentina	Australia	Brasil	Colombia	España	India	México	Nigeria	Turquía	
Fuente floral	3	7	5	17	7	3	4	6	3	3	58
Origen botánico	3	5	3	14	6	4	4	7	5	4	55
Origen geográfico	4	3	5	14	5	5	5	7	3	4	55
Clima	2	4	4	11	5	4	3	3	3	2	41
Tiempo de maduración	2	2	2	7	4	3	3	2	4	3	32
Néctar	1	4	2	9	3	1	1	5	3	2	31
Condiciones biofísicas de la región	2	1	2	9	3	3	4	1	2	4	31
Especie de abeja	1	3	2	6	3	2	2	3	2	3	27
Procesamiento de la miel	2	1	-	6	2	2	4	-	2	4	23
Condiciones de almacenamiento	-	1	1	7	2	2	2	3	1	1	20
Total referencias	20	31	26	100	40	29	32	37	28	30	373

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 8, se muestran los principales resultados obtenidos sobre los factores que influyen en las propiedades fisicoquímicas de la miel. Los datos reportados obedecen a la dinámica de las publicaciones o artículos identificados en las bases de datos revisadas.

La Tabla 8, por su número de referencias encontradas muestra que, las propiedades fisicoquímicas de la miel dependen principalmente del origen botánico, fuente floral y origen geográfico, entre otros diversos factores, pero siendo estos los principales. No obstante, los factores también se pueden orientar o relacionar a partir de los análisis fisicoquímicos como acidez libre, actividad de diastasa, azúcares reductores, cenizas, color instrumental pfund, conductividad eléctrica (CE), hidroximetilfurfural (HMF), humedad, pH y sacarosa.

La humedad fue el parámetro fisicoquímico dentro de la valoración de la calidad y pureza de la miel de abeja que más se relacionó con la fuente floral, origen botánico, origen geográfico, néctar, clima, tiempo de maduración, condiciones biofísicas de la región, especie de abeja, procesamiento de la miel y condiciones de almacenamiento. La humedad es un parámetro fisicoquímico importante para la vida útil de la miel (Bogdanov, 2011); de ahí que sea una de las principales mediciones o valoraciones que se le practican a la miel para certificar su consumo y comercialización. En virtud de lo anterior, se tiene conocimiento que la legislación brasileña determinó que el valor de la humedad no puede ser inferior al 16,8% y no superior al 20% para las mieles de *Apis* (Brasil, 2000).

Entre la abeja y la flor se establece una relación simbiótica, existencial, polinizadora y evolutiva. De igual manera, la incidencia de este factor como lo es la fuente floral sobre varios parámetros fisicoquímicos se debe a que la flor (órgano reproductivo de la planta que atrae a las abejas) en su variabilidad contiene néctar, que es el insumo principal que toma la abeja para fabricar su miel. Insuasty (2016) en su artículo "Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola" afirma que la flora de un lugar determina la producción apícola e influye sobre características nutricionales y organolépticas de la miel de abejas. También hace referencias a varios análisis o parámetros fisicoquímicos (humedad, contenido mineral, proteínas, sólidos totales, °Brix, azúcar reductor, pH y acidez) practicado a la miel colombiana, teniendo en cuenta la flora.

Tabla 8. Número de artículos que trata sobre los factores que influyen en las propiedades fisicoquímica de la miel

FACTORES CORRELACIONADO A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS	PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS										Total referencias
	Acidez libre	Actividad de Diastasa	Azúcares reductores	Cenizas	Color instrumental Pfund	Conductividad eléctrica (CE)	HMF	Humedad	pH	Sacarosa	
Fuente floral	18	19	16	21	15	20	28	34	28	14	213
Origen botánico	17	20	16	22	13	23	28	32	28	14	213
Origen geográfico	16	15	13	19	12	19	27	30	25	14	190
Néctar	9	13	11	14	10	14	15	21	19	11	137
Clima	9	14	10	14	8	14	18	20	17	7	131
Tiempo de maduración	9	13	9	11	7	11	16	17	15	7	115
Condiciones biofísicas de la región	8	9	10	12	4	12	13	17	14	7	106
Especie de abeja	8	11	9	7	6	7	12	14	10	6	90
Condiciones de almacenamiento	5	9	7	7	8	6	10	11	11	4	78
Procesamiento de la miel	3	7	8	7	6	6	11	12	9	5	74
Total referencias	102	130	109	134	89	132	178	208	176	89	1347

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 9 recoge los valores o rangos reportados por los autores sobre los análisis fisicoquímicos practicados a la miel de abeja, correlacionándolos con los factores que determinan dichos parámetros.

Tabla 9. Valores reportados de algunas propiedades fisicoquímicas de la miel de abeja teniendo en cuenta los factores que las determinan

PARÁMETROS FCO-QCOS	FACTORES LIGADOS A LOS PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS									
	Fuente Floral	Origen Botánico	Origen Geográfico	Néctar	Clima	Tiempo de maduración	Condiciones biofísicas de la región	Especie de abeja	Procesamiento de la miel	Condiciones de almacenamiento
Acidez Libre (meq/ kg)	8,75-62,71	20-60	8,75-62,71	85,83-103,33	8,75-62,71	8,75-62,71	8,75-62,71	8,75-62,71	8,75-62,71	85,83-103,33
Actividad de Diastasa *Göthe	1,19 –47,14	38,0	11,04-16,44	1,19 –47,14 *Göthe	11,04-16,44	1,19 –47,14 *Göthe	1,19 – 47,14 *Göthe	30,00 ± 0,08	1,19 –47,14 *Göthe	1,19 – 47,14 *Göthe
Azúcares Reductores (%)	68,96-83,61	68,96–83,61	68,96–83,61	68,96-83,61	68,96-83,61	58,75-82,37	68,96–83,61	53,0 – 70,7	68,96-83,61	68,96–83,61
Cenizas (%)	0,03–0,21	0,03–0,21	0,16-0,36	0,03–0,21	0,03–0,21	n.d. – 1,68	0,03–0,21	0,73 ± 0,01	0,03–0,21	0,03–0,21
Color instrumental Pfund (mm)	23,70	23,70	- 7,13-155,54	- 7,13-155,54	- 7,13-155,54	- 7,13-155,54	- 7,13-155,54	73 y 36 y 49	- 7,13-155,54	23,70
CE (mS/cm)	0,15-1,34	0,5-1,7	1,37 - 7,32	0,383	0,383	0,383	0,383	0,82± 0,01	0,383	0,383
Contenido Mineral (%)	0,01. – 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68	0,01– 1,68
HMF (mg/Kg)	40	<10	40	2,10–34,20	40	40	2,10–34,20	3,85 ± 0,01	40	40
Humedad (%)	11,60-21,35	15-17,5	11,60-21,35	14,50-19,00	14,50-19,00	15,10-21,58	14,50–19,00	15,68 ± 0,03	14,50-19,00	14,50–19,00
pH	3,36-4,63	4-5,5	3,7-4,2	3,36-4,63	3,03-5,98	3,60 – 5,35	3,36-4,63	4,58 ± 0,01	3,03–5,98	3,68-3,92
Sacarosa (%)	4,37-4,88	4,37-4,88	1,13–6,94	1,13–6,94	1,13–6,94	4,37-4,88	1,13–6,94	N.S.	4,37-4,88	4,37-4,88
G. Específica (g/ml)	1,422–1,43	1,422–1,43	1,422–1,43	1,422–1,43	1,422–1,43	1,2±0,03 y 1,4±0,01	1,422–1,43	1,46 ± 0,01	1,422–1,43	1,422–1,43
sst (%)	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0	83,19 ± 0,10	62,2 y 77,0	62,2 y 77,0
PARÁMETROS FCO-QCOS	Fuente floral	Origen botánico	Origen geográfico	Néctar	Clima	Tiempo de maduración	Condiciones biofísicas de la región	Especie de abeja	Procesamiento de la miel	Condiciones de almacenamiento
Proteínas (%)	0,3	0,20–0,49	0,20–0,49	0,3	0,20–0,49	0,20±0,01 y 0,26±0,05	0,20–0,49	0,50 ± 0,01	0,20–0,49	0,20–0,49
(Fructosa + Glucosa) (%)	>60	42-43	>60	>60	>60	>60	>60	68,92 ± 0,08	>60	>60
Fructosa (%)	34,24-41,99	34,24-41,99	34,24-41,99	34,24-41,99	34,24-41,99	34,1±0,19 y 37,0±0,14	34,24-41,99	34,24-41,99	34,24-41,99	34,24-41,99
Maltosa (%)	7	7	1,20	7	7	7	7	2,99 ± 0,01	7	7
Viscosidad (centipoise)	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25	13,6±0,25 y 16,5±0,25
Acidez Titulable (meq/Kg)	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	26,0-40,59	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50	22,3±1,25 y 37,5±1,50
Actividad del agua (aw)	0,49 y 0,60	0,57 ± 0,097	0,53-0,59	0,49 y 0,60	0,49 y 0,60	0,49 y 0,60	0,49 y 0,60	0,74 ± 0,01	0,49 y 0,60	0,49 y 0,60

Sólidos totales (%)	72,2±0,22 y 76,5±0,52	72,2±0,22 y 76,5±0,52	7,65-88,40	72,2±0,22 y 76,5±0,52						
Actividad antioxidante (DPPH) (%)	56,32±2,28	56,32±2,28	56,32±2,28	16,37-35,36	16,37-35,36	16,37-35,36	16,37-35,36	17,0±7,5 a 47,4±3,2	16,37-35,36	16,37-35,36

Fuente: Elaboración propia

NS indican insignificante. *A. mellifera cárnica*.

* si HMF <15 mg/kg, el límite inferior oficial de diastasa es ≥ 3 Escala Göthe

Según Taha y El-Sanat (2007), parámetros fisicoquímicos como gravedad específica ($1,46 \pm 0,01$), pH ($4,58 \pm 0,01$), humedad ($15,68 \pm 0,03$), cenizas ($0,73 \pm 0,01$), SST ($83,19 \pm 0,10$), diastasa ($30,00 \pm 0,08$) y proteínas ($0,50 \pm 0,01$) tienden a variar por la especie de abeja que elabora la miel. Estas abejas habitan o son originarias de países como Arabia Saudita, Argelia, Túnez, Pakistán, Marrueco y Egipto. Factores como el grano de polen, origen botánico y la cantidad de lluvia juegan un papel importante en la diferenciación de la miel. Para la *Apis mellifera*, *Apis dorsata* y la *Trigona itama* los valores reportados en cuanto a la intensidad colorimétrica de la miel es de (73–36–49) mm respectivamente en la escala Pfund. Hay que tener en cuenta que el color de la miel depende de varios factores tales como: néctar, origen botánico, origen geográfico, condición de almacenamiento, tiempo de maduración, temperatura y especie de abeja tal como lo respalda Kek *et al.* (2014).

Según Bala *et al.* (2017) el pH promedio reportado oscila entre 3,7-4,2 para diferentes muestras de miel tomadas en distintas localidades de Nigeria. El rango de pH obtenido fue más bajo que el rango de 4,31-6,0 informado por White (1975) para mieles nigerianas de otros lugares. Esta variabilidad de pH indica que el origen geográfico de donde se obtiene la miel influye en dicho parámetro fisicoquímico. La humedad (11,60%-21,35%) también varía según el origen geográfico de la miel, al igual que con la composición química y la fuente floral (Malik *et al.*, 2005). Para el contenido de cenizas se encontró un rango de (0,16%-0,36%) y la conductividad eléctrica (1,37 mS/cm–7,32 mS/cm); los cuales, son datos oscilantes de una región a otra, esto es; porque dependen de la fuente floral y la especie de abeja (Vit *et al.*, 1998) y el origen botánico (Adebiyi *et al.*, 2004), además de estar influenciadas por la zona geográfica. La acidez titulable presenta un valor promedio de 26,0 meq/Kg-40,59 meq/Kg, rango aceptable según lo informa White (1975) al compararse con otras mieles internacionales. La fuente floral, el néctar y el origen geográfico, entre otros factores, influyen marcadamente sobre la actividad del agua (aw) en la miel, el cual es un parámetro fisicoquímico que evalúa su pureza; es decir, que no esté adulterada, por lo que, si su valor es bajo, entonces la miel es más pura. Según White (1975) el valor aceptable para la actividad del agua (aw) está entre el rango de los 0,53-0,59. Para Malik *et al.* (2015) los sólidos totales de las muestras de miel obtenidas de este estudio se encuentran dentro del rango aceptable de 78,60%-88,45%.

Para el origen botánico de la miel y su influencia sobre ciertos parámetros fisicoquímicos, Afik *et al.* (2014) reportan los siguientes valores: acidez libre (20meq/kg-60meq/kg); conductividad eléctrica-CE (0,5 mS/cm-1,7 mS/cm); humedad (15%-17,5%), pH (4-5,5) y fructosa más glucosa (42%-43%). Terrab *et al.* (2002) expone que el pH (3,36-4,63) de la miel fabricada por la abeja *Apis mellifera* en Brasil están directamente relacionado con la fuente floral, néctar, condiciones biofísicas de la región (suelo) y asociaciones de especies vegetales. Autores como Vit *et al.* (2004) afirmaron que la HMF de las abejas melíponas autóctonas de Brasil comparada con la miel de la

Apis mellifera son diferentes, de tal manera que su rango promedio reportado es de 40 mg/Kg y la de *Apis* es de 60 mg/kg. Esta diferencia se debe a factores como origen geográfico, especie de abeja, temperatura, tiempo de calentamiento, pH, condiciones de almacenamiento y fuente floral; también como buenas prácticas de manejo de colonias. En el trabajo de Oliveira *et al.* (2013) el contenido de azúcares reductores para las muestras de las abejas *S. defilis* y *T. angustula* variaron entre el 53,0% y 70,7%, lo que indica que esta propiedad tiende a variar entre especies de abejas. El porcentaje de sacarosa aparente para mieles de *A. mellifera* osciló entre 4,37% y 4,88% estando dentro de las normas de la legislación brasileña, que establece un máximo del 6% para las mieles de origen floral (Brasil, 2000); no obstante, la concentración de sacarosa depende del origen botánico, procesamiento de la miel, tiempo de maduración y su adulteración (Mateo y Bosch-Reig, 1998).

Según Álvarez-Suárez *et al.* (2010), el contenido de proteínas en la miel depende de la fuente floral, néctar y la especie de abeja; de hecho, el valor que reporta para los dos primeros factores es de 0,3 g/100 g para mieles monoflorales de *Apis mellifera*. En mieles croatas el HMF de diferentes especies botánicas como floral, algarrobo negro (*Robinia pseudoacacia* L.), colza (*Brassica napus* L.), amorfa (*Amorpha fruticosa* L.), lima (*Tilia spp.*), castaño (*Castanea sativa* Mill.), melaza, prado y salvia (*Salvia officinalis* L.) presentaron valores inferiores a 10 mg/kg, valor que, según Vahčić y Matković (2009) representa el límite superior para la miel de primera clase, lo que indica que estas mieles se recolectaron recientemente, no se calentaron y se almacenaron bien. Para la actividad diastásica, Denžić Lugomer *et al.* (2017) exponen un valor medio para la mielada de 38,0 (U. Schade) al compararse con la acacia negra cuyo valor es muy bajo. La actividad media del agua (aw) oscila entre los $0,57 \pm 0,097$ en estudios reportados por Cavia, Fernández-Muiño, Huidobro y Sancho (2004) teniendo en cuenta la miel producida por varias especies vegetales, y con respecto al tipo de especie de abeja como la *Tetragonula (Trigona) carbonaria* de Australia su valor promedio es de $0,74 \pm 0,01$ datos que son sostenidos por Oddo (2008). La capacidad antioxidante evaluada con DPPH arrojó valores experimentales de $17,0 \pm 7,5$ a $47,4 \pm 3,2\%$, según estudios realizados por Tuksitha *et al.* (2018) con miel de abejas sin aguijón de Borneo (Sarawak).

Biluca *et al.* (2016) informaron que las mieles de abejas sin aguijón de la misma fuente floral predominante de Sylva, pero producidas por nueve especies diferentes de abejas sin aguijón en São Miguel do Oeste de Brasil diferían significativamente en la conductividad eléctrica que osciló entre 0,15 y 1,34 mS/cm. Esto sugirió que la conductividad eléctrica en la miel puede variar según sus diferentes orígenes geográficos, botánicos e incluso entomológicos. El color de la miel es el primer juicio de apariencia de calidad que afecta la preferencia del consumidor. El color de la miel está relacionado con el origen floral o fuente vegetal, minerales, contenido fenólico, tiempo de almacenamiento y temperatura (Bertoncel *et al.*, 2007). Los consumidores prefieren las mieles oscuras porque tienen una mayor capacidad mineral y antioxidante, de hecho, la miel de Manuka (Malasia) fue la más oscura 23,70 según Chua *et al.* (2012). Los valores de acidez oscilaron entre 85,83 y 103,33 meq/kg, siendo superior a 50 meq/kg que está permitido para las abejas sin aguijón. La variación podría deberse a varios factores, incluido el almacenamiento de muestras antes del análisis, variación de ácidos orgánicos causados por diferentes fuentes de néctar, acción de bacterias durante la maduración de la miel, cantidad de minerales presentes, entre otros parámetros no identificados. La acidez puede ser una indicación de fermentación de azúcares en ácidos orgánicos (Khalil, 2012). Los valores de pH

variaron de 3,68 a 3,92, y este valor promedio se debe a las condiciones de almacenamiento de la miel (Crane, 1983).

Abdulkhaliq y Khalid (2017) informan en su artículo “Propiedades fisicoquímicas de la miel multifloral de Cisjordania, Palestina” valores sobre pH (3,36-4,63), azúcares reductores (68,96%-83,61%), cenizas (0,03%-0,21%), HMF (2,10 mg/Kg-34,20 mg/Kg), humedad (14,50%-19,00%), sacarosa (1,13%-6,94%), gravedad específica (1,422 g/ml-1,43 g/ml), proteínas (0,20%-0,49%) y fructosa (34,24%-41,99%) están estrechamente relacionado a factores como clima, origen geográfico, condiciones geofísicas y biofísicas, fuente floral, néctar, origen botánico, procesamiento y almacenamiento de la miel. Para Stephens *et al.* (2010; en Pasupuleti *et al.*, 2016) el porcentaje de maltosa contenido en la miel de Manuka (Malasia) fue de 1,20%. Este último autor reporta que las propiedades químicas y físicas de la miel dependen de factores como el clima, fuente floral, néctar, origen geográfico, origen botánico y especie de abejas. Estudios realizados con 35 muestras del mercado del sur de la ciudad de Quito mostraron, según Velásquez (2019), que para la actividad de la diastasa el rango obtenido fue de 11,04-16,44, teniendo en cuenta que el origen geográfico y el clima son influyentes. Estudios realizados por Al-mamarias, Al-Meerri y Al-Habori (2002) sobre la actividad antioxidante y compuestos fenólicos totales de diferentes tipos de miel, encontraron que, la actividad antioxidante para la miel de flor tropical (iraní) tiene un rango de promedio $56,32\% \pm 2,28\%$, al compararse con otras mieles de diferentes fuentes florales, origen botánico y origen geográfico en Yemen. Para la acidez libre, las mieles de abeja (*A. mellifera*) estudiadas de la región de Campos Gerais (Brasil) mostraron valores que oscilan entre 8,75 meq/kg y 62,71 meq/kg, diastasa (1,19-47,14), azúcares reductores (58,75%-82,37%), pH (3,60-5,35), Pfund (agua blanca a ámbar oscuro -7,13-155,54), humedad (15,10%-21,58%) y cenizas (0,01%-1,68%); estos valores se correlacionan con el contenido mineral (Crane, 1983; Bogdanov, Martin y Lüllmann, 1997; Brasil, 2000; en Borsato *et al.* 2010), quien en su artículo “Control de calidad fisicoquímica de mieles de abeja de Campos Gerais región de Paraná – Brasil” considera que los parámetros fisicoquímicos de la miel están influenciados por factores como origen botánico, clima, procesamiento, maduración, néctar, fuente floral, condiciones biofísica (suelo), especie de abeja y origen geográfico.

Se estima que la miel proviene de más de 2 500 tipos de flores de diferentes plantas; por tanto, sus características fisicoquímicas varían ampliamente. La composición de la miel depende de varios factores, como la composición del néctar, la ubicación de la fuente, la cosecha, biomas, sitios, la temporada, el manejo y especialmente las especies de abejas (Carvalho *et al.*, 2009), citado por Lage *et al.* (2012), el cual reporta para los sólidos solubles totales (SST) un rango de 62,2% a 77,0%. La actividad del agua (aw) oscila en un rango de 0,49% y 0,60% (Alcalá y Gómez, 1990). Según Babarinde *et al.* (2011) en su artículo “Efectos de los métodos de recolección sobre las cualidades fisicoquímicas y microbianas de la miel” el valor o rango que se reporta para los sólidos totales del producto oscila entre 72,2% y 76,5%, para la gravedad específica está entre 1,2 g/ml y 1,4 g/ml, acidez titulable 22,3 meq/kg y 37,5 meq/kg, fructosa 34,1% y 37,0%, proteínas correlacionándolas por el contenido de Nitrógeno en 0,20% y 0,26%, viscosidad de 13,6 cps y 16,5 cps. La suma de fructosa y glucosa en todas las muestras de miel estaban por encima de 60 g/100 g como lo especifica CAC (1998); y representa más del 60% del peso de la miel (Finola *et al.* 2007).

Moreti *et al.* (2009) informó que, para la conductividad eléctrica de la miel su valor promedio fue de 0,383 mS/cm. Para White (1980), el disacárido más abundante de la miel es la maltosa (7% por término medio). La valoración de la actividad oxidante de la miel por medio del método DPPH según Bondet *et al.* (1997; en Tapias *et al.*, 2017) en su artículo científico “Caracterización físicoquímica, contenido fenólico y preferencias de los consumidores de miel de *Apis mellifera* en el sur de Jalisco, México” fue de 16,37–35,36 μM de TE/100 g, y estas propiedades están influenciada por los diversos factores ya antes mencionados.

Cabe resaltar que los rangos o promedios reportados en los artículos estudiados sobre las propiedades físicoquímicas de la miel de abeja son en su mayoría utilizados para establecer parámetros de control en la calidad de la miel; teniendo en cuenta que este producto es comercializado por sus bondades nutracéuticas y cosméticas. La extracción, el almacenamiento, la producción y la metodología para el análisis de las propiedades de la miel se hallan definidas bajo protocolos normativos que están de conformidad al país o entidad certificadora que la expide. Ahora bien, estos rangos evaluados también muestran como evidencia que dichas propiedades físicoquímicas están marcadamente influenciadas por los factores tratados en este artículo.

CONCLUSIONES

Finalmente, a partir de los argumentos anteriores se concluyó que la Revisión Sistemática de Literatura realizada en este artículo demuestra que las propiedades físicoquímicas de la miel dependen principalmente de la fuente floral, origen botánico y origen geográfico, entre otros diversos factores abordados, e influye de manera decisiva en los valores que se reportaron sobre la caracterización físicoquímica de la miel para la evaluación de su calidad o pureza: teniendo en cuenta el marco normativo recomendado por la AOAC, el Codex alimentario, la Norma de la Unión Europea para la miel, la Norma Brasileira y la Comisión Internacional de la miel. No obstante; vale la pena con la información que se encontró, seguir avanzando en este campo del conocimiento, ya que se requiere una mayor profundidad e investigación para establecer una relación de especificidad entre los factores que influyen de manera individual sobre los parámetros físicoquímicos que se emplean para garantizar o valorar la calidad de la miel.

La dinámica de las publicaciones académicas en estos últimos 10 años (2011-2020), teniendo en cuenta las correlaciones entre los parámetros físicoquímicos, países donde se desarrollaron los estudios, años en que se publicaron los artículos, factores que determinaron los parámetros de la miel, mostraron a Brasil, Colombia, México, India, Argentina y España como los países que más información o más producción investigativa tuvieron en este campo del conocimiento: dada la megabiodiversidad y las condiciones climáticas propicias para el desarrollo de diferentes especies de abejas productoras de miel. Esta información es válida tenerla en cuenta, sobre todo, en el sector apicultor, puesto que la miel para comercializarse debe cumplir con unos estándares de calidad, los cuales dependen de las propiedades físicoquímicas. Igualmente, la información tratada en este artículo permite a los investigadores interesados en este campo comparar y seleccionar el país con mayor producción académica sobre el estudio de la miel de abeja.

Factores como la fuente floral, origen botánico y origen geográfico influyen, según el análisis realizado, en los resultados de los parámetros fisicoquímicos como el de acidez libre, actividad de diastasa, azúcares reductores, cenizas, color instrumental pfund, conductividad eléctrica (CE), hidroximetilfurfural (HMF), humedad, pH y sacarosa.

La humedad fue el parámetro fisicoquímico dentro de la valoración de la calidad y pureza de la miel de abeja que más se relacionó con la fuente floral, origen botánico, origen geográfico, néctar, clima, tiempo de maduración, condiciones biofísicas de la región, especie de abeja, procesamiento de la miel y condiciones de almacenamiento.

En virtud de la RSL, se reportaron valores encontrados entre los parámetros fisicoquímicos como acidez libre, actividad de diastasa, azúcares reductores, cenizas, color instrumental pfund, conductividad eléctrica, contenido mineral, HMF, humedad, pH, sacarosa, gravedad específica, sólidos solubles totales (SST), proteínas, fructosa/glucosa, fructosa, maltosa, viscosidad, acidez titulable, actividad del agua (aw), sólidos totales y actividad antioxidante; teniendo en cuenta los factores que influyen en dichas propiedades, como: fuente floral, origen botánico, origen geográfico, néctar, clima, tiempo de maduración, condiciones biofísicas de la región, especie de abeja, procesamiento de la miel y condiciones de almacenamiento.

REFERENCIAS

Abdulkhaliq, A. & Swaileh, K. M. (2017). Propiedades fisicoquímicas de la miel multifloral de Cisjordania, Palestina. *Revista internacional de propiedades alimentarias*, 20(2), 447-454. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1166128>

Adebiyi, F.M., Akpan, I., Obianjuwa, E.I. & Olaniyi, H.B. (2004). Chemical and physical characterization of Nigerian honey. *Pakistan Journal Nutrition*, 3 (5), 278-281. <https://doi.org/10.1560/IJPS.57.3.253>

AENOR (2018). Asociación Española de Normalización y Certificación. *Norma Española Experimental UNE 166006 Gestión de la I+D+i: Sistema de vigilancia e inteligencia*. <https://www.clusterinnovacion.es/166002.pdf>

Afik, O., Delaplane, K. S., Shafir, S., Moo-Valle H. & Quezada-Euán J. J. G. (2014). Nectar minerals as regulators of flower visitation in stingless bees and nectar hoarding wasps. *J Chem Ecol*, 40(5), 476-83. <https://doi.org/10.1007/s10886-014-0455-8>

Alcalá M., & Gómez R. (1990). Cálculo de la actividad de agua de la miel. *Aliment Equip y Tecnol*, 99-100.

Al-mamarias M., Al-Meeri A. & Al-Habori H. (2002). Actividades antioxidantes y fenólicos totales de diferentes tipos de miel. *Investigación nutricional*, 22(9), 1041-1047. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(02\)00406-2](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(02)00406-2)

Almeida-Muradian, L. B., & Gallmann, P. (2012). Generalizability of PLS calibrations with FT-IR ATR spectrometry for the prediction of some physicochemical measurands of honey. *ALP Science*, 541, 1–20.

Almeida-Muradian L.B., Stramm K.M., Horita A., Barth M.O., De Freitas A.D. & Estevinho L.M. (2013). Comparative study of the physicochemical and palynological characteristics of honey from *Melipona subnitida* and *Apis mellifera*. *International Journal of Food Science & Technology*, 48(8), 1698-1706. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12140>

Almeida-Muradian, L. B., Sousa, R. J., Barth, O. M. & Gallmann, P. (2014). Preliminary data on brazilian monofloral honey from the northeast region using ft-ir atr spectroscopic, palynological, and color analysis. *Química Nova*, 37(4), 716–719. <https://doi.org/10.5935/0100-4042.20140115>

Almeida-Muradian, L. B., Stramm, K. M. & Estevinho, L. M. (2014). Efficiency of the FT-IR ATR spectrometry for the prediction of the physicochemical characteristics of *Melipona subnitida* honey and study of the temperature's effect on those properties. *International Journal of Food Science & Technology*, 49(1), 188–195. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12297>

Almeida-Silva, M., Canha, N., Galinha, C., Dung, H. M., Freitas, M. C. & Siteo, T. (2011). Trace elements in wild and orchard honeys. *Applied Radiation and Isotopes*, 69(11), 1592-1595. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2011.01.013>

Álvarez-Suárez, JM, Tulipani, S., & Romandini, S. (2010). Contribución de la miel en la nutrición y la salud humana: una revisión. *Mediterr J. Nutr Metab* 3, 15–23 (2010). <https://doi.org/10.1007/s12349-009-0051-6>

AOAC, Association of Official Agricultural Chemists (1990). AOAC official methods of analysis (15th ed., Vol. 1, pp. 136–138). AOAC. (1992). AOAC 969.38B, MAFF validated method V21 for moisture in honey. *Journal of the Association of Public Analysts*, 28, 183–187.

Arango, B. *et al.* (2012). Vigilancia Tecnológica: Metodologías y Aplicaciones. *Revista Gestión de las Personas y Tecnología*, (13). <https://revistas.usach.cl/ojs/index.php/revistagpt/article/download/615/593/>

Arévalo, J.A. (2004). Recuperación de la información: La Búsqueda bibliográfica. "Curso preparatorio a las pruebas selectivas de ayudante de archivos y bibliotecas". Vol. 2004. Universidad de Salamanca, España. <http://eprints.rclis.org/5610/2/busquedapres.pdf>

Babarinde, G.O., Babarinde, S.A., Adegbola, D.O. & Ajayeoba, S.I. (2011). Efectos de los métodos de recolección sobre las cualidades fisicoquímicas y microbianas de la miel. *Revista de ciencia y tecnología de los alimentos*, 48(5), 628-634. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0329-9>

Bala JD., Kuta, FA., Adabara, NU., Abioye OP., Adelere IA., Adel A.S. Al-Gheethi., Kaizar H. & Udoh UP. (2017). Microbiological and Physicochemical Quality of Honey in Minna Metropolis, Nigeria. *Journal of Science and Technology in the Tropics*, 13(1), 1-13.

Beretta, G., Granata, P., Ferrero, M., Orioli, M. & Facino, RM. (2005). Estandarización de las propiedades antioxidantes de la miel mediante una combinación de ensayos espectrofotométricos/fluorimétricos y quimiometría. *Anal. Chim. Acta*. 533, 185-191. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.11.010>

Bertoncel, J., Dobersek, U., Jamnik, M. & Golob, T. (2007). Evaluación del contenido fenólico, la actividad antioxidante y el color de la miel eslovena. *Food Chem*, 105, 822-828. <https://doi.org/10.1088/1126-6708/2007/01/060>

Biluca, F.C., Braghini, F., Gonzaga, L.V., Costa, ACO. & Fett, R. (2016). Perfiles fisicoquímicos, minerales y compuestos bioactivos de la miel de abeja sin aguijón (Meliponinae). *J. Food Composit. Anal.* 50, 61-69. <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2016/05/007>

Bogdanov, S. *et al.* (2018). Calidad de la miel de abejas y estándares de control: Revisión realizada por la Comisión Internacional de la Miel. [https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/calidad miel de abejas y estándares de control.pdf](https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/calidad%20miel%20de%20abejas%20y%20est%C3%A1ndares%20de%20control.pdf)

Bogdanov, S. (2009). *Harmonised methods of the international honey commission*. International Honey Commission. <http://www.ihcplatform.net/ihcmethods2009.pdf>

Bogdanov, S. (2011). *The honey book*. <http://www.bee-hexagon.net/honey/>

Bogdanov, S., Haldimann, M., Luginbühl, W. & Gallmann, P. (2007). Minerals in honey: Environmental, geographical and botanical aspects. *Journal of Apicultural Research*, 46(4), 269–275. <https://doi.org/10.1080/00218839.2007.11101407>

Bogdanov, S. & Martin, P. (2002). Honey authenticity: A review. *Mitteilungen Aus Dem Gebiete Der Lebensmitteluntersuchung Und Hygiene*, 6, 1-20.

Bogdanov, S., Martin P. & Lüllmann C. (1997). Métodos armonizados de la comisión europea de la miel. *Apidologie*, número adicional, 1-59. <https://www.ihcplatform.net/ihcmethods2009.pdf>

Borsato, D., Vargas, T., Koop, L., Farago, P. & Almeida, M. (2010). Physicochemical quality control of bee Honeys from Campos Gerais region of Paraná -Brazil. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, 28(2). <http://dx.doi.org/10.5380/cep.v28i2.20402>

Bondet, V., Brand, W.W. & Berset, C. (1997). Cinética y mecanismos de actividad antioxidante utilizando el método de radicales libres DPPH. *Lebens. -Wissensch. Tecnología* 30, 609-615. <https://doi.org/10.1006/fstl.1997.0240>

Brasil. (2000). Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 11, de 20 de outubro de 2000. Estabelece o regulamento técnico de identidade e qualidade do mel. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília*, 23 out. 2000. Seção 1, p.16-17.

CAC (1998). Codex Alimentarius Commission. Codex Alimentarius Draft revised for honey CAD CX P 5/102, CI, 1998/12-S 1998, FAO: Rome, Italy

Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., & Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>

Carvalho C., Sodré G.S., Fonseca A.A.O., Silva S.M.P.C., Oliveira G.A. & Clarton L. (2006). Perfil sensorial de muestras de miel de abejas sin aguijón en el Estado de Bahía. *Magistrado* 18: 265-269. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652009000100015>

Carvalho C., Sodré G., Fonseca A., Alves R., Souza, B. & Clarton L. (2009). Physicochemical characteristics and sensory profile of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponinae) submitted to a dehumidification process. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 81, 143-149.

Cauich, R., Ruiz, J., Ort z, E., & Segura, M. (2015). Potencial antioxidante de la miel de Melipona beecheii y su relación con la salud: una revisión. *Nutrici n Hospitalaria*, 32(4), 1432-1442. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.4.9312>

Cavia, M. M., Fern ez-Mui o, M. A., Huidobro, J. F. & Sancho, M. T. (2004). Correlation between moisture and water activity of honeys harvested in different years. *Journal of Food Science*, 69(5), C368-C370. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb10699.x>

Cimpoiu, C., Hosu, A., Miclaus, V. & Puscas, A. (2013). Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A. Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.04.008>

Ciulu, M., Solinas, S., Floris, I., Panzanelli, A., Pilo, M. I., Piu, P. C., Spano, N., & Sanna, G. (2011). RP-HPLC determination of water-soluble vitamins in honey. *Talanta*, 83(3), 924-929. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.10.059>

Codex Alimentarius (2001). *Norma del Codex Alimentarius para la miel 12-1981*. Norma revisada del Codex para la miel. Estándares y métodos estándar (Vol. 11). <http://www.codexalimentarius.net>

Combarros, F.P., Tornadijo, M.E., Castro, J.M., & Fresno, J.M. (2012). *Capacidad antioxidante de mieles españolas acogidas a marcas de calidad*. Departamento de Higiene y Tecnología de Alimentos. Universidad de León, España.

Corbella, E. & Cozzolino, D. (2006). Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 534-539. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.011>

Crane, E. (1975). *Honey: A comprehensive survey*. (1a. ed.). Londres: Heinemann International the Bee Research Association (IBRA).

Crane, E. (1979). *Honey: A comprehensive survey*. (1a. ed.). Heinemann.

Crane, E. (1983). *O livro do mel* (2a. ed.). Livraria Nobel.

Cruz, L. C. *et al.* (2014). A study on the quality and identity of Brazilian Pampa biome honey: Evidences for its beneficial effects against oxidative stress and hyperglycemia. *International Journal of Food Science*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/470214>

Chua, L. S., Lee, J. Y. & Chan, G. F. (2013). Honey protein extraction and determination by mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 405(10), 3063-3074. <https://doi.org/10.1007/s00216-012-6630-2>

Chua, L.S., Abdul-Rahaman, N.-L., Sarmidi, M.R. & Aziz, R. (2012). Composición de elementos múltiples y propiedades físicas de muestras de miel de Malasia. *Food Chem*, 135, 880-887. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.106>

Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O. & Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323.

De-Melo, A. A. M., Almeida-Muradian, L. B., Sancho, M. T. & Pascual-Mate, A. (2017). Composition and properties of Apis mellifera honey: A review. *Journal of Apicultural Research*, 57(1), 5-37. <https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1338444>

De Sousa, J.M.B., de Souza E.L. & Marques G. (2016). Sugar profile, physico-chemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different stingless bee species in Brazilian semiarid region LWT. *Food Science and Technology*, 65, 645-51

Denžić Lugomer, M., Pavliček, D., Kiš, M., Končurat, A. & Majnarić, D. (2017). Quality assessment of different types of Croatian honey between 2012 and 2016. *Veterinarska Stanica*, 48(2), 93-99.

Díaz, R. & Fernández, D. (1998). Determinación de algunos parámetros de calidad de la miel en la Provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 10, 107-122. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1090577>

Domínguez, M. A., Jacksén, J., Emmer, Á. & Centurión, M. E. (2016). Capillary electrophoresis method for the simultaneous determination of carbohydrates and proline in honey samples. *Microchemical Journal*, 129, 1-4. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2016.05.017>

Evangelista-Rodrigues A., Silva E.M., Beserra E.M. F. & Rodrigues M.L. (2005). Análise Físicoquímica dos méis das abelhas *Apis mellifera* e *Melipona scutellaris* produzidos em duas regiões distintas no Estado da Paraíba. *Ciência Rural*, 35, 1166-1171. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782005000500028>

Fattori, S.B. (2004). *La miel: propiedades, composición y análisis físicoquímico*. Universidad de Buenos Aires, República Argentina, Dirección Nacional de Derecho de Autor. Expediente N° 359100. https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/la_miel_propiedades_composicion_y_analisis_fisico-quimico.pdf

Fechner, D., Moresi, A., Ruiz, J., Pellerano, R. & Vázquez, F. (2016). Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*, 15, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.002>

Finola, M. S., Lasagno, M. C. & Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100(4), 1649- 1653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.046>

Folin E. & Denis W. (1992). On phosphotungsticphosphomolybdic compounds as color reagents. *The Journal of Biol. Chemistry*, 12, 239-243. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)88697-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)88697-5)

Gómez-Díaz, D., Navaza, J. M. & Quintáns-Riveiro, L. C. (2012). Physicochemical characterization of Galician honeys. *International Journal of Food Properties*, 15(2), 292-300. <https://doi.org/10.1080/10942912.2010.483616>

González, G., González, C., Pérez, S. & Gómez, O. (1995). *Características físicoquímicas de la miel producida en el estado de Durango* [resumen]. IX Seminario de Apicultura. Instituto Politecnico Nacional-Centro De Investigacion En Biotecnologia Aplicada.

Haberle, L., & Zarratea, A. (2014). Informe Internacional de la Miel-Quinquenio 2009- 2013. Corrientes: Instituto de Fomento Empresarial. Recuperado de: <http://www.mptt.gov.ar/site13/index.php/docum?download=774: comercio...de-miel>

Hermosín, I., Chicon, R. M., &, & Dolores Cabezudo, M. (2003). Free amino acid composition and botanical origin of honey. *Food Chemistry*, 83(2), 263–268. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00089-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00089-X)

Insuasty-Santacruz, E., Martínez-Benavides J. & Jurado-Gámez H. (2016). Identificación De Flora Y Análisis Nutricional De Miel De Abeja Para La Producción Apícola. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. Print versión*, 14(1), 1692-3561. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)37-44](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)37-44)

Jibril, F.I., Hilmi, A.B.M. & Manivannan, L. (2019). Aislamiento y caracterización de polifenoles en miel natural para el tratamiento de enfermedades humanas. *Toro. Natl. Res. Centavo*. 2019, 43(4). <https://link.springer.com/article/10.1186/s42269-019-0044-7>

Khalil, M. I., Moniruzzaman, M., Boukraâ, L., Benhanifia, M., Islam, M. A., Islam, M. N., Sulaiman, S. A., & Gan, S. H. (2012). *Molecules*, 17, 11199. <https://doi.org/10.3390/molecules170911199>

Kek, SP, Mentón, NL, Yusof, YA, Tan, SW, & Chua, LS (2014). Contenido fenólico total e intensidad del color de las mieles malasias de *Apis* spp. y *Trigona* spp. *Abejas. Agric. Agric. Sci. Procedia*, 2, 150-155. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.022>

Lage L.G.A., Coelho L.L., Resende H.C., Tavares M.G., Campos L.O. & Fernandes-Salomão T.F. 2012. Honey physicochemical properties of three species of the brazilian *Melipona*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 84, 605-608. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652012005000051>

Laverde, J. C., Egea, L. M., Rodríguez, D. M., & Peña, J. E. (2010). *Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12612>

Lazarević, K., Andri, F., Trifkovi, J., Teši, Z. & Milojkovi-Opsenica, D. (2012). Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, 132(4), 2060-2064. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.048>

Malik N., Mohamed F. & Chakib, E. (2005). Microbiological and physico-chemical properties of Moroccan honey. *International Journal Agricultural Biology* 7(5), 773-776.

Mateo R. & Bosch-Reig F. (1998). Classification of Spanish unifloral honeys by discriminant analysis of electrical conductivity, color, water content, sugars and pH. *J. Agric. Food Chem*, 46, 393-400. <https://doi.org/10.1021/jf970574w>

Moniruzzaman, M., Sulaiman, S. A., Khalil, I. & Gan, S. H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: A comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7(138), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-138>

Moreti, A.C.D.C., Sodr e, G.D.S., Marchini, L.C. & Otsuk, I.P. (2009). Características fisicoquímicas de muestras de miel de *Apis mellifera* L. del estado de Ceará, Brasil. *Ciencia y Tecnología de Alimentos-Agrotec*, 33(1), 191-199. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542009000100027>

Nascimento, K. S. D., Gasparotto Sattler, J. A., Lauer Macedo, L. F., Serna Gonzalez, C. V., Pereira de Melo, I. L., da Silva Araujo, E., Granato, D., Sattler, A. & de Almeida-Muradian, L. B. (2018). January). Phenolic compounds, antioxidant capacity and physicochemical properties of Brazilian Apis mellifera honeys. *LWT*, 91, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.016>

Oddo, L.P., Escuchado, T.A., Rodríguez-Malaver, A., Pérez, R.A., Fernández-Muiño, M., Sancho, M.T., Sesta, G., Lusco, L. & Vit, P. (2008). Composición y actividad antioxidante de la miel de Trigona Carbonaria de Australia. *J. Med. Comida*, 11, 789 - 794. <https://doi.org/10.1055/s-2007-968673>

Oliveira K.A.M., Ribeiro L.S. & Oliveira G.V. (2013). Caracterização microbológica, fisicoquímica y microscópica de mel de abelhas canudo (*Scaptotrigona depilis*) e jataí (*Tetragonisca angustula*). *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande*, 15, 239-242. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v15n3p239-248>

Pasupuleti, V.R., Kumara, T.K., Naguib, S. & Siew, H.G. (2016). Efectos biológicos y terapéuticos de la miel producida por abejas melíferas y abejas sin aguijón: una revisión comparativa. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(5), 657-664.

Pineda Ballesteros, E., Castellanos Riveros, A. & Téllez Acuña, F. R. (2019). Determinantes fisicoquímicos de la calidad de la miel: una revisión bibliográfica. *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 16(83). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr16-83.dfc>

Popek, S. (2002). A procedure to identify a honey type. *Food Chemistry*, 79(3), 401- 406. [https://doi.org/10.1016/S 0308-8146\(02\)00391-6](https://doi.org/10.1016/S 0308-8146(02)00391-6)

Sánchez, O. A., Castañeda, P. C., Muños, G., & Tellez, G. (2013). Aportes para el análisis del sector apícola colombiano. *CienciAgro*, 2(4), 469-483. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a05.pdf

Sant'Ana, L. D'O., Sousa J.P.L.M., Salgueiro F.B., Lorenzon, M.C.A. & Castro R.N. (2012). Characterization of Monofloral Honeys with Multivariate Analysis of Their Chemical Profile and Antioxidant Activity. *J. Food Sci.*, 71, 135-140. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02490.x>

Sarker, N., Zaman, M. A., Muhammad, A. N., Fardous, Z., Moniruzzaman, M., & Gan, S. H. (2015). Heavy metal contents and physical parameters of *Aegiceras corniculatum*, *Brassica juncea*, and *Litchi chinensis* honeys from Bangladesh. *BioMed Research International*, 1-7. <https://dx.doi.org/10.1155/2015/720341>

Savitri N.P.T.S., Hastuti E.D. & Suedy S.W.A. (2017). Kualitas madu lokal dari beberapa wilayah di Kabupaten Temanggung. *Buletin Anatomi dan Fisiologi* 2(1), 58-66. <https://doi.org/10.14710/baf.2.1.2017.58-66>

Soto, M.L., Elizarraras R. & Soto, I. (2017). Situación apícola en México y perspectiva de la producción de miel en el estado de Veracruz. *Revista de Estrategias del Desarrollo Empresarial*, 3(7), 40-64.

Stephens, J.M., Schlothauer, R.C., Morris, B.D., Yang, D., Fearnley, L. Greenwood, D.R., & Loomes, K.M. (2010). Compuestos fenólicos y metilglioxal en algunas mieles de manuka y kanuka de Nueva Zelanda. *Food Chem*, 120(20). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.074>

Taha, E. A. & El-Sanat, S. Y. (2007). Effect of combs age on honey production and its physical and chemical properties. *Bulletin of Entomological Society of Egypt*, 11, 9-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0260865>

Taha, E. A., Manosur, H. M., & Shower, M. B. (2010). The relationship between comb age and the amounts of mineral elements in honey and wax. *Journal of Apicultural Research and Research*, 49(2), 202-207. <https://dx.doi.org/10.3896/IBRA.1.49.2.10>

Terrab, A., Recamales, A., Hernanz, D. & Heredia, F. (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88(4), 537-542. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.068>

Trávníček, P., Vítěz, T., Přidal, A. (2012). Propiedades reológicas de la miel. *Sci. Agric. Bohemica*, 43, 160-165. <https://doi.org/10.7160/sab>

Tuksitha, L., Chen, Y., Chen, Y., Wong, K. & Peng, C. (2018). Capacidad antioxidante y antibacteriana de la miel de abeja sin aguijón de Borneo (Sarawak). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(2), 563-570. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2018.03.007>

Vahčić, N., & Matković, D. (2009). *Kemijske, fizikalne i senzorske značajke meda*.

Velásquez, D. & Goetschel, L. (2019). Determinación de la calidad físicoquímica de la miel de abeja comercializada en Quito y comparación con la miel artificial. *Enfoque UTE*, 10(2), 52-62. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n2.406>

Vit P., Gutiérrez M.G., Rodríguez-Malaver A.J., Aguilera G., Fernández-Díaz C. & Tricio A.E. (2009). Comparación de mieles producidas por la abeja yateí (*Tetragonisca fiebrigi*) en Argentina y Paraguay. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 43: 219-226.

Vit P., Medina M. & Enriquez M.E. (2004). Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World*, 85, 2-5. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2004.11099603>

Vit P., Persano O.L., Marano M.L. & Salas de Mejias E. (1998). Venezuelan stingless bee honeys characterized by multivariate analysis of physico-chemical properties. *Apidol*, 29, 377-89. <https://doi.org/10.1051/apido:19980501>

Weadmore, E. B. (1955). The accurate determination of the water content of honeys. 1-Introduction and results. *Bee World*, 36(11), 197-202. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1955.11094904>

White, J. (1994). El papel de los ensayos de HMF y diastasa en la evaluación de la calidad de la miel. *Bee World*, 75(3), 104-117. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0005772X.1994.11099213>

White, J. & W., Jr. (1997). Specific Determination of Sucrose in Honey. *Journal of Official Association Agricultural Chemists*, 60(3), 669-672. <https://doi.org/10.1093/jaoac/60.3.669>

White J.W. (1975). *Physical characteristics of honey. A comprehensive survey hienemann.*

White, J. W., Reithof, M. L., Sucers, M. H. & Kushnir, J. (1962). *Composition of American honeys.* Technical Bulletin USDA.

White, J. W. (1980). Detection of Honey Adulteration by Carbohydrate Analysis. *JAOAC*, 63(1), 11-18. <https://doi.org/10.1093/jaoac/63.1.11>