

ANÁLISIS PALINOLÓGICO Y FISICOQUÍMICO DE MIEL DE ABEJAS (*Apis mellifera l.*) PROCEDENTE DE ALGUNOS MUNICIPIOS DEL ORIENTE Y SUROESTE DE ANTIOQUIA (COLOMBIA)^a

PHYSICOCHEMICAL AND PALYNOLOGYC ANALYSIS OF *Apis mellifera l.* HONEYBEE COLLECTED FROM SOME EASTERN AND SOUTHWESTERN MUNICIPALITIES OF ANTIOQUIA (COLOMBIA)

CÉSAR A. VELÁSQUEZ^b, JESÚS H. GIL^c, JOHN F. URREGO^d, DIEGO DURANGO^e,
IVONNE M. CASTAÑEDA^b

Recibido 13-10-2016, aceptado 02-12-2016, versión final 20-12-2016.

Artículo Investigación

RESUMEN: Con el fin de determinar la calidad de la miel de *Apis mellifera* subespecie *scutellata*, procedente de algunos municipios del Suroeste y Oriente Antioqueño (Colombia), producidas durante los años 2013 y 2015, se realizó un estudio fisicoquímico y palinológico de 18 muestras. El análisis fisicoquímico reveló que todos los parámetros analizados se encontraban dentro de los valores establecidos por la normatividad Colombiana, con muy pocas excepciones. En general todas las mieles analizadas fueron de buena calidad y las variaciones en los parámetros analizados, fueron relacionadas con el origen botánico y geográfico de las mismas o errores en el proceso de manipulación. Desde el punto de vista palinológico se observó que la mayoría de mieles del Suroeste fueron uniflorales y las del Oriente multiflorales; la riqueza total de polen de las muestras fue muy variable en ambas regiones, oscilando desde muy pobres a muy ricas. En Oriente el taxón más común fue Asteraceae, seguido de Fabaceae, Solanaceae, Myrtaceae (principalmente *Eucalyptus*), *Hypochaeris*, *Borreria* y *Hedyosmum* y en el Suroeste fueron *Coffea arabica* y *Cecropia agustifolia* seguidos

^aVelásquez, C. A., Gil, J. H., Urrego, J. F., Durango, D., Castañeda, I. M. (2016). Análisis palinológico y fisicoquímico de miel de abejas (*Apis mellifera l.*) procedente de algunos municipios del Oriente y Suroeste de Antioquia (Colombia). *Revista de la Facultad de Ciencias*, 5 (2), 65–87. DOI: <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v5n2.60541>

^bEscuela de Biociencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. cavelasq@unal.edu.co, labpaleo_med@unal.edu.co

^cDepartamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. jhgilg@unal.edu.co

^dLaboratorio de Bromatología, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. jfurregor@unal.edu.co

^eEscuela de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. dllduran-go@unal.edu.co

PALABRAS CLAVE: Antioquia, calidad de miel, Palinología, Fisicoquímica.

ABSTRACT: In order to determine the honey quality of the species *Apis melliferae* subspecies *scutellata*, from some of the Southwestern and Eastern municipalities of Antioquia Department (Colombia), during 2013 and 2015, physicochemical and palynological studies were made in 18 samples. The physicochemical analysis revealed that all analyzed parameters agreed to the established values of the Colombian laws, with few exceptions. Overall the total honeys samples were considered of good quality and minor variations in the analyzed parameters were attributed to the honeys botanical or geographic origin and also errors in the handling processes. From the palynological view point, most of the samples from southwestern region were unifloral and the Eastern ones were multifloral; total pollen richness was highly variable in both regions, ranging from very poor to very rich samples. The most common taxon in the Eastern region was Asteraceae, followed by Fabaceae, Solanaceae, Myrtaceae (mainly *Eucalyptus*), *Hypochaeris*, *Borreria* and *Hedyosmum* and in the Southwest, the most abundant taxa were *Coffea arabica* and *Cecropia agustifolia* followed by *Mimosa*, *Fabaceae*, *Cordia*, *Mangifera indica* and *Acalypha*.

KEYWORDS: Antioquia, honeybee, Palynology, Physicochemistry, quality.

1. INTRODUCCIÓN

La miel es la sustancia natural dulce producida por obreras de abejas melíferas a partir del néctar de las flores, secreciones extraflorales o insectos chupadores de savia; que las abejas toman, transportan, transforman, concentran y almacenan en los panales (Ulloa, et al., 2010; Codex Alimentarius Commission, 2001). La miel puede variar en propiedades fisicoquímicas como color, humedad, aroma, densidad y sabor; según el contenido de minerales, carbohidratos, agua, ácidos orgánicos, vitaminas, proteínas, aminoácidos, enzimas, pigmentos, polen y cera (Codex Alimentarius Commission, 2001) y, también por factores como tipo de néctar, suelo, condiciones climáticas, manejo y forma de extracción, origen botánico y geográfico (Fonnegra, 1989; Ulloa, et al., 2010; Persano Oddo, et al., 1995). En conjunto, son factores que tanto el apicultor como el usuario deben tener en cuenta al momento de comercializar y consumir el producto y por lo tanto son de mucho valor, no sólo en aspectos nutricionales sino también en el mercadeo.

La variabilidad en los cerca de 400 componentes de la miel, ha hecho que los investigadores determinen rangos que estas sustancias deben cumplir, para garantizar su pureza y calidad a los consumidores (Dimi & Ilze, 2006; Vásquez, 2010). Además de la apreciación sensorial que brindan el color, olor o sabor; características fisicoquímicas como conductividad eléctrica, acidez (pH), actividad diastasa e invertasa, rotación específica, sólidos insolubles en agua y los contenidos de prolina (Bodganov, et al., 1999; Baroni, et al., 2009), azúcares, humedad, minerales (a menudo reemplazado por el de conductividad eléctrica) y HMF (Hidroximetilfulfural), han sido establecidos

como estándares para control de calidad.

El HFM (Hidroximetilfurfural) y la actividad diastásica, indican el grado de envejecimiento de la miel; un valor alto de HMF y bajos valores de la enzima diastasa indican que su almacenamiento no ha sido adecuado o ha estado sometida a altas temperaturas. La humedad hace referencia al contenido de agua y la actividad de agua (aw) da un valor más exacto de la disponibilidad potencial del agua en la miel; estos dos factores son relevantes respecto a la calidad y almacenamiento, ya que altos valores de humedad son indicadores de que la miel es propensa a fermentarse (Zamora, et al., 2008; Zandamela Mungó, 2008). El pH de la miel, que en su estado natural es ácido (3.5–5.5), determina el sabor y protege la miel del deterioro y proliferación de microorganismos (Bodganov, et al., 2004). La conductividad eléctrica determina la cantidad de minerales que hay en la miel y el valor de ceniza expresa el contenido de sales minerales y puede ser un indicativo del origen geográfico ya que su contenido depende del tipo de suelo donde se encuentran las plantas generadoras de néctar (Karabagias, et al., 2014). En este aspecto, el color también puede ser determinante, pues se sabe que a mayor contenido de minerales más oscura es la miel (Suescún & Vit, 2008). El color de la miel, que va desde ámbar claro a oscuro, también está determinado por el origen botánico, temperatura, cantidad de polen superficial y tiempo de almacenamiento (Terrab, et al., 2005; Bodganov, et al., 2004). Otro componente importante en la calidad de la miel son los carbohidratos, mono y disacáridos, que representan el 73–95 % de su peso seco (Dimi & Ilze, 2006; Zamora, et al., 2008); de ellos la fructuosa, glucosa, sacarosa y maltosa son de gran utilidad porque ayudan a diferenciar mieles uniflorales de multiflorales o detectar problemas de adulteración.

Igual que los análisis sensoriales y fisicoquímicos, los análisis palinológicos de la miel son de mucha utilidad en la determinación de la calidad, en razón de que las plantas apícolas (nectaríferas, poliníferas o ambas) pueden ser identificadas por su contenido de polen. En el proceso de recolección de néctar, para elaboración de la miel, las abejas se impregnan con polen de las plantas que visitan y terminan transportándolo al interior de la colmena. En el control de calidad, esto es importante ya que la presencia o ausencia de polen puede dar indicios de que las abejas fueron alimentadas con sustancias azucaradas o que la miel fue suplementada con polen, melaza o sustancias azucaradas o fueron usadas trampas de polen. De igual manera la presencia de esporas de hongos en la miel da indicios de contaminación de la misma (Fonnegra, 1989; Von Der, et al., 2004; Russmann, 1998; Louveaux, et al., 1978). Esto significa que el estudio polínico de la miel (Melisopalinología), no solo ayuda en el control de calidad, sino que da información del tipo de plantas que usan las abejas y del origen geográfico de las mismas.

Dado que el néctar es muy pobre en proteínas, el polen se convierte en la principal fuente de estas en la miel; además de que contienen vitaminas, minerales y otros compuestos que hacen que el contenido de los mismos sea proporcional a su valor nutricional. En Estados Unidos y algunos estados

de Europa se acepta que para que una miel pura tenga buen valor nutritivo, debe de contener más de 200.000 granos de polen por cada 10mL y en el trópico más de 100.000 por cada 10 mL, incluso después de su centrifugación (Fonnegra, 1989). En el caso de mieles que se filtran para eliminar impurezas, el contenido de polen puede disminuir.

Además de la composición y calidad de la miel, otros aspectos como la producción, mercadeo y consumo, son vitales en la industria apícola. La determinación de la calidad de la miel establecida a través de diferentes criterios como los análisis fisicoquímicos, palinológicos y propiedades organolépticas (Bodganov, et al., 2004); es una práctica poco usada en Colombia por el apicultor común, a pesar de la normatividad existente y es frecuente encontrar en el mercado nacional mieles adulteradas o sustitutos de miel de abejas con poco valor nutricional. Esta circunstancia junto con el hecho de que no hay suficientes excedentes para vender al exterior, disminuyen las posibilidades de exportación a otros países.

Para el año 2010 las exportaciones de los 20 países más productores ascendió a 1.216.556 toneladas valoradas en US \$898 millones; con Argentina, China, México y Alemania como principales exportadores (Laverde, et al., 2010) y el estimado para Colombia en 2012 fue de 1500–2000 toneladas, Ministerio Agricultura y Desarrollo Rural, 2012 en Sánchez, et al. (2013) . Esta baja representación de Colombia en el mercado mundial de mieles, es debida básicamente a factores como falta de tradición en apicultura, desconocimiento de técnicas de mejoramiento genético, patologías, métodos de control y el uso inapropiado de equipos para evitar la contaminación. (Espinal, et al., 2006).

Actualmente en Europa y Estados Unidos ha disminuido la producción de miel a causa de la pérdida masiva de abejas causada por múltiples factores como el uso excesivo de agroquímicos, enfermedades, clima, etc (Dainat, et al., 2012) y, aunque en Colombia este problema también empieza a presentarse, hay mayor posibilidad de controlarlo si se tiene en cuenta la experiencia de los países con dificultades y se aumenta la sensibilización de la población al consumo del producto y la exigencia de calidad en el mismo. Estas circunstancias aunadas a la gran diversidad de pisos térmicos y de vegetación que tiene Colombia, abre toda una posibilidad para los apicultores de nuestro país y justifican la realización de investigaciones como la que aquí presentamos. Una capacitación adecuada en cuanto a producción, tipo de vegetación a tener cerca a los apiarios, control de calidad y mercadeo; más el apoyo oficial para que el acceso sea de gran cobertura y debidamente subsidiado, hará que a futuro este producto pueda llegar a todo el país y que además se pueda exportar excedentes. Para las políticas posconflicto que se trazan actualmente en Colombia, esta es una de las tantas posibilidades que deben tenerse en cuenta.

Con el objetivo de aportar a la investigación melisopalinológica en Colombia y, estimular la realización de estudios similares que apunten hacia un control de calidad apropiado de las mieles de abeja

que se generan en nuestro país; realizamos un estudio de la calidad de mieles de *Apis mellifera* L., procedente de algunos municipios del Oriente y Suroeste del departamento de Antioquia, a través de la caracterización físicoquímica según parámetros estándar y la caracterización palinológica de las mismas.

2. ÁREA DE ESTUDIO

Las mieles analizadas provienen de 11 municipios del Oriente y Suroeste antioqueño (Figura 1, Tabla 1). La mayoría de municipios del Oriente antioqueño se encuentran localizados en el altiplano de Rionegro con una altitud que varía entre 2100-2600m; sin embargo, varios municipios tienen parte de sus territorios por debajo de esa cota altitudinal. La región de Oriente tiene la papa y el frijol como cultivos tradicionales, además de una fuerte floricultura bajo condiciones de invernadero. Por su parte, el Suroeste es una zona muy quebrada con alturas que llegan a 4000m, la mayoría de sus municipios se encuentran entre 1000-2500m de altitud y es la zona cafetera por excelencia de Antioquia. Condiciones climáticas diversas así como variaciones en la geomorfología, suelos, entre otros; determinan el tipo de vegetación presente en los 11 municipios estudiados. Aunque no hay inventarios de vegetación específicos de cada apiario, sí hay estudios completos de la vegetación de ambas subregiones que sirven como referencia (Callejas, 2011; Antioquia, 2014; Idárraga-Piedrahíta, et al., 2011; Sánchez, 1995); además de una palinoteca con más de 200 montajes de especies que crecen en la zona.

3. METODOLOGÍA

3.1. Análisis físicoquímico

18 muestras de miel centrifugada, 100-200 mL, fueron obtenidas en centros de acopio de 11 municipios de las subregiones Suroeste y Oriente del Departamento de Antioquia y llevadas a los laboratorios de Alimentos y Paleoecología de la Universidad Nacional de Colombia-Medellín para estudio físicoquímico y palinológico, respectivamente. Las muestras fueron almacenadas en un lugar oscuro y fresco durante el periodo en que se hicieron los procedimientos. En cada muestra se determinaron las características físicoquímicas relacionadas a continuación, de acuerdo con los siguientes métodos:

El contenido de sólidos solubles se determinó por lectura refractométrica a 20°C, empleando un refractómetro ABBE con luz de sodio (Milton Roy Company), el de humedad se reportó utilizando la relación entre índice de refracción y contenido de agua de la miel (AOAC método 969.38) y para la actividad acuosa se empleó un medidor de actividad acuosa (Acualab) de espejo enfriado. El contenido de cenizas se determinó empleando el método gravimétrico (AOAC método

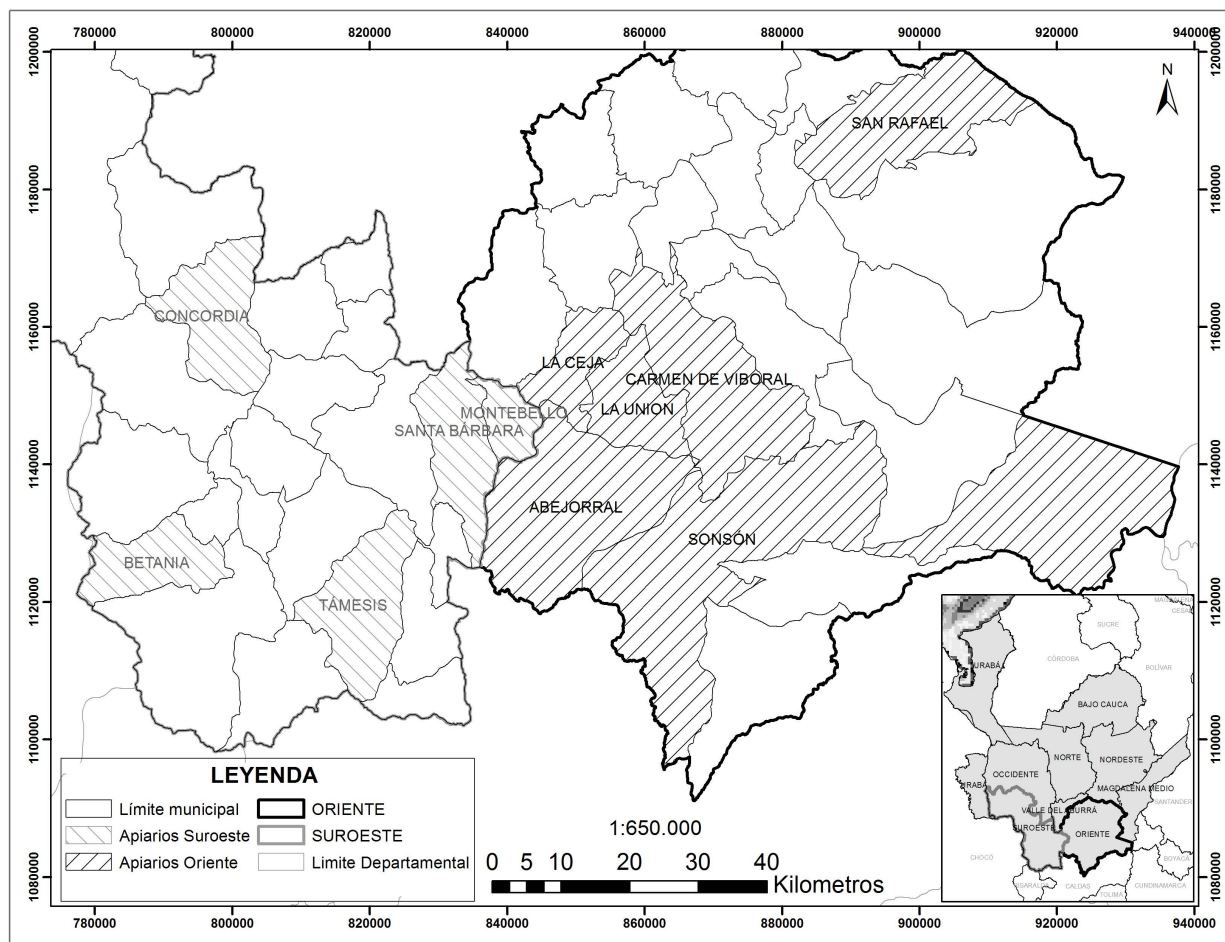


Figura 1: Mapa del departamento de Antioquia con la ubicación de las subregiones Oriente y Suroeste y los municipios escogidos para el presente estudio.

920.181) y la conductividad eléctrica se midió con un conductímetro de mesa sobre una disolución de miel al 20 %, preparada en agua destilada libre de CO₂, a 20°C. El pH se estableció en una solución de miel al 10 % (p/v) empleando un electrodo selectivo calibrado con soluciones buffer de pH 4 y 7 y la acidez libre se realizó por titulación con NaOH hasta pH 8.2 (AOAC método 962.19).

El Hidroximetilfurfural se determinó espectrofotométricamente mediante clarificación de las mieles con las soluciones Carrez (I y II) y la adición de bisulfito de sodio (AOAC método 980.23) y la actividad diastasa se estableció espectrofotométricamente a través del cambio de absorbancia del complejo almidón-yodo (AOAC método 958.09). La rotación óptica se midió en un polarímetro digital Jasco P-2000 con filtro de sodio (589 nm), apertura de 8, temperatura de 20°C y en celda de 1 dm. Para ello, 12g de miel se diluyeron en 50mL de agua; seguidamente se adicionó volúmenes iguales de los reactivos Carrez I y II, se agitó por 30s y se diluyó la solución a 100mL. Después de

Tabla 1: Coordenadas geográficas, altitud y zona de vida de los municipios estudiados. Las letras OR (Oriente) y SO (Suroeste) hacen referencia al código establecido para cada muestra (1-18). bmh-T: Bosque muy húmedo Tropical, bp-PM (Bosque Pluvial Premontano), bh-MB: Bosque húmedo Montano Bajo, bh-PM: Bosque Húmedo Premontano, bmh-MB: Bosque muy húmedo Montano Bajo, bmh-PM: Bosque muy húmedo premontano, bs-T: Bosque seco Tropical, de acuerdo con las zonas de vida de Holdridge, 1981.

Código	Código de laboratorio	Año de cosecha	Municipio	Coordenadas geográficas		Altura	Zona de vida
OR1	1	2014	San Rafael	6°17'36.76"	75°01'42.88"	1000-2000	bmh-T ;bp-PM;bh-MB;bh-PM
OR2	2	2014	La Unión	5°58'25.86"	75°21'39.46"	2000-3000	bmh-MB
OR3	3	2015	La Ceja	6° 2'12.01"	75°25'58.80"	1800-2300	bmh-MB;bmh-PM;bh-MB
OR4	4	2014	El Carmen de Vival	6° 4'53.00"	75°20'0.22"	800-3000	bmh-PM;bp-PM
OR5	5	2014	Sonsón	5°42'46.27"	75°18'35.52"	1380-3600	bmh-PM;bh-PM;bh-T
OR6	6	2013	Abejorral	5°47'20.64"	75°25'42.77"	2125-2950	bs-T;bh-PM;bmh-PM;bmh-MB
OR8	7	2013	Sonsón	5°42'46.27"	75°18'35.52"	1380-3600	bmh-PM;bh-PM;bh-T
OR9	8	2013	Sonsón	5°42'46.27"	75°18'35.52"	1380-3600	bmh-PM;bh-PM;bh-T
SO1	9	2015	Támesis	5°39'54.10"	75°33'58.62"	1610-1820	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO2	10	2014	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO3	11	2015	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO4	12	2014	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO5	13	2014	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO6	14	2013	Montebello	5°56'48.29"	75°31'25.04"	1892	bmh-PM;bm-PM;bs-T;bmh-MB
SO7	15	2013	Concordia	6°2'43.90"	75°33'58.62"	1952	bh-PM;bmh-MB;bmh-PM;bs-T
SO8	16	2013	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO9	17	2013	Santa Bárbara	5°52'27.57"	75°33'58.62"	1669	bmh-PM;bh-PM;bs-T;bmh-MB
SO10	18	2013	Betania	5°44'53.23"	75°58'35.14"	1287	bmh-PM;bhm-MB;bp-M

24h de reposo se filtró la solución con papel Wathman y el filtrado se empleó para la medición en el polarímetro.

Los azúcares reductores se determinaron espectrofotométricamente empleando el reactivo ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNSA) siguiendo la metodología descrita por Saxena, et al. (2010). La glucosa, fructosa y sacarosa se cuantificaron mediante cromatografía líquida de alta eficiencia empleando un detector de índice de refracción. Se empleó una columna pínacle II Amino (150*4.6mm, 3 μ m) con temperatura de horno de 35°C y como fase móvil la mezcla acetonitrilo: agua 90:10 a un flujo de

1.0mL/min. Se construyeron curvas de calibración para cada uno de los azúcares.

3.2. Análisis palinológico

3.2.1. Obtención e identificación de material polínico

Las mieles fueron procesadas según técnica de acetólisis de Erdtman (1986) con algunas modificaciones propuestas por Fonnegra (1989) y el Laboratorio de Paleoecología de la Universidad Nacional de Colombia, sede de Medellín. El montaje permanente de placas se hizo con parafina teniendo como medio de montaje gelatina glicerizada, siguiendo el protocolo de Kissner (1935) en Erdtman (1986). Las muestras fueron analizadas en un microscopio Zeiss (Primo Star) en aumentos de 400 y 1000 y, las fotomicrografías fueron tomadas con una cámara Zeiss (Axioncam ERc 5s). La identificación polínica se realizó con ayuda de la Palinoteca del Laboratorio de Paleoecología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, que contiene especies apícolas propias de la zona; además de bibliografía especializada como: Aguilar (1992), Aguilar & Velásquez (1992), Velásquez & Rangelch (1995), Velásquez (1999), Roubik & Moreno (1991), Bedoya (2002), Nates-Parra, et al. (2013), Giraldo, et al. (2011), Moreno & Devia (1982), Girón (1995).

Los palinomorfos se identificaron hasta familia y género y, solo en aquellos casos donde se sabía que la planta estaba en la zona y sus granos de polen ya habían sido descritos en otros estudios, se llegó hasta especie (Ej. *Rubiaceae: Coffea arabica*). A pesar de tener una buena colección de placas de polen de plantas apícolas, como referencia; no es posible en muchos casos, identificar el polen hasta especie, en razón de que muchos géneros y familias son estenopolínicas. A los granos que no fue posible identificar, se les denominó como morfotipos; estos también fueron debidamente ubicados, descritos y fotografiados. Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio de Paleoecología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

3.2.2. Análisis cualitativo y cuantitativo

Para determinar un número mínimo de granos a contar en las muestras palinológicas, se escogió como muestra tipo la OR3 por tener un número total de granos promedio a todas las muestras analizadas. En ésta se realizó un conteo sistemático de granos de polen, discriminando el número de taxones diferentes que se encontraba y la cantidad total de polen observada. Al contar un total de 577 granos se llegó a un total de 36 taxa y se observó que la curva se estabilizó. Luego se realizaron mediante el programa estadístico R versión 2.3.7.5, 2500 simulaciones de conteo partiendo de los datos del conteo inicial. De acuerdo con los resultados se estableció que para detectar en promedio el 70 % de las especies encontradas (Velásquez, 1999; Velásquez, 2004) se necesitaría contar aproximadamente 165 granos; sin embargo, hasta donde se pudo los conteos se llevaron a 500 o más

granos por placa, para garantizar conteos representativos. En la presentación de los resultados de conteos se usaron palinogramas obtenidos con los programas TILIA y TILIAGRAPH ®V.1.7.16 (Grimm, 1987), que permiten visualizar las frecuencias relativas de cada taxón (Figura 2). En cuanto a gráficos y diagramas de dispersión se utilizó el programa Excel 2012.

Para el análisis cualitativo se aplicó el método de Louveaux, et al. (1978), clasificando los granos de polen en las siguientes categorías según su abundancia relativa en cada una de las muestras: categoría 1, polen dominante (D), presente en más de 45 %; categoría 2, polen secundario (S), presente entre 16-45 %; categoría 3, polen aislado importante (AI) de 3-15 %; categoría 4, polen aislado (A), presente en menos de 3 %. De acuerdo con la categoría definida y el conocimiento de los taxa botánicos presentes, se establece si la miel es unifloral cuando posee un polen dominante o multifloral si no lo hay.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis fisicoquímico

Los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos, mayoritariamente se encuentran dentro de los valores establecidos por la normatividad Colombiana para mieles de *Apis mellifera*. En general, todas las mieles cumplieron con los valores establecidos para mieles del trópico, según la resolución 1057 del ministerio de protección social, en relación a los parámetros de humedad, cenizas, conductividad eléctrica, azúcares reductores, hidroximetilfurfural y sacarosa. No obstante, algunas mieles presentaron valores de acidez libre por encima de 50 meq/Kg y actividad diastasa inferior a 8. Es notable que las mieles provenientes del Suroeste antioqueño presentaron mayor acidez libre que las mieles provenientes del Oriente de Antioquia (Tabla 2).

4.2. Análisis palinológico cuantitativo y cualitativo

Más de 500 granos de polen por muestra de miel fueron contados y aproximadamente 100 tipos polínicos provenientes de hierbas, arbustos y árboles fueron identificados; además de varios elementos llamados tipos polínicos, que estuvieron presentes en muy baja proporción y que no se asociaron a ninguna especie vegetal conocida. Una relación entre las proporciones de los principales tipos polínicos identificados se observa en la figura 2. De acuerdo con la cantidad de polen presente en las muestras de miel (polen/mL), se definieron la categoría polínica y el tipo de miel, así mismo se identificaron los principales taxones asociados y se categorizaron según abundancia relativa (Tabla 3). Algunos taxones representativos identificados en las muestras de miel se muestran en las planchas fotográficas 1 y 2.

Tabla 2: Caracterización fisicoquímica de mieles colectadas en las subregiones del Oriente y Suroeste de Antioquia.

Muestras	Humedad	aw	Cenizas(%)	CE(mS/cm)	AL(meq/Kg)	pH	ID	HMF (mg/Kg)	AR(%)	Fructosa(%)	Glucosa(%)	Sacarosa(%)	RO
Oriente													
OR1 (1)	18	0.59	0.29	0.33	37.4	3.76	12	42	85.59	31.51	31.51	6.6	-7.46
OR2 (2)	20	0.61	0.27	0.49	33.2	3.66	15	29	83.41	29.96	29.96	6.02	-9.3
OR3 (3)	18	0.59	0.28	0.67	26.3	3.67	11	38	89.72	29.08	29.08	8.98	-12.4
OR4 (4)	19	0.6	0.17	0.35	23.5	3.73	12	24	82.45	30.47	30.47	7.33	-4.98
OR5 (5)	18	0.59	0.26	0.58	24.4	3.83	N.R.	19	86.47	31.27	31.27	7.41	-12.8
OR6 (6)	20.1	0.56	0.32	0.62	43.04	3.9	13	36	66.77	40.19	31.76	2.03	-9.05
OR8 (7)	17	0.54	0.23	0.51	23.26	3.97	2.2	38	76.73	36.38	31.72	2.07	-6.07
OR9 (8)	17.7	0.56	0.23	0.51	26.1	3.83	0.9	30	76	38.2	31.9	2.07	-8.91
Suroeste													
SO1 (9)	18	0.61	0.1	0.5	37.1	3.42	6	55	87.23	30.83	30.85	8.97	-9.89
SO2 (10)	17	0.57	0.21	0.43	49.8	3.61	9	59	78.24	28.75	28.75	7.98	-6.01
SO3 (11)	18	0.6	0.37	0.55	54.2	3.75	15	38	80.5	30.07	30.07	8.7	-3.7
SO4 (12)	17	0.55	0.44	0.67	52.7	3.72	15	38	85.92	29.55	29.55	10.91	-8.38
SO5 (13)	17	0.58	0.35	0.62	56.6	3.75	12	40	81.84	30.17	30.17	6.59	-7.74
SO6 (14)	18.9	0.53	0.27	0.56	42.6	4.1	12.7	49	64.8	36.6	27.2	2.73	-3.17
SO7 (15)	18.9	0.56	0.18	0.41	46.6	3.75	6.4	48	70.7	37	35.3	3.06	-5.23
SO8 (16)	18.5	0.52	0.15	0.34	27.6	3.96	12.5	27	74.5	38.6	36.8	2.66	-5.59
SO9 (17)	17.8	0.54	0.45	0.85	35.8	4.47	13.3	25	69.9	36.4	28.2	1.98	-4.12
SO10 (18)	18.2	0.56	0.16	0.4	34.2	3.64	11.4	35	72.03	36.63	30.75	2.48	-7.97
Promedio Oriente	18.6	0.582	0.25	0.48	28.9	3.32	9.7	32	80.05	33.76	30.43	5	-8.46
Desviación	1.1	0.022	0.048	0.115	7.336	0.121	5.201	7.485	7.348	4.116	1.851	2.81	2.868
CV	6	3.8	19.4	23.9	25.4	3.2	53.4	23.1	9.2	12.2	6.1	56.3	-33.9
Promedio Suroeste	17.9	0.562	0.27	0.53	42.3	3.32	11.3	41	76.57	33.46	30.76	5.61	-6.18
Desviación	0.7	0.029	0.127	0.153	9.19	0.295	3.209	11.247	7.378	3.86	3.031	3.364	2.235
CV	4.1	5.2	47.3	28.6	21.7	7.7	28.3	27.2	9.6	11.5	9.9	60	-36.2
Norma Colombiana ^a	≤21	-	≤0.60	≤0.8	≤50	-	≥8	≤60	≥60	-	-	≤10	-

^aResolución 1057 de 2010 Ministerio Protección Social; aw: actividad de agua; CE = conductividad eléctrica; AL = acidez libre; pH = potencial de hidrogeno; ID = índice de diastasa; HMF = hidroximetilfurfural; AR = azúcares reductores; RO = rotación óptica; CV= Coeficiente de variación.

5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Análisis fisicoquímico

La mayoría de parámetros físico químicos medidos estuvieron dentro de los estándares nacionales e internacionales. Por ejemplo, respecto de la humedad, los valores en todas las muestras fueron menores al valor máximo permitido en la normativa nacional para mieles del trópico (21 %), aunque las muestras del Oriente presentaron un valor promedio ligeramente superior (18,6 %) en comparación con las del Suroeste antioqueño (17,9 %). En este último sector Velásquez (2013) reportaron valores de humedad similares entre 17, 12 y 19,75 %. Dado que algunos autores indican que el contenido de humedad de la miel depende del contenido de agua del néctar de la planta, el nivel de maduración alcanzado en la colmena, las condiciones de procesamiento y almacenamiento, el periodo estacional (Yücel & Sultanoğlu, 2013; Nanda, et al., 2003) y la diversidad de los lugares de procedencia de las muestras de miel analizadas, es factible que las pequeñas diferencias encontradas puedan ser explicadas por la variación en estos factores.

Tabla 3: Clasificación de las muestras de acuerdo con abundancia total de polen por unidad de medida y origen botánico. Los tipos de polen identificados se muestran según su abundancia relativa: * polen dominante, ** polen secundario, *** polen aislado importante, **** polen aislado.

Código	Código de laboratorio	Año de cosecha	Municipio	Cantidad de polen/mL y categoría de acuerdo a la riqueza	Categoría según cantidad de polen	Tipos de miel según origen botánico	Principales taxones encontrados en las muestras de mieles
OR1	1	2014	San Rafael	5529(I)	Clase I	Multifloral	<i>Tapirira</i> (42,8)***, <i>Hedyosmum</i> (13,9)***, <i>Inga</i> (6,2)***, <i>Melastomataceae</i> (3,4)***
OR2	2	2014	La Unión	1113(I)	Clase I	Multifloral	<i>Hypochoeris</i> (21,3)***, <i>Asteraceae</i> (17,1)***, <i>Croton</i> (13,5)***, <i>Borreria</i> (12,8)***
OR3	3	2013	La Ceja	5732(I)	Clase II	Multifloral	<i>Hypochoeris</i> (27,9)***, <i>Asteraceae</i> (15,3)***, <i>Fabaceae</i> (9,8)***, <i>Crotalaria</i> (6,2)***
OR4	4	2014	El Carmen de Vival	43(I)	Clase I	Unifloral	<i>Myrtaceae</i> (47)*, <i>Coffea arabica</i> (7)***, <i>Mimosa pudica</i> (6,5)***, <i>Solanaceae</i> (6,5)***, <i>Cecropia angustifolia</i> (6)***
OR5	5	2014	Sonsón	13485(II)	Clase II	Multifloral	<i>Myrtaceae</i> (25,5)***, <i>Fabaceae</i> cf. <i>trifolium</i> (89,8)***, <i>Rumex</i> (9,2)***, <i>Hypochoeris</i> sp.(7)***, <i>Borreria</i> (5,4)***, <i>Viburnum</i> (59)***, <i>Asteraceae</i> (4,6)***, <i>Myrtaceae</i> sp1(3,4)***
OR6	6	2013	Abejorral	14249(II)	Clase II	Multifloral	<i>Coffea arabica</i> (37)***, <i>Cecropia angustifolia</i> (37)***, <i>Cordia</i> sp.(9,4)***
OR8	7	2013	Sonsón	6220(II)	Clase II	Unifloral	<i>Coffea arabica</i> (55,5)*, <i>Viburnum</i> sp.(18,9)***, <i>Cecropia angustifolia</i> (5,4)***, <i>Acalypha</i> sp.(4)***
OR9	8	2013	Sonsón	7768(II)	Clase II	Unifloral	<i>Cecropia angustifolia</i> (70)*, <i>Mangifera indica</i> (5,1)***, <i>Coffea arabica</i> (4,3)***
SO1	9	2014	Támesis	1836(I)	Clase I	Unifloral	<i>Cecropia angustifolia</i> (21)***, <i>Solanaceae</i> (9,4)***, <i>Asteraceae</i> (4,5)***, <i>Muehlenbeckia</i> (3,8)***, <i>Coffea arabica</i> (3,5)***, <i>Mimosa</i> sp2(3,1)***, <i>Acalypha</i> sp.(2,9)***, <i>Rutaceae</i> (2,8)***
SO2	10	2014	Santa Bárbara	4041(I)	Clase II	Multifloral	<i>Cecropia angustifolia</i> (71,4)*, <i>Cordia</i> sp.(7,1)***, <i>Mimosa pudica</i> (4,7)***, <i>Piper</i> sp.(4)***
SO3	11	2014	Santa Bárbara	125768(V)	Clase V	Unifloral	<i>Mimosa pudica</i> (39,7)***, <i>Asteraceae</i> (20,5)***, <i>Psidium</i> sp.(7,6)***, <i>Hedyosmum</i> (7,2)***, <i>Fabaceae</i> cf. <i>trifolium</i> (5,2)***, <i>Anacardiaceae</i> sp2(2,9)***, <i>Eucalyptus</i> (2,7)***, <i>Ilex</i> sp.(2)***
SO4	12	2014	Santa Bárbara	9120(II)	Clase II	Unifloral	<i>Coffea arabica</i> (76,7)*, <i>Frazinus</i> (6,4)***, <i>Fabaceae</i> (3,39)***, <i>Eucalyptus</i> (3,2)***
SO5	13	2014	Santa Bárbara	4370(II)	Clase II	Unifloral	<i>Fabaceae</i> (83)*, <i>Coffea arabica</i> (9,89)***, <i>Meliaceae</i> (5,8)***
SO6	14	2013	Montebello	1795(I)	Clase I	Unifloral	<i>Mangifera indica</i> (49,5)*, <i>Psidium</i> sp.(812,39)***, <i>Coffea arabica</i> (12,5)***, <i>Solanaceae</i> sp1(8)***, <i>Cecropia angustifolia</i> (5,4)***
SO7	15	2013	Concordia	9451(II)	Clase II	Unifloral	<i>Cecropia angustifolia</i> (82,3)*, <i>Asteraceae</i> (2,8)***, <i>Mimosa pudica</i> (1,9)***, <i>Mangifera indica</i> (1,8)***
SO8	16	2013	Santa Bárbara	635(I)	Clase I	Multifloral	<i>Cordia</i> sp.(24,7)***, <i>Coffea arabica</i> (17,1)***, <i>Asteraceae</i> (13,4)***, <i>Mimosa pudica</i> (11,8)***, <i>Fabaceae</i> (10,7)***, <i>Piper</i> sp.(10,4)***, <i>Cecropia angustifolia</i> (2,4)***, <i>Hedyosmum</i> (2,1)***
SO9	17	2013	Santa Bárbara	3571(II)	Clase II	Multifloral	<i>Solanaceae</i> sp2(31,1)***, <i>Viburnum</i> sp.(19)***, <i>Asteraceae</i> (10,6)***, <i>Fabaceae</i> cf. <i>trifolium</i> (7,3)***, <i>Hypochoeris</i> sp.(4,8)***
SO10	18	2013	Betania	16281(III)	Clase III	Unifloral	<i>Asteraceae</i> (469)*, <i>Fabaceae</i> (239)***, <i>Hypochoeris</i> sp.(9,5)***, <i>Solanaceae</i> (7,2)***, <i>Hypericum</i> (1,9)***, <i>Viburnum</i> (1,6)***

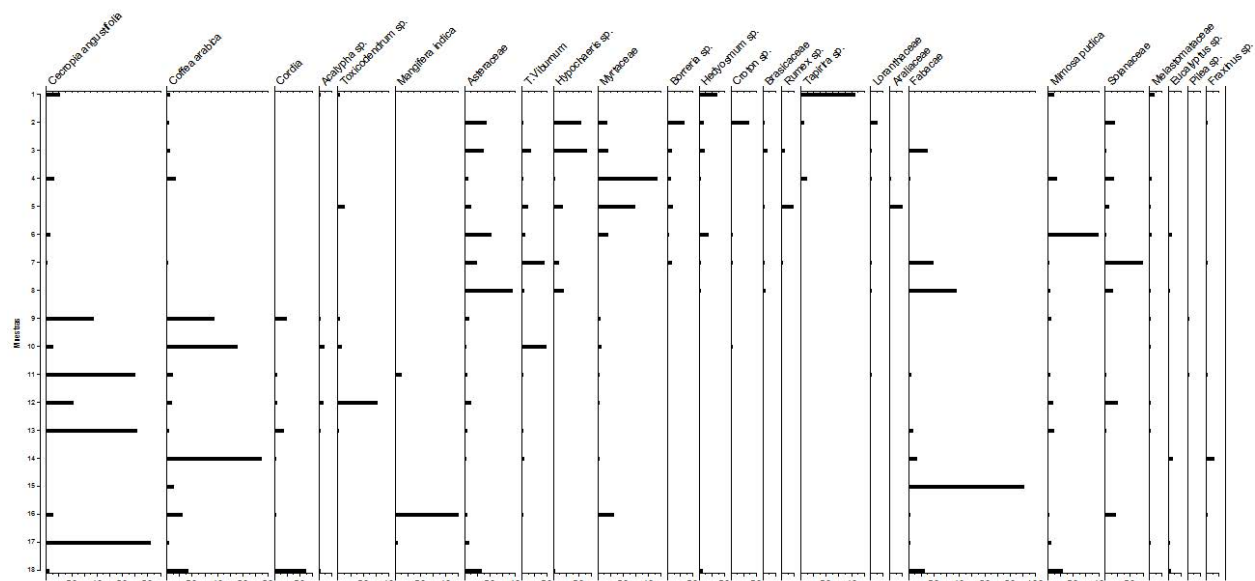


Figura 2: Porcentaje de los principales tipos polínicos identificados en muestras de miel procedentes del Oriente (1-8 en el eje Y) y Suroeste de Antioquia (9-18 en el eje Y). Números en eje Y corresponden a códigos de muestras, de acuerdo con datos presentados en la Tabla 3. Se evidencia una clara diferencia entre las mieles de las dos regiones.

El valor promedio de aw de las mieles fue de 0.58 (Oriente) y 0.56 (Suroeste), promedios aceptables ya que estos usualmente varían entre 0.50 y 0.65; aunque no hay límites establecidos por las normas nacionales o internacionales. Valores más altos entre 0,611 y 0,652, fueron reportados en el Suroeste de Antioquia por Velásquez (2013). Mediciones por encima de 0.60 pueden representar un umbral

crítico para la estabilidad microbiológica porque la miel contiene levaduras osmófilas que pueden deteriorar el producto mediante fermentación alcohólica (Escuredo, et al., 2013).

Los contenidos de cenizas en mieles varían entre 0.02 y 1.1 % con valores promedios de 0.17 % (Chakir, et al., 2011), mientras que la normativa colombiana (Ministerio de la protección social., 2010) establece valores menores a 0.6 %. Los valores promedio de las mieles del Oriente y Suroeste antioqueño estuvieron por debajo de este valor, 0.25 y 0.27 % respectivamente. Los bajos valores de cenizas y conductividad eléctrica, relacionados entre sí, indican que las mieles del Oriente y Suroeste de Antioquia analizadas son de origen floral y que posiblemente ninguna de las muestras fue adulterada con melazas (Mendes, et al., 1998). En particular, las mieles estudiadas provenientes del Suroeste (promedio = 0.53 mS/cm; solo una estuvo por encima de normatividad colombiana: <0.8 mS/cm) presentaron mayores valores de la conductividad eléctrica que las mieles del Oriente (promedio = 0.48 mS/cm), lo cual posiblemente este asociado no solo al contenido de cenizas sino también al mayor contenido de acidez encontrado en ellas; pues la conductividad eléctrica en mieles revela no solo la presencia de iones y proteínas sino también la presencia de ácidos orgánicos (Yücel & Sultanoglu, 2013).

En cuanto a la acidez, se observó que algunas mieles procedentes del Suroeste presentaron valores más altos que las del Oriente e incluso superiores al valor máximo establecido en las normativas nacionales (Ministerio de la protección social., 2010) e internacionales (Codex Alimentarius Commission, 2001). En razón de que la acidez en la miel es debida a la presencia de ácidos orgánicos, principalmente ácido glucónico, su respectiva lactona y de iones inorgánicos (Nanda, et al., 2003) y, que de acuerdo con el análisis palinológico, en estas hay predominio de la especie *Coffea arabica* (café); es factible asociar los mayores valores de acidez de las mieles de los municipios del Suroeste antioqueño estudiados, a su origen botánico, pues son altamente cafeteros y generalmente los apia-rios están cerca a los cafetales. Los resultados coinciden con los reportados por Velásquez (2013) cuyos valores de acidez, en mieles del Suroeste antioqueño, oscilaron entre 38,0 y 45,3 meq/kg.

Por su parte, el pH de las mieles del Suroeste varió entre 3,42 y 4,47 (promedio = 3,82) y las del Oriente entre 3.66 y 3.99 (promedio 3,82), valores próximos a los de referencia para mieles y cercanos a los encontrados en muestras del Suroeste antioqueño (Velásquez, 2013). Dado que este parámetro es de gran importancia durante la extracción y el almacenamiento e influye en la textura, estabilidad y vida útil de la miel (Terrab, et al., 2005), se puede pensar que las muestras analizadas son estables; además de que son de origen floral y no de mielada que normalmente tienen valores de pH más altos. La alta presencia de granos de polen también apoya este supuesto. Por otro lado, la estabilidad de la miel depende también de la proliferación de microorganismos, ya que levaduras y mohos son capaces de desarrollarse en ambientes ácidos (pH = 4.0-4.5). La ausencia casi total de estos organismos o de sus esporas reafirman la idea de unas muestras esta-

bles. En general, las mieles del Suroeste fueron más ácidas y oscuras que las del Oriente antioqueño.

La actividad diastasa, así como el contenido de HMF, son parámetros ampliamente reconocidos por diferentes regulaciones para evaluar la frescura y el sobre calentamiento del producto (Código Alimentario Argentino, 1997). Un factor que afecta la actividad enzimática es la temperatura; por lo tanto, algunos autores indican que bajos valores en la actividad diastasa podrían estar relacionados con un inadecuado procesamiento o mal manejo poscosecha del producto durante la pasteurización, o el almacenamiento de la miel por periodos largos con incrementos de temperatura. Bajos valores en actividad diastasa también están asociados con la alimentación artificial de las abejas con azúcares (Guler, et al., 2014). En general, los valores de la actividad diastasa de las mieles analizadas del Oriente y Suroeste estuvieron dentro de los valores establecidos en la norma colombiana (Ministerio de la protección social., 2010), aunque algunas muestras presentaron valores por debajo de 8 en la escala Schade.

Respecto al contenido de HMF, las normas nacionales (Ministerio de la protección social., 2010) e internacionales (Codex Alimentarius Commission, 2001) establecen valores máximos para mezclas de mieles y procesadas de 40 mg/kg, y hasta 60 mg/kg para mieles de clima tropical. Los valores promedio en las mieles analizadas de Oriente y Suroeste de Antioquia fueron 32 y 41 mg/kg, respectivamente. Posiblemente, los mayores valores encontrados en mieles del Suroeste se debe a que estas mieles presentan mayor acidez, lo cual facilita la deshidratación de los azúcares que dan origen al HMF. La formación del HMF se presenta a través de la reacción de Maillard, la cual es favorecida por la temperatura, el almacenamiento, el aw, el pH y la presencia de ácidos orgánicos en la muestra.

Los valores promedio de azúcares reductores, en las mieles del Oriente y Suroeste de Antioquia, fueron de 80,05 y 76,57 %, respectivamente. De acuerdo con los estándares del Codex Alimentarius Commission (2001) y la normatividad colombiana, la cantidad mínima de azúcares reductores en miel floral es del 60 %. El contenido de monosacáridos en la miel típicamente varía entre el 65 y el 80 % de los sólidos solubles totales de la miel; de ellos la fructosa y la glucosa representan un 38 y 31 %, respectivamente y, son los carbohidratos reductores más abundantes en la miel. Las mieles evaluadas presentaron contenidos de fructosa y glucosa alrededor del 33, 76 % y 33,46 %, para Oriente y Suroeste respectivamente; muy cercano al reporte de 32.27 y 31.21 % de Velásquez (2013).

Además del análisis de azúcares reductores, la cantidad de sacarosa es un parámetro que permite evaluar la madurés de la miel e identificar un manejo inapropiado de esta. Altos valores de sacarosa podrían indicar una adulteración con endulzantes provenientes de la caña de azúcar, o una alimentación artificial prolongada de las abejas con sacarosa donde este disacárido no alcanza a desdoblarse en glucosa y fructosa. Ya que las mieles del Oriente y Suroeste de Antioquia presentaron contenidos de sacarosa promedio de 5,00 y 5,61 %, respectivamente y en razón de que la normativa colombiana

establece valores máximos de 10%; puede decirse que las mieles analizadas se encuentran dentro del rango de normalidad. De otro lado, todas las mieles analizadas fueron levorotatorias con valores promedio de -8,46 y -6,18 para las mieles procedentes del Oriente y Suroeste de Antioquia, respectivamente. Dado que típicamente las mieles de origen floral son levógiras e indican que los contenidos de fructosa son mayores que los contenidos de glucosa (Bodganov, et al., 2004), podría decirse que no hay adulteración en las muestras estudiadas.

5.2. Análisis palinológico

Respecto de la palinología, el estudio muestra que la mayoría de mieles estudiadas provenientes del Suroeste fueron del tipo unifloral y las del Oriente fueron multiflorales. En las primeras los tipos polínicos dominantes fueron *Coffea arabica* y *Cecropia agustifolia* seguidos de *Mimosa*, *Fabaceae*, *Cordia*, *Mangifera indica* y *Acalypha*. Este resultado es apenas lógico si consideramos que el Suroeste de Antioquia está intensamente cultivado con café y normalmente los apiarios están cerca a los cultivos. En algunos casos como en Santa Bárbara, donde el cultivo de mango también es importante, es frecuente encontrar su polen en las muestras analizadas. En las mieles procedentes del Oriente antioqueño, el taxón más común fue *Asteraceae*, seguido de *Fabaceae*, *Solanaceae*, *Myrtaceae* (principalmente *Eucalyptus*), *Hypochaeris*, *Borreria* y *Hedyosmum*. La tradición papera y frijolera de esta región se ve reflejada en el contenido polínico de las muestras. En general, la mayoría de los tipos polínicos identificados reflejan la presencia de cultivos, arvenses relacionados con los mismos y algunos árboles asociados a cultivos o pertenecientes a parches de bosque que aún se conservan en la zona.

En un estudio realizado en el Suroeste antioqueño, que abarcó 113 municipios, por el Centro de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Antioquia (Fonnegra, 1992), se encontró que *Coffea arabica*, en todos los casos, fue la fuente más importante de polen; seguida por especies de *Asteraceae*, *Mimosa*, *Poaceae*, *Cyperaceae* y otras como *Piper spp*, *Schinus mole*, *Impatiens balsamina*, *Melastomataceae spp*, *Myrtaceae spp*, *Sida acuta*, *Aphelandra glabrata*, *Inga edulis*, *Sida rhombifolia* y *Solanum spp*. Un caso particular de este estudio fue el municipio de Santa Bárbara: De 12 apiarios estudiados, nueve tuvieron mieles uniflorales y 3 multiflorales; sin embargo, en todos los casos el polen más frecuente encontrado fue *Coffea arabica*. En nuestro estudio de 6 apiarios estudiados, uno fue multifloral, pero a diferencia de lo encontrado en 1992, *C. arabica* no fue el polen más frecuente. Aquí el dominio fue de *Cecropia* (4 apiarios), seguido de *Coffea arabica* (1 apiario) y *Mangifera indica* (1 apiario). En otro apiario estudiado en Santa Bárbara (Londoño, 1998), de 12 muestras analizadas solamente una fue del tipo unifloral con dominio de *Coffea arabica*, las demás fueron multiflorales siendo más frecuentes los granos de polen de *Coffea arabica*, *Eucalyptus sp*, *Mimosa spp*, *Asteraceae spp*, *Adenaria floribunda*, *Spondias mombin* y *Cecropia sp*.

Es claro que existen algunas coincidencias con nuestros resultados, pero también hay notables diferencias que pueden deberse, en primer lugar a que los apiarios estudiados no fueron los mismos (no hay georeferenciación), a la fuerte deforestación de la zona en los últimos 25 años, alteraciones de la vegetación por cambio climático, cambios en el uso de la tierra, tipo de vegetación presente en el gradiente altitudinal y tipo de miel analizada. Esta falta de homogeneidad en los resultados muestra que es necesario un estudio sistemático, en que un buen número de apiarios seleccionados, sean seguidos en el tiempo para así lograr generalizaciones más robustas. Aunque estudios similares ya han sido realizados en nuestro medio (apiario de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín), diferencias importantes se detectan de una época del año a la otra (Valencia & Velásquez, 2014). Esta variación implica que cada apiario debe tener su propio calendario apícola y que un análisis polínico particular de sus muestras de miel es necesario, incluso mes a mes, pues la floración de las plantas apícolas no ocurre simultáneamente sino de forma escalonada y el apicultor debe conocer con precisión, que plantas son las más visitadas por sus abejas en los alrededores inmediatos del apiario y en épocas diferentes del año.

En las mieles uniflorales provenientes del Suroeste con *Coffea arabica* como polen dominante, los granos que siguieron en frecuencia fueron los del tipo Aislado Importante (3-15 %) y en menor grado polen Secundario (16-45 %) y Aislado (menos de 3 %). El fuerte monocultivo de café en el sector estudiado, aunado a la deforestación intensa, puede explicar la ausencia de taxa secundarios y en cambio sí explicar el alto número de polen en bajas frecuencias provenientes de malezas, pequeños relictos de bosque o árboles usados como sombrío, caso de Nogal cafetero (*Cordia sp.*) y Guamo (*Inga sp.*).

En el caso de las multiflorales, predominantes en el Oriente antioqueño, uno o dos tipos de polen fueron Secundarios y el resto fue Aislado Importante y Aislado, siendo el porcentaje total de este último muy bajo. El resultado era de esperarse, ya que en el Oriente no hay un monocultivo tan marcado como en el Suroeste, con excepción de municipios paperos como La Unión o frijoleros como Carmen de Viboral. En el caso de la papa, esta condición de monocultivo, no se vio reflejado en el contenido polínico de la miel, en razón de que esta planta no es de valor apícola y la tradición en nuestro medio es a propagarla por medios vegetativos; además, sus cultivos tienden a ubicarse a altitudes mayores a 2500m, en donde hay menor presencia de apiarios. La presencia indiscriminada de polen de *Solanaceae* en varios apiarios se debe a la presencia de malezas de esta familia, cuyos granos de polen no son fáciles de diferenciar. Desafortunadamente no hay otros estudios similares en la zona que pudieran permitir una comparación gruesa con nuestros resultados, aunque sí hay estudios sobre los diferentes tipos de abejas que visitan los cultivos (Sepúlveda, 2013).

La riqueza total de polen de las muestras fue muy variable en ambas regiones, oscilando desde muy

pobres a muy ricas. Considerando que las mieles tropicales deberían tener al menos 100.000 granos de polen por cada 10 mL (Fonnegra, 1992), la mayoría de las mieles analizadas fueron relativamente pobres; sin embargo, dado que estas mieles se recibieron ya filtradas y en ese proceso se pierde mucho polen; es posible que un análisis de las mismas mieles sin filtrar, muestre un resultado más positivo. Un aspecto importante, ya que la zona del Suroeste es tradicionalmente una región con fuerte cultivo de café, y las mieles de la zona son dominadas por este elemento polínico, es posible certificar estas mieles como monoflorales, siempre y cuando los apiarios estén ubicados en el área de influencia de los cultivos.

APÉNDICE: PLANCHAS FOTOGRÁFICAS PRINCIPALES TAXA

A. PLANCHA 1

1. *Hedyosmum* sp. (Chlorantaceae)
2. *Hypochaeris* sp. (Asteraceae)
3. *Bromeliaceae*
4. *Brassicaceae*
5. *Myrtaceae*
6. *Viburnum* sp. (Adoxaceae)
7. *Borreria* sp. (Rubiaceae)
8. *Hypericum* sp. (Hypericaceae)
9. *Fabaceae*
10. *Cecropia peltata* (Moraceae)

B. PLANCHA 2

1. *Euphorbia* sp. (Euphorbiaceae)
2. *Erythrina* sp. (Fabaceae)
3. *Tapirira* sp. (Anacardiaceae)
4. *Loranthaceae*
5. *Coffea arabica* (Rubiaceae)
6. *Cordia* sp. (Boraginaceae)
7. *Mangifera indica* (Anacardiaceae)

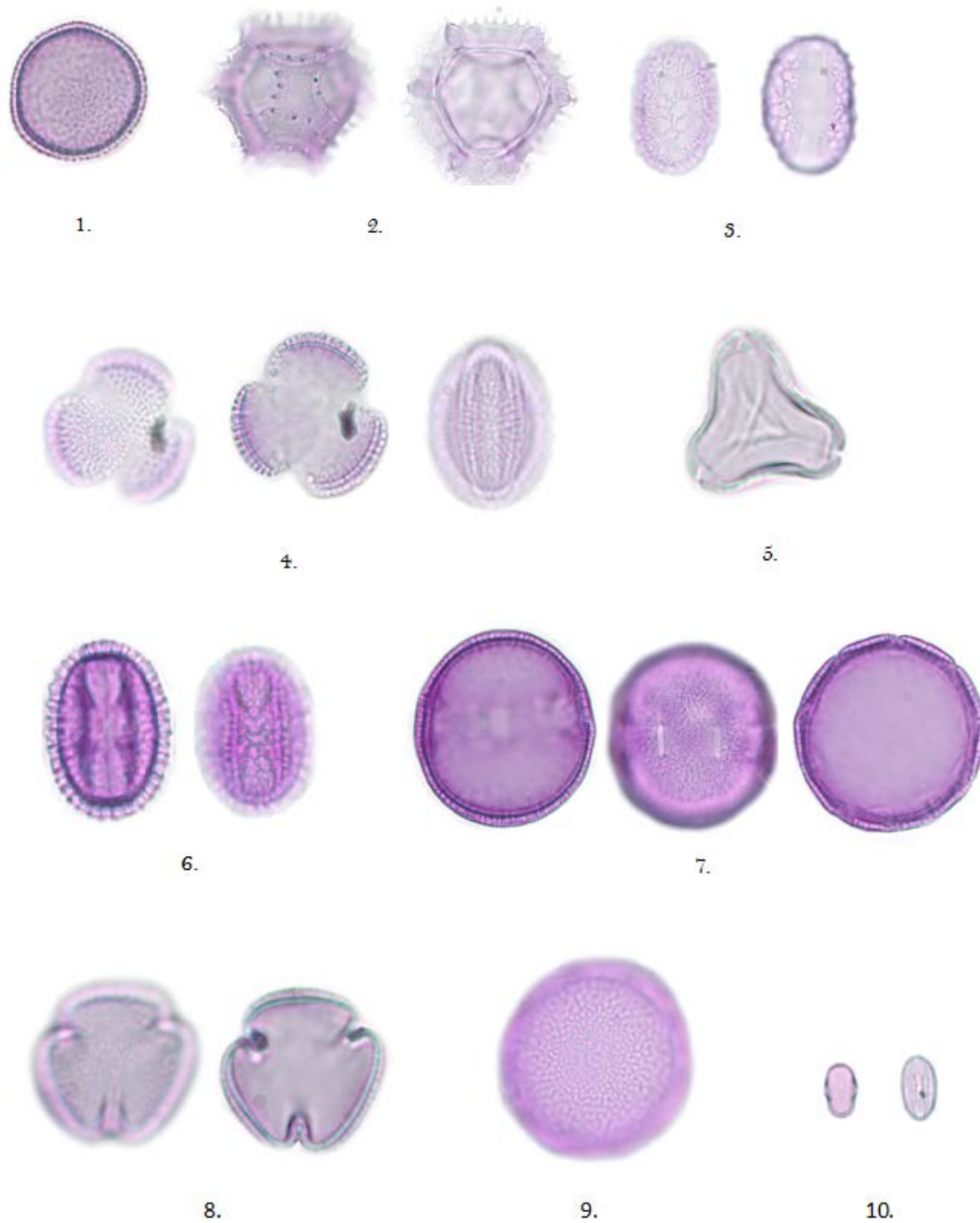


Figura 3: Plancha 1

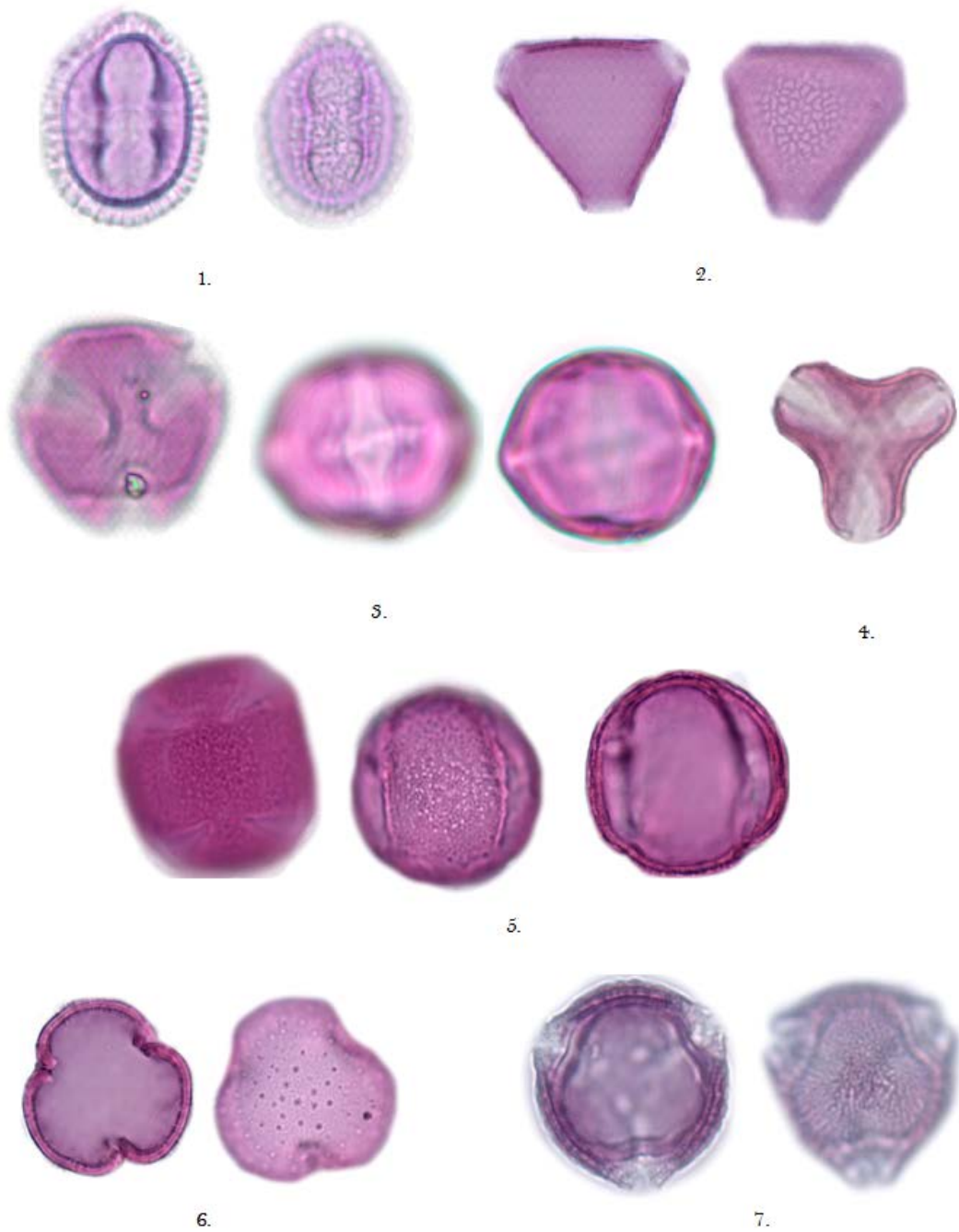


Figura 4: Plancha 2

Referencias

- Aguilar, C. I. (1992). Contribución al estudio palinológico de la flora apícola del Suroeste Antioqueño. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 184p.
- Aguilar, C. & Velásquez C. (1992). Contribución al estudio palinológico de la flora apícola del Suroeste Antioqueño (I). *Revista del ICNE*, 4(1).
- Antioquia, G. de. (2014). Gobernación de Antioquia. Departamento Administrativo de Planeación. Anuario Estadístico de Antioquia, 2014 [Recurso electrónico] Medellín: Departamento Administrativo de Planeación, 2014.
- Baroni, M. V., Arrua, C., Nores, M. L., Fayé, P., Díaz, M. del P., Chiabrando, G. A. & Wunderlin, D. A. (2009). Composition of honey from Córdoba (Argentina): Assessment of North/South provenance by chemometrics. *Food Chemistry*, 114(2), 727–733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.018>
- Bedoya, O. G. (2002). Granos de polen potencialmente alergénicos en el Valle de Aburrá. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Bogdanov, S.; Ruoff, K. & Persano, L. (2004). Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: a review. *Apidologie*, 35(2004), 4–17. <https://doi.org/10.1051/apido:2004047>
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G. & Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey commission. *Bee World*, 80(2), 61–69. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1999.11099428>
- Callejas, R. (2011). Generalidades del departamento de Antioquia. Flora de Antioquia: catálogo de las plantas vasculares. vol. I. Introducción. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Chakir, A., Romane, A., Barbagianni, N. & Bartoli, D. (2011). Major and trace elements in different types of Moroccan honeys. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(4), 223–231.
- Codex Alimentarius Commission. (2001). Codex Alimentarius Commission Standards. *Codex Stan* 12–1981, 1–8.
- Código Alimentario Argentino. (1997). Capítulo X. Buenos Aires, Argentina. Recuperado de http://www.anmat.gov.ar/alimentos/normativas_alimentos_caa.asp
- Dainat, B., vanEngelsdorp, D. & Neumann, P. (2012). Colony collapse disorder in Europe. *Environmental Microbiology Reports*, 4(1), 123–125. <https://doi.org/10.1111/j.1758-2229.2011.00312.x>
- Dimi, F. & Ilze, Č. (2006). The criteria of honey quality and Its changes during storage and thermal treatment. *LLU Raksti*, 4, 73–78.

- Eardley, C. & Mansell, M. (1996). The natural occurrence of insect pollinators in an avocado orchard, 19(September 1994), 36–38.
- Erdtman, G. (1986). Pollen morphology and plant taxonomy: Angiosperms. The Netherlands. Brill, E. J.
- Escuredo, O., Míguez, M., Fernández-González, M. & Seijo, M. C. (2013). Nutritional value and antioxidant activity of honeys produced in a European Atlantic area. *Food Chemistry*, 138(2–3), 851–856. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.015>
- Espinal, C., Martínez, H., Santos, C. & Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Observatorio de Agrocadenas Colombia. (2006). La cadena de la abejas y la apicultura en Colombia. Retrieved from https://bancayagro.files.wordpress.com/2008/06/caracterizacion_abejas2.pdf
- Fonnegra, R. (1989). Introducción a la palinología. Medellín: Universidad de Antioquia.
- Fonnegra, R. (1992). Análisis palinológico de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño. Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia, Medellín. 236p.
- Giraldo, C., Rodríguez, A., Chamorro, F. J., Obregón, D., Montoya, P., Ramírez, N. & Nates-Parra, G. (2011). Guía ilustrada de polen y plantas nativas visitadas por abejas. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Departamento de biología. Laboratorio de Investigaciones e Abejas (LABUN).
- Girón Vanderhuck, M. (1995). Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el Suroeste de Antioquia, Colombia. *Boletín Museo Entomológico de la Universidad del Valle*, 3(2), 35–54.
- Grimm, E. C. (1987). CONISS: a FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers and Geosciences*, 13(1), 13–35. [https://doi.org/10.1016/0098-3004\(87\)90022-7](https://doi.org/10.1016/0098-3004(87)90022-7)
- Guler, A., Kocaokutgen, H., Garipoglu, A. V., Onder, H., Ekinci, D. & Biyik, S. (2014). Detection of adulterated honey produced by honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies fed with different levels of commercial industrial sugar (C3 and C4 plants) syrups by the carbon isotope ratio analysis. *Food Chemistry*, 155, 155–160. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.033>
- Holdridge, L. R. (1947). Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science*, 105, 267–368.
- Idárraga-Piedrahíta, Á., Ortiz, R. del C., Callejas Posada, R. & Merello, M. (2011). Flora de Antioquia. Catálogo de las plantas vasculares, vol. II. Listado de las Plantas Vasculares del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia.

- Karabagias, I. K., Badeka, A., Kontakos, S., Karabournioti, S. & Kontominas, M. G. (2014). Characterisation and classification of Greek pine honeys according to their geographical origin based on volatiles, physicochemical parameters and chemometrics. *Food Chemistry*, 146, 548–557. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.105>
- Kisser, J. (1935). Bemerkungen zum einschulss in glycerin –gelatine. *Ztschr. F. Mikroskopie*, 51, 372–374.
- Laverde, J., Egea, L., Rodríguez, D. & Peña, J. (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 Desarrollo Rural.
- Londoño, C. P. (1998). Análisis Palinológico de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño Colombiano. Tesis Pregrado en Agronomía. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Louveaux, J., Maurizio, A. & Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 5(3), 139–153. <https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714>
- Mendes, E., Brojo Proença, E., Ferreira, I. M. P. L. V. & Ferreira, M. (1998). Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*, 37(3), 219–223. [https://doi.org/10.1016/S0144-8617\(98\)00063-0](https://doi.org/10.1016/S0144-8617(98)00063-0)
- Ministerio de la protección social. (2010). Resolución 1057. Reglamento técnico sobre requisitos sanitarios que debe cumplir la miel de abejas para consumo humano. Bogotá: Ministerio de la Protección Social.
- Ministerio de agricultura y desarrollo rural proyecto apoyo a alianzas. (2005). Apoyo productivo a la apicultura en 10 municipios del departamento de Sucre. Colombia.
- Moreno, J. E. & Devia, W. (1982). Estudio de origen botánico de la miel y el polen almacenado por *Apis mellifera*, *Melipona ebúrnea* y *Trigona* (*Tetragonisca*) *angustula* (*Hymenoptera: Apidae*), en el municipio de Arbelaez Cundinamarca, Colombia. Tesis pregrado en Biología. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá.
- Nanda, V., Sarkar, B. C., Sharma, H. K. & Bawa, A. S. (2003). Physico-chemical properties and estimation of mineral content in honey produced from different plants in Northern India. *Journal of Food Composition and Analysis*, 16(5), 613–619. [https://doi.org/10.1016/S0889-1575\(03\) 00062-0](https://doi.org/10.1016/S0889-1575(03) 00062-0)
- Nates-Parra, G., Montoya, P. M., Chamorro, F. J., Ramírez, N., Giraldo, C. & Obregón, D. (2013). Geographical and botanical origin of *Apis mellifera* (API-DAE) honey in four Colombian departments. Origen geográfico y botánico de mieles de *Apis mellifera* (APIDAE) en cuatro departamentos de Colombia,

- 18(3), 427–438. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0.84887163491&partnerID=40&md5=1c877d455ab0fd9db15771fc0105a799>
- Nates-Parra, G. (2005). Guía para el manejo de la abeja Angelita o virginita *Tetragonisca angustulata*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. (2000). William Horwitz.
- Persano Oddo, L., Piazza, M. G., Sabatini, a G. & Accorti, M. (1995). Characterization of unifloral honeys. *Apidologie*, 26(6), 453–465. <https://doi.org/10.1051/apido:19950602>
- Roubik, D. & Moreno, J. E. (1991). Pollen and Spores of Barro Colorado Island. (M. B. Garden, Ed.). Panamá.
- Russmann, H. (1998). Hefen und Glycerin in Blütenhonigen–Nachweis einer Gärung oder einer abgestoppten Gärung. *Lebensmittelchemie*, 56, 116–117.
- Sánchez, D. (1995). Trabajo de investigación sobre la abeja africanizada–fase II (calendarios apícolas para el Suroeste Antioqueño). Miscelánea, Sociedad Colombiana de Entomología, 32, 40p.
- Sánchez, O. A., Castañeda, P. C., Muños, G. & Tellez, G. (2013). Aportes para el análisis del sector apícola Colombiano. *CienciAgro*, 2(4), 469–483.
- Sanchez, V., Baeza, R., Ciappini, C., Zamora, M. C. & Chirife, J. (2010). Comparison between Karl Fischer and refractometric method for determination of water content in honey. *Food Control*, 21(3), 339–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.08.022>
- Saxena, S., Gautam, S. & Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and anti-oxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391–397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>
- Sepúlveda, P. (2013). Diversidad de abejas (*Hymenoptera: Apoidea: Anthophila*) en cultivos de papa (*Solanum tuberosum L.*) y su efecto en la Polinización. Tesis de Doctorado en Ciencias agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Suescún, L. & Vit, P. (2008). Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica*, I, 6–15.
- Terrab, A., Recamales, A. F., González–Miret, M. L. & Heredia, F. J. (2005). Contribution to the study of avocado honeys by their mineral contents using inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Food Chemistry*, 92(2), 305–309. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.07.033>

- Ulloa, J. A., Mondragón, P. M., Rodríguez, R., Reséndiz, J. A. & Rosas-Ulloa, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 2(4), 11–18.
- Valencia, C. & Velásquez, C. (2014). Caracterización palinológica de mieles del apiario del Laboratorio de Investigaciones Melitológicas y Apícolas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 3(1), 19–40.
- Vásquez, C. L. (2010). Caracterización de mieles de San Pedro de Atacama basada en análisis físicos, químicos y melisopalinológicos. Tesis pregrado Licenciado en Biología. Universidad Austral de Chile.
- Velásquez, C. A. (1999). Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: *Angiospermae*. Medellín, Antioquia: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Velásquez, C. & Rangel-ch, O. (1995). Atlas palinológico de la flora vascular del Páramo I. Las familias más ricas en especies. *Caldasia*, 17(82–85), 509–567.
- Velásquez, C. A. (2004). Paleoecología de alta resolución de Holoceno tardío en el páramo de Frontino-Antioquia. Tesis de Doctorado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Velásquez Giraldo, A. V. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica de la miel de *Apis mellifera* sp. del Suroeste de Antioquia, Colombia. *Ingeniería y Ciencia – Ing.cienc.*, 9 (18), 61–74. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/1843>
- Von Der, W., Persano, L., Piana, M., Morlot, M. & Martin, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35, S18–S25. <https://doi.org/10.1051/apido:2004050>
- Yücel, Y. & Sultanoğlu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16–25. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.02.001>
- Zamora, O., Domínguez, R., Alaniz-Gutiérrez, L. & Quezada-Ehan, J. J. G. (2008). Frequency of European and African-derived morphotypes and haplotypes in colonies of honey bees (*Apis mellifera*) from NW México. *Apidologie*, 39, 388–396. <https://doi.org/10.1051/apido:2008016>
- Zandamela Mungói, E. M. F. (2008). Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de mozambique. Tesis de Doctorado en Veterinaria. Universidad Autónoma de Barcelona.