
Estimación de la diversidad melisopalinológica de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en el municipio de San Carlos (Antioquia)

Estimation of melissopalynological diversity of *Apis mellifera* and *Melipona eburnea* in San Carlos (Antioquia)

Ana María Galezo Serna

Estudiante de Zootecnia, Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia).

Carlos Eduardo Giraldo Sánchez

Doctor en Biología. Ingeniero agrónomo. Miembro del grupo de investigación de Sanidad Vegetal, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia).

ORCID: [0000-0001-6651-3819](https://orcid.org/0000-0001-6651-3819).

Correo electrónico: cegiral0@gmail.com.

Ivonne Marcela Castañeda Riascos

Laboratorio de Paleocología, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.

Mario Alberto Quijano Abril

Doctor en Biología. Biólogo. Docente de la Facultad de Ingenierías de la Universidad Católica de Oriente (Rionegro, Antioquia, Colombia). Grupo de investigación de Estudios Florísticos de la misma universidad.

ORCID: [0000-0002-4242-8799](https://orcid.org/0000-0002-4242-8799).

Correo electrónico: maquijano@uco.edu.co.

Cómo citar este artículo:

Galezo Serna, A. M.; Giraldo Sánchez, C. E.; Castañeda Riascos, I. M. & Quijano Abril, M. A. (2020). Estimación de la diversidad melisopalinológica de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en el municipio de San Carlos (Antioquia). *Revista Universidad Católica de Oriente*, 31(46), 146-166.

Resumen

La melisopalinología es una disciplina que se basa en determinar el origen botánico y geográfico de las mieles, sin embargo, este método es altamente demandante en tiempo y recursos, por lo cual, diseñar herramientas que permitan optimizar este análisis sería un aporte a la industria de la miel y los apicultores de la región. El objetivo de esta investigación es implementar una metodología que permita estimar el esfuerzo óptimo de conteo de polen presente en una muestra de miel de una colonia de *Apis mellifera* y otra de *Melipona eburnea*, así como también comparar la composición de las muestras polínicas de la miel en cada una de las especies. Las muestras de miel fueron tomadas de dos colmenas (una para *A. mellifera* y otra para *M. eburnea*) ubicadas en la vereda El Tabor del municipio de San Carlos. Cada una de las muestras se procesó mediante acetólisis. Al realizar la estimación de la riqueza, se estandarizaron las muestras mediante el método de rarefacción/extrapolación y, a su vez, se realizó el análisis de diversidad beta. Finalmente, se hizo una red de interacción entre las familias de plantas y las especies de abeja. Las plantas de interés apícola estuvieron representadas en 17 familias, las más sobresalientes fueron Fabaceae con un 24 % para *A. mellifera* y la familia Melastomataceae con un 86 % para *M. eburnea*. Sumado a esto se contaron 10 campos visuales para cada una de las muestras y se realizó una curva de acumulación para los tipos polínicos. Con base en estos datos, se logró apreciar que la curva se estabilizó para *A. mellifera* pero para *M. eburnea* aún es importante realizar un esfuerzo de muestreo más amplio. Con base en esto, se apoya la idea de que, al utilizar el método de rarefacción/extrapolación con base en el número de individuos (granos de polen), es posible diseñar muestreos flexibles y más eficientes sin la necesidad de igualar el esfuerzo de muestreo entre comunidades, principalmente cuando el tiempo y los recursos son limitados.

Palabras clave

Abejas, biodiversidad, melisopalinología, miel, granos de polen, Oriente antioqueño

Abstract

Melisopalynology is a discipline based on determining the botanical and geographical origin of honeys, however, this method is highly demanding in time and resources, therefore, designing tools that optimize this analysis would be a contribution to the honey industry, honey and beekeepers in the region. The objective of this research is to implement a methodology that allows estimating the optimal pollen count effort present in a honey sample from a colony of *Apis mellifera* and another from *Melipona eburnea*, as well as comparing the composition of pollen samples of honey. in each of the species. The honey samples were taken from two hives (one for *A. mellifera* and another for *M. eburnea*) located in the El Tabor, San Carlos, a municipality in Antioquia. Each of the samples was processed by acetolysis. When estimating the richness, the samples were standardized using the rarefaction/extrapolation method and, in turn, the beta diversity analysis was performed. Finally, an interaction network was made between plant families and bee species. The plants of beekeeping interest were represented in 17 families, the most outstanding ones were Fabaceae with 24 % for *A. mellifera* and the Melastomataceae family with 86 % for *M. eburnea*. Added to this, 10 visual fields were counted for each of the samples and an accumulation curve was made for the pollen types. Based on these data, it could be seen that the curve stabilized for *A. mellifera*, but for *M. eburnea* it is still important to carry out a broader sampling effort. Based on this, the idea is supported that, by using the rarefaction/extrapolation method based on the number of individuals (pollen grains), it is possible to design flexible and more efficient samples without the need to equalize the sampling effort. between communities, especially when time and resources are limited.

Key words

Cattle industry, Tropical Andes, grazing, native grams, Antioquia.

Introducción

La miel es un producto natural formado por las abejas de la familia *Apidae* (*Insecta: hymenoptera*) que ha sido utilizado por la humanidad desde la antigüedad, tanto por sus propiedades nutricionales, como medicinales, y se cree que es el único producto derivado de insectos con usos nutricionales, terapéuticos, cosméticos e industriales (Samarghandian, Farkhondeh y Samini, 2017). La composición de la miel, varía según el tipo de cobertura vegetal cercana a la colmena, esta composición es uno de los parámetros que permite evaluar la calidad de la miel a través del análisis químico de sus componentes y la cuantificación y caracterización de su contenido palinológico (El-sound, 2012). No obstante, acceder a la composición melisopalinológica para evaluar las cantidades y características del polen, es un procedimiento complejo en término de tiempos y recursos.

Las abejas fabrican la miel en el interior de la colmena a partir de los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa) que extraen de las plantas y, posteriormente, es cosechada por los apicultores y meliponicultores. Su composición nutricional está basada en carbohidratos (95 % a 97 %), principalmente monosacáridos, proteínas, vitaminas, aminoácidos, minerales, ácidos orgánicos y antioxidantes como flavonoides y polifenoles,

entre otros (Kumul, Ruiz, Vásquez y Campos, 2015). En su proceso de recolección de polen y néctar, las abejas cumplen la función de polinizar las plantas con flores que visitan, cumpliendo un rol muy importante en la naturaleza (Alvites, 2019).

La melisopalinología es una disciplina que nació a mediados del siglo XX, con el fin de conocer el origen botánico de las mieles, ya que, para la época, comenzó una gran importación de mieles en Europa y, con esto, la preocupación asociada a la posible adulteración o mala calidad en productos de alto precio (Pérez, 2003). Gracias a las investigaciones de Wodehouse (1935) y de Louveaux, Maurizio y Vorwohl (1978), es posible identificar el origen botánico de los granos de polen presentes en la miel y la zona de donde provienen, además, se crean las bases de la melisopalinología como una disciplina donde se unen la terminología y metodología que actualmente es utilizada en campo (Pérez, 2003). Así, de una muestra de polen se puede extraer una porción de la diversidad de plantas con flores en la zona de influencia de la colmena (Weng, Hooghiemstra y Duiven Voorden, 2006). De esta manera, el apicultor tiene la posibilidad de conocer las especies principales con las que se elaboró la miel de sus colmenas a partir de una pequeña

muestra; esta misma, puede dar un diagnóstico del estado de conservación de las especies botánicas en la zona donde viven. Es así que, para obtener una miel de calidad, uno de sus indicadores es la cantidad de polen que se encuentra en ella, el cual aporta un valor agregado para los apicultores y meliponicultores (Rodelo y Pérez, 2018). Para obtener estos factores agregados a las mieles de origen se usan índices de diversidad de especies en formas matemáticas, donde se puede medir la complejidad de una comunidad de diferentes taxones; estas medidas son combinadas por dos elementos estructurales, la riqueza (número de especies) y la equitabilidad (abundancia relativa de las especies) (Moreno *et al.*, 2011). Actualmente, se emplea el método de Maurizio y Louveaux (1967), para acceder a la información palinológica presente en la miel. Según este autor, las mieles se organizan en cuatro categorías. La primera categoría incluye polen dominante (D), presente en más de 45 % de la muestra; en la categoría dos, el polen secundario (S), presente entre 16-45 %; categoría tres, polen aislado importante (AI) de 3-15 %; categoría cuatro, polen aislado (A), presente en menos de 3 %. Con base en esta categorización, se determina si el origen de la miel es multifloral o unifloral; sin embargo, este método es altamente demandante en tiempo y recursos, por lo cual diseñar herramientas que permitan optimizar este análisis, sería un aporte a la industria de la miel y los apicultores de la región; además, permitirá, a futuro, ahorrar tiempo y dinero a la hora de comparar un criterio biológico de calidad para la miel. La completitud evaluada con la

cobertura de la muestra, mide la proporción que representan cada uno de los granos de polen en la muestra, con respecto al número total de los granos. Este método resulta ser el más adecuado para evaluar la proporción de riqueza de especies ya que estandariza comunidades igualmente muestreadas aprovechando la mayor parte de la información obtenida en las muestras de campo (Chao y Jost, 2012). Para realizar los análisis de la diversidad melisopalínológica es importante identificar los patrones de diversidad para cada muestra, analizando los perfiles de diversidad y las curvas de rarefacción/extrapolación con base a la cantidad de granos de polen a partir de la estimación de los números de Hill (números efectivos de especies), los cuales incluyen principalmente tres órdenes de diversidad: q0 (riqueza de especies), que hace referencia al número neto de especies distintas; q1 (exponencial del índice de Shannon), que pondera cada especie de acuerdo con su abundancia relativa y puede interpretarse como el número de especies igualmente comunes en la comunidad; y q2 (inverso del índice de Simpson), el cual es más sensible a especies muy abundantes y puede interpretarse como el número de especies dominantes en la comunidad (Chao y Jost, 2012).

De esta manera, el objetivo de esta investigación fue implementar una metodología que permitiera estimar el esfuerzo óptimo de conteo de polen presente en una muestra de miel de una colonia de *Apis mellifera* y otra de *Melipona eburnea*, y comparar la composición de las cargas polínicas de la miel en cada una de las especies.

Metodología

Área de estudio

El municipio de San Carlos se encuentra ubicado en las estribaciones de la cordillera Central, tiene una altitud en la cabecera municipal de 1000 a 2200 m s. n. m., y cuenta con una temperatura promedio de 19 a 23 °C (Alcaldía de San Carlos, 2015). Su territorio se caracteriza por poseer un relieve quebrado de altas pendientes y gran riqueza hídrica, lo que lo ha convertido en un municipio generador de energía. Perteneció a la subregión de embalses que genera el 33 % de la energía del país. Se caracteriza por tener precipitaciones entre 2000 y 2400 mm al año, con una temperatura promedio de 19 °C y 24 °C, y se encuentra clasificado como una zona de vida de bosque muy húmedo premontano (bmh-PM) (Alcaldía de San Carlos 2016). La vereda El Tabor, presenta una variedad de especies de plantas pertenecientes a las familias Melastomataceae, Poaceae, Asteraceae, Myrtaceae, Solanaceae, entre otras; en cuanto a la agricultura, es un municipio rico en el cultivo de café, caña, cacao y plátano (Alcaldía de San Carlos, 2015).

Fase de campo

La miel de la especie *A. mellifera*, se recolectó directamente de la colmena del apiario ubicado a 5 km de la finca El Tabor; se recolectaron 15 ml de miel biche (miel inmadura no apta para cosechar), cortando un pedazo de panal, ubicándolo en recipientes de vidrio y almacenándolo a 4 °C. La miel de la especie *M. eburnea* se tomó en los alrededores de la finca El Tabor recolec-

tando sólo 20 ml de miel con una jeringa de 5 ml directamente de los potes de cada colmena; la miel fue depositada en tubos Falcon™ de 50 ml.

Fase de laboratorio

El aislamiento de las muestras de miel se realizó en el laboratorio de Paleocología de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín (UNALMED) y en el laboratorio de Biología de la Universidad Católica de Oriente. El aislamiento de polen de las muestras se realizó por acetólisis, siguiendo el procedimiento propuesto por Erdtman (1952) y Wodehouse (1935). Este método hace posible las observaciones detalladas de la exina ya que destruye la intina, el contenido celular, y también elimina parte de restos vegetales (Fonnegra, 1992).

Se realizó un montaje permanente de dos placas portaobjetos utilizando gelatina glicerina, y un volumen de 7 µl de muestra, medido con una micropipeta marca Transferpette®. Las muestras polínicas fueron observadas en un microscopio óptico Leica DM750, usando principalmente un aumento de 40X. El aumento de 100X se utilizó ocasionalmente para observar en detalle la exina. Los conteos se realizaron tanto para la placa completa, como para submuestras de 10 campos visuales, esto con el fin de comparar las diversidades y estimar el esfuerzo mínimo de conteo en campos visuales.

La identificación del polen se realizó por comparación de material depositado en la Palinoteca del Laboratorio de Paleocología de la UNALMED, y literatura especializada como Velásquez

(1999) y Nates-Parra *et al.* (2013). Los palinomorfos (granos de polen) se identificaron a nivel de familia; además, el polen que no fue posible identificar, se clasificó como morfotipos.

Análisis de diversidad

Tanto para la diversidad global como para las submuestras se estimó la completitud o grado de cobertura del muestreo mediante el estimador de cobertura (Cn) propuesto por Chao y Jost (2012). Cuando el Cn se aproxima a la unidad (1), es indicador de un buen esfuerzo de muestreo o completitud de la muestra. Esta estimación se realizó en el programa iNEXT de R (Hsieh *et al.*, 2016).

Igualmente, se generaron intervalos de confianza al 95 % con 500 pseudorréplicas de Bootstrap para la riqueza estimada (Chao y Jost, 2012). Para comparar las comunidades de plantas encontradas en la miel de cada una de las especies de abeja, se analizó la diversidad beta, estimada a partir del recambio de especies y calculada como la diversidad total gamma (ambas especies) dividida por la diversidad promedio (alfa) de cada una de las especies de abeja (Moreno, 2001). La diversidad beta se calculó para la diversidad de los tres órdenes (q0, q1 y q2), siguiendo la metodología de Jost. De esta forma, se infirió la afinidad diferencial de cada abeja por las especies botánicas que cada una de ellas visita como recurso polínico.

Finalmente, se realizaron y analizaron redes de interacción entre las dos especies de abejas, a partir de métricas cuantitativas realizando el índice H² el cual mide la división de las especies, don-

de los valores cercanos a uno sugieren una partición de nicho elevada y una alta especialización a nivel de comunidad, y donde los valores cercanos a cero sugieren que el nivel de especialización es bajo. Por último se utilizaron los índices sobre el grado de distribución de las especies (*i.e. degree*) en la red, el cual corresponde al promedio del número de enlaces por especie y además el PSI (índice de servicio de polinización) que es uno de los índices que mide la importancia de cada himenóptero como polinizador para la comunidad de familias; este al obtener un valor cercano a cero indica irrelevancia de la especie como polinizador y los valores cercanos a uno corresponden a la importancia máxima como polinizador. Todas las métricas se analizaron en el paquete Bipartite (Dormann *et al.*, 2020) del programa estadístico R versión 3.6.3.

Resultados

Para el periodo estudiado se contaron en total 3991 granos de polen, 1842 para *A. mellifera* (46%) y 2149 para *M. eburnea* (54 %). Las principales familias de plantas identificadas en las dos placas de miel analizada, fueron Fabaceae (26,96 %), Melastomataceae (13 %), Urticaceae (4,18 %), Anacardiaceae (1,78 %), Poaceae (1,03 %), Cyperaceae (1,15 %), Clusiaceae (0,83 %), Euphorbiaceae (0,70 %), Myrtaceae (1,03 %), Cunoniaceae (0,13 %), Piperaceae (0,10 %), Rubiaceae (0,03 %), Asteraceae (0,05 %), Solanaceae (0,03 %) (tabla 1). La familia con mayor número de granos de polen encontrados en las muestras de *A. mellifera* fue la familia Fabaceae (24 %), mientras que en las muestras *M. eburnea* fue la familia Melastomataceae (12,45 %).

Tabla 1. Número de granos de polen por familia encontrados en las muestras de miel de *Melipona eburnea* y *Apis mellifera*.

Familias	<i>A. mellifera</i>	<i>M. eburnea</i>	Frecuencia Relativa <i>A. mellifera</i>	Frecuencia Relativa <i>M. eburnea</i>
Anacardiaceae	71	0	1,78 %	0,00 %
Asteraceae	1	1	0,03 %	0,03 %
Clusiaceae	1	32	0,03 %	0,80 %
Cunoniaceae	5	0	0,13 %	0,00 %
Cyperaceae	46	0	1,15 %	0,00 %
Euphorbiaceae	28	0	0,70 %	0,00 %
Fabaceae	1076	0	26,96 %	0,00 %
Melastomataceae	22	497	0,55 %	12,45 %
Morfotipo 1	0	869	0,00 %	21,77 %
Morfotipo 2	0	263	0,00 %	6,59 %
Morfotipo 3	0	170	0,00 %	4,26 %
Morfotipo 4	0	143	0,00 %	3,58 %
Morfotipo 5	0	116	0,00 %	2,91 %
Morfotipo 6	0	17	0,00 %	0,43 %
Morfotipo 7	0	3	0,00 %	0,08 %
Morfotipo 8	0	1	0,00 %	0,03 %
Morfotipo 9	0	26	0,00 %	0,65 %
Morfotipo 10	4	0	0,10 %	0,00 %
Morfotipo 11	2	0	0,05 %	0,00 %
Morfotipo 12	15	0	0,38 %	0,00 %
Morfotipo 13	327	0	8,19 %	0,00 %
Myrtaceae	40	1	1,00 %	0,03 %
Piperaceae	1	3	0,03 %	0,08 %
Poaceae	40	1	1,00 %	0,03 %
Rubiaceae	0	1	0,00 %	0,03 %
Solanaceae	1	0	0,03 %	0,00 %
Urticaceae	162	5	4,06 %	0,13 %

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las medias entre los tipos polínicos y los granos de polen visitados por cada una de las especies de abeja presentes en 10 campos visuales, se observa que en efecto las cargas polínicas en la miel de *A. mellifera* y *M. eburnea* presentan un promedio de especies vegetales sobresalientes respecto a *A. mellifera* y demostrando el total de las plantas visitadas y el conteo de los granos de polen en cada placa (figura 1).

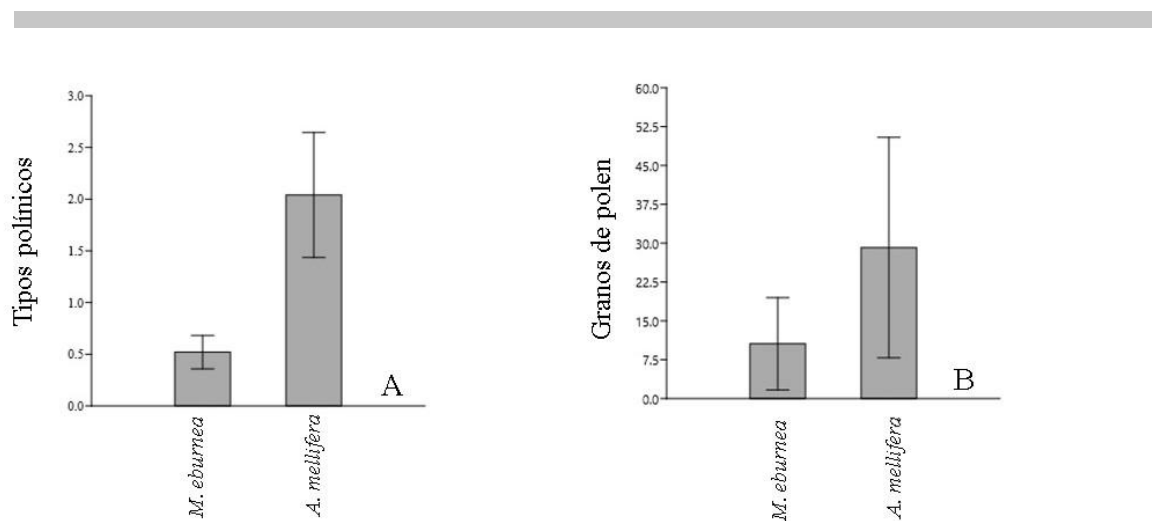


Figura 1 A. Tipos polínicos observados en los 10 campos visuales para *M.eburnea* y *A. mellifera*. B. Granos de polen observados en cada uno de los 10 campos visuales seleccionados en las submuestras de miel de *M. eburnea* y *A. mellifera*.

Fuente: Elaboración propia.

La curva de rarefacción y extrapolación basadas en el número de los granos de polen, demuestran que efectivamente para la especie de abeja *A. mellifera* se logra estabilizar la curva, por su parte para *M. eburnea* es necesario realizar un esfuerzo de muestreo más grande, ya que la curva no logró estabilizarse, es decir, se requiere realizar un conteo mayor. Para poder estabilizar la curva con los números de granos de polen para *M. eburnea* es necesario seguir contando más de 100 granos de polen (figura 2).

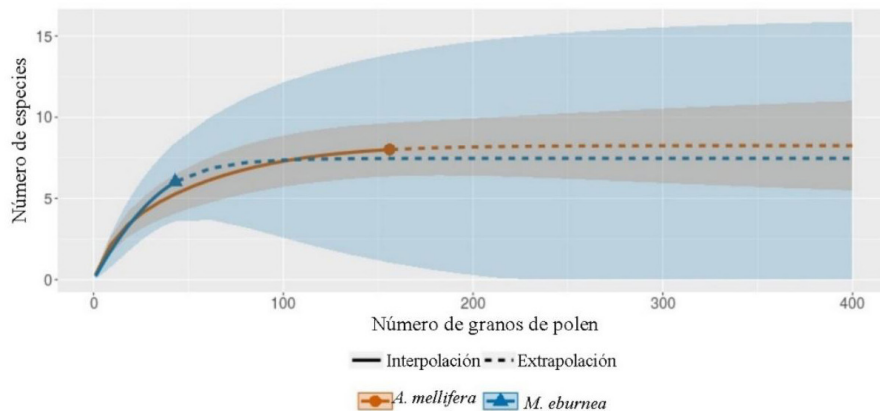


Figura 2. Curva de rarefacción/extrapolación de especies calculada con el número de granos de polen y familias presentes en las placas de cada una de las especies de abeja analizadas. Fuente: Elaboración propia.

En los perfiles de diversidad se puede observar que las dos mieles difieren en los distintos órdenes, debido a que los dos perfiles no se cruzan, siendo superior en diversidad la miel de *A. mellifera* (figura 3).

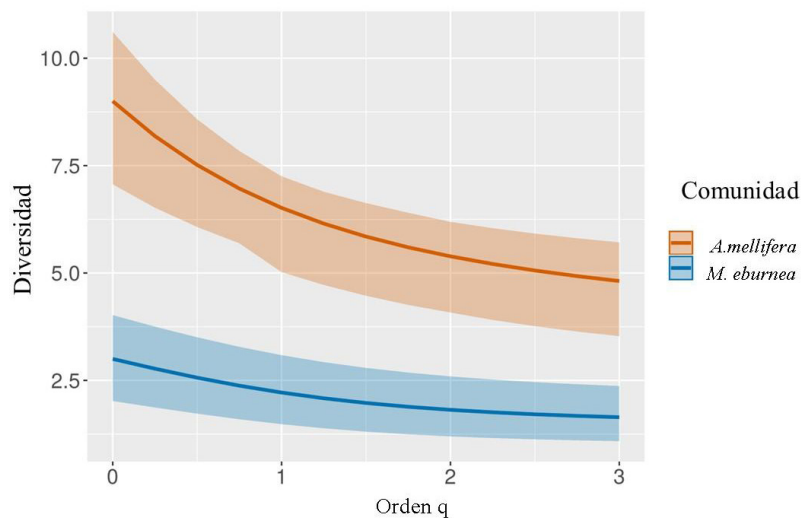


Figura 3. Diversidad observada y calculada con los números de Hill para las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en los 10 campos visuales.

Fuente: Elaboración propia.

La riqueza total observada (q0) de plantas para ambas especies de abejas fue de 17 especies. Sin embargo, la diversidad teniendo en cuenta las especies igualmente comunes (q1) fue mayor en *M. eburnea* (5.50) en comparación con *A. mellifera* (4.17). Finalmente, la diversidad de las especies dominantes (q2) fue mayor en *M. eburnea* (4.06) que en *A. mellifera* (2.60). En cuanto a la diversidad estimada, se esperan mayores valores de riqueza polínica para ambas especies, pero con cambios mínimos en las proporciones entre especies en cuanto a la diversidad de orden uno y dos. Al realizar el conteo en la placa completa, la cobertura de la muestra para ambas especies de abeja fue del 99 % (tabla 2).

Tabla 2. Diversidad alfa total observada y estimada con los números de Hill y representación de la cobertura de la muestra para *Melipona eburnea* y *Apis mellifera*.

Especie	Observada			Estimada			Cobertura
	q0	q1	q2	q0	q1	q2	
<i>Melipona eburnea</i>	17,00	5,50	4,06	27,00	5,54	4,07	0,99
<i>Apis mellifera</i>	17,00	4,17	2,60	25,00	4,20	2,61	0,99

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de las submuestras (10 campos visuales), se encontró que el número de granos de polen en las muestras de *A. mellifera* es mayor (204) que el presente en las muestras de *M. eburnea* (52). De igual forma, la diversidad fue mayor para *A. mellifera*, así como el número de familias botánicas identificadas (9). Posteriormente se observa el estimador de las coberturas de ambas especies de abeja con un total del 99 % para *A. mellifera* y 94 % para *M. eburnea* (tabla 3).

Tabla 3. Cantidad de granos de polen encontrados en los 10 campos visuales analizados (n). Familias observadas (F. Obs.); estimador de cobertura del muestreo (SC).

Especies	n	F.Obs.	SC
<i>Apis mellifera</i>	204	9	0,9952
<i>Melipona eburnea</i>	52	7	0,9445

Fuente: Elaboración propia.

La disimilitud de las comunidades calculada como la diversidad beta, indica que hay un total de 1.62 comunidades efectivas en términos de la riqueza de especies (q0). Esta disimilitud se incrementa si se tienen en cuenta las abundancias de cada uno de los tipos polínicos (q1) y si se tienen en cuenta las especies más abundantes (q2); es decir, en términos de las especies polínicas más abundantes, la diversidad polínica presente en la miel es distinta entre las dos especies de abejas (tabla 4).

Diversidad	Beta	Traslape
q0	1,62	0,370
q1	1,92	0,048
q2	1,98	0,0094

Tabla 4. Diversidad beta calculada entre los granos de polen presentes en muestras de miel de *A. mellifera* y *M. eburnea*.
Fuente: Elaboración propia.

La cobertura de las muestras para el total del conteo fue del 99 % para ambas especies., con un total de granos de polen de 1842 para *A. mellifera* y 2149 para *M. eburnea*. (Figura 4). Por otra parte, la cobertura calculada con los granos de polen observados en los 10 campos visuales, sugiere que el conteo para *A. mellifera* se alcanza un 100 %, mientras que para la especie *M. eburnea* se llega a un 90 % (figura 5).

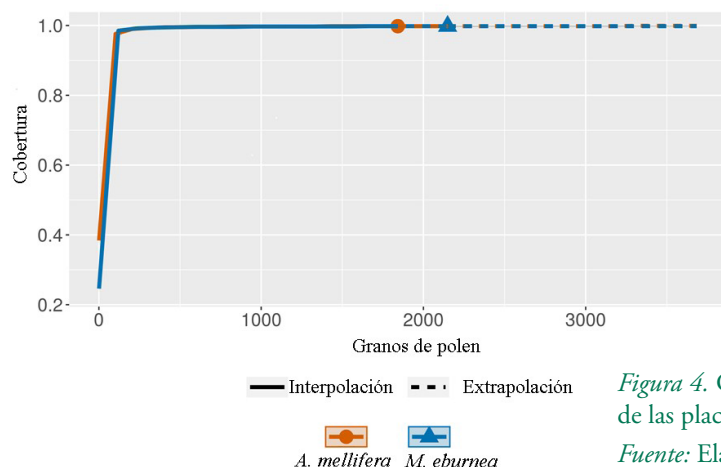


Figura 4. Cobertura total de la muestra en cada una de las placas de miel analizadas.
Fuente: Elaboración propia.

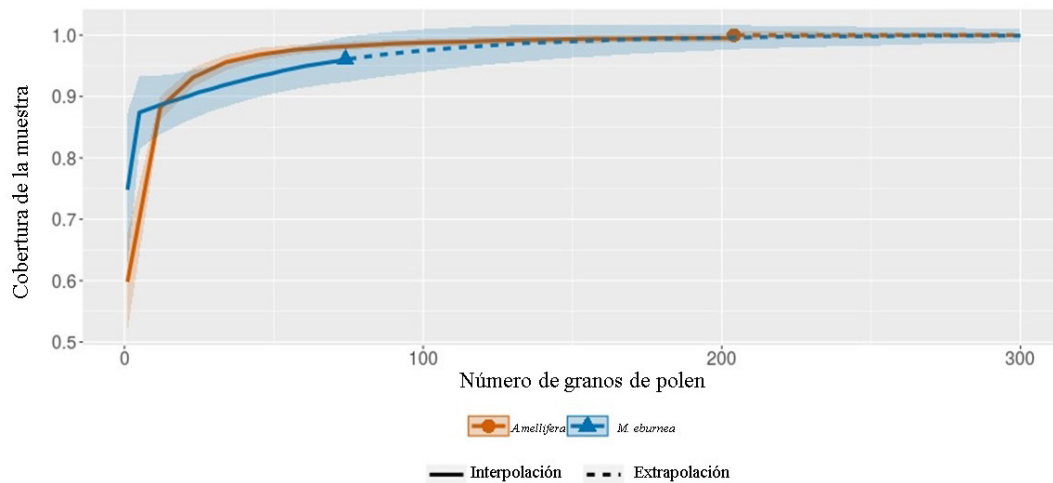


Figura 5. Cobertura de los 10 campos observados en las especies de abejas *A. mellifera* y *M. eburnea*. Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5, se presenta la cobertura sobre el número total de granos de polen observados en los 10 campos visuales y como se puede observar para *A. mellifera* son suficientes ya que obtiene una cobertura del 100 %, mientras que para la especie de abeja *M. eburnea* la cobertura de la muestra es de un 90 %, si bien la curva no se estabiliza puede ser por el montaje de las placas, por la ausencia de granos de polen durante el barrido o porque en el bosque donde estaban ubicadas los meliponarios, las abejas tienen bajos recursos.

Finalmente, en la figura 6 se puede observar una red de interacción entre las familias de las plantas y las dos especies de abeja estudiadas las cuales estuvieron conformadas por 28 tipos polínicos ya que incluyen familias y morfotipos no identificados. La red se muestra como especializada con un $H^2 = 0,95$ (tabla 5). Con respecto al PSI, se obtuvo un total de 0,98 lo que sugiere que ambas especies usan diferentes recursos en el bosque. Por último, se observa el valor de interacciones por especie de abeja, donde cada una obtiene un total de 17 familias (tabla 5).

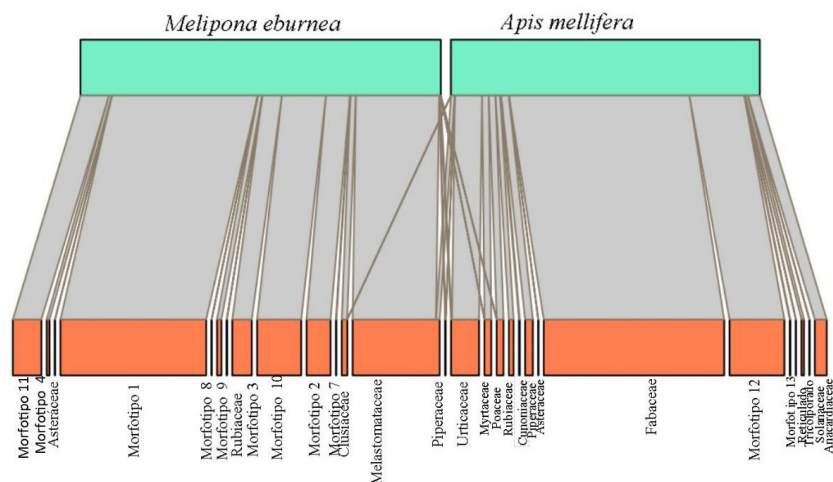


Figura 6. Red de interacción entre las plantas visitadas por cada una de las especies de abejas *A. mellifera* y *M. eburnea*.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Valor de interacciones por especie de abeja.

Especies	H ²	Degree	PSI	Sobrelapamiento
<i>M. eburnea</i>	0,9529	17	0,9862	0,0095
<i>A. mellifera</i>		17	0,9839	

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Determinar la calidad de la miel es un factor importante para los apicultores y meliponicultores, ya que esto podría ayudar a buscar nuevos mercados y mejores precios para su producto. Una gran cantidad de polen en la miel refleja un producto confiable y de calidad para el consumo humano, considerando que su composición nutricional es rica en aminoácidos esenciales, los cuales se deben consumir en diversos alimentos para suplirlos en la dieta (Rodríguez, 2018). Según lo observado en este estudio para *A. mellifera* se contaron 1842

granos de polen y para *M. ebúrnea*, 2149, lo cual permite establecer que las muestras de miel generadas en esta zona son mieles que cumplen las características mencionadas anteriormente.

Analizar el contenido de polen en la miel no es tarea fácil, ya que es un proceso largo y además requiere mucho tiempo, tanto en salidas de campo (recolectando miel, flores y botones florales), como en laboratorio (usando reactivos corrosivos y peligrosos para la salud). De igual manera, para obtener la clasificación taxonómica de un grano de polen, se debe hacer un buen rastreo bibliográfico, lo que conlleva a un esfuerzo de tiempo y dedicación.

Así, al estimar la diversidad del polen mediante el método de rarefacción/extrapolación con base en el número de individuos (granos de polen), propuesto por Chao y Jost (2012), se puede abordar este problema, disminuyendo el tiempo y el dinero destinados al conteo de placas. El modelo aplicado a este trabajo abre un panorama para interpretar la completitud de la muestra a la luz de las especies vegetales presentes en la miel. Por tal motivo, es importante realizar un esfuerzo de muestreo más grande, teniendo en cuenta que para poder estabilizar la curva de la diversidad de granos de polen para *M. ebúrnea* es necesario seguir contando más de 100 granos de polen.

Estos resultados demuestran que es importante hacer este tipo de estudios para reducir el esfuerzo de tiempo y muestreo en el conteo de las placas de polen. Chao y Jost (2012) abren una discusión sobre el propósito de la rarefacción y la extrapolación al realizar comparaciones entre

muestras incompletas, ya que la rarefacción y extrapolación tradicional basadas en el tamaño, en la que todas las muestras están estandarizadas a igual tamaño, proporciona información de muestreo útil. A su vez, argumentan que al estandarizar las muestras se tiene una cobertura igual, asegurando que se están haciendo comparaciones de muestras de igual calidad e igual integridad, lo cual permite hacer inferencias más robustas y detalladas sobre las comunidades muestreadas.

Un aspecto interesante que se logra destacar en este estudio es que ambas especies de abejas utilizan diferentes plantas como materia prima para la fabricación de sus mieles. Lo cual se ve reflejado en los análisis de la diversidad beta calculados a partir de las muestras de miel analizadas. Para este estudio la diversidad beta del orden cero fue de 1,62, lo que sugiere una disimilitud de 62 %. Por otra parte, si se tienen en cuenta las abundancias relativas de cada uno de los tipos polínicos (q_1) y las especies más abundantes (q_2), la diversidad beta se incrementa notablemente, lo que sugiere que son dos comunidades diferentes lo que quiere decir que en la zona donde están establecidas las colmenas, hay recursos suficientes para cada una (Tabla 1).

Además, no se da una competencia fuerte entre estas dos especies de abejas por las plantas que tienen disponibles y/o que utilizan como fuente de néctar para la posterior fabricación de sus mieles. Esto tiene sentido debido a que la especie de abeja *A. mellifera* es más generalista, conociéndose como una especie que tiene una compleja organización social, evadiendo las

especies de abeja nativas como la *M. eburnea* e impidiendo que visiten las mismas flores, teniendo presente que, si ambas utilizan los mismos recursos florales, es probable que se aumente la transmisión de patógenos y enfermedades (Agüero *et al.*, 2018).

Las familias identificadas que utilizan estas abejas para la fabricación de sus mieles pueden verse reflejadas en la Tabla 1, donde a su vez se puede notar que en la muestra de la especie *Apis mellifera*, a parte de encontrarse el mayor número de granos de polen, también fue en la cual se observaron mayor número de familias. El gran número de granos de polen encontrados en las muestras de *A. mellifera* se da debido a que estas tienen grandes colmenas, con gran número de cría, lo cual hace que esta especie necesite gran cantidad de alimento disponible durante todo el año (Silva Garnica, Arcos-Dorado, Gómez-Díaz, 2006). Ahora, para *A. mellifera* las familias encontradas en otros trabajos también tienen una relación con las encontradas en este estudio, por ejemplo, Anacardiaceae, la cual es una familia de importancia melífera, al igual que Melastomataceae, Poaceae y Myrtaceae, reconociendo las plantas de preferencias para esta especie, tanto en Colombia como en México (Córdova, Ramírez, Martínez y Zaldívar, 2013).

En Colombia existen pocos trabajos sobre los recursos florales para las especies de abejas nativas, este es el caso de la *Melipona eburnea*. En trabajos realizados en Fusagasugá con esta misma especie encontraron familias similares a las encontradas en este trabajo, tales como: Melastomataceae, Asteraceae, Euphorbiaceae y Fabaceae

(Obregón, 2011). Resultados similares fueron analizados en otros países como en Brasil, donde las familias encontradas fueron Fabaceae, Myrtaceae, Solanaceae y Melastomataceae (Correia, 2016). Esto indica que esta especie presenta preferencias al momento de visitar los recursos que tiene disponibles en los bosques donde habita.

Para este estudio la diversidad beta del orden cero, fue de 1.62, lo que implica una disimilitud de 62 %, y sugiere que existe más de una comunidad virtual. Por otra parte, si se tienen en cuenta las abundancias relativas de cada uno de los tipos polínicos (q1) y las especies más abundantes (q2), la diversidad Beta se incrementa notablemente, 1.92 y 1.98 respectivamente (tabla 4), lo que sugiere que son dos comunidades casi completamente diferentes. Es decir, que, en términos de las especies más visitadas, las dos especies de abeja no compiten localmente por los recursos florales para la posterior fabricación de sus mieles y, eventualmente, reducir la posibilidad de transmisión de patógenos y enfermedades (Agüero *et al.*, 2018).

Este tipo de estudios con redes de polinización permiten conocer cómo funcionan las propiedades y consecuencias evolutivas y el rol que cumple cada una de las especies de abejas y plantas, al mismo tiempo permite explicarse con mayor precisión la actividad de estas comunidades, ofreciendo resultados como cuál es más generalista y cuál es más selectiva, y de cuáles son las más importantes manteniendo la organización de la red. En consecuencia, a mayor número de especies generalistas, más gruesa es la red. Las especies más conectadas, por lo tanto, son especies claves

del sistema y a las cuales se les debe dirigir una mayor atención a la hora de ordenar medidas de gestión ecosistémica y de cuidado en la conservación ambiental (Beltrán y Traveset, 2017).

Con la realización de este trabajo se demuestra que se puede ahorrar más tiempo en el momento de realizar el conteo de las especies de polen presente en las muestras de miel. El análisis sugiere que las submuestras fueron óptimas para la especie de abeja *A. mellifera* y subóptimas pero no despreciables (90 %) en *M. eburnea*. No obstante en artículos como los de Villarreal *et al.*, (2004), Olarte, Acevedo, Ríos y Carrero (2016) y López-Mejía, Moreno, Zuria, Sánchez-Rojas y Rojas-Martínez (2017) sobre la comparación de métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades explican que al utilizar el método de rarefacción/extrapolación con base a la cobertura de la muestra por número de granos de polen, es posible diseñar muestreos flexibles y más eficientes sin la necesidad de igualar el esfuerzo de muestreo entre comu-

nidades, principalmente cuando el tiempo y los recursos son limitados.

Conclusiones

La implementación del método de rarefacción/extrapolación, basado en el número de individuos (granos de polen), permite diseñar muestreos *ad hoc*, flexibles y más eficientes, acorde a la diversidad encontrada en las muestras mesopalinológicas.

Aunque es importante realizar más conteos para obtener análisis estadísticos más robusto, cabe destacar que conteos de submuestras permiten acceder a una estimación de la diversidad con una cobertura superior al 90% para las dos especies.

Las mieles de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* de las colonias evaluadas en el municipio de San Carlos, Antioquia, poseen comunidades polínicas distintas, lo que sugiere que las abejas usan los recursos florísticos del bosque de manera complementaria.

Referencias bibliográficas

- Agüero, J. I., Rollin, O., Torretta, J. P., Aizen, M. A., Requier, F. y Garibaldi, L. A. (2018). Impactos de la abeja melífera sobre plantas y abejas silvestres en hábitats naturales. *Ecosistemas*, 27(2), 60–69. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.7818/ECOS.1365](https://doi.org/10.7818/ECOS.1365)
- Alcaldía de San Carlos (Antioquia). (2015). *Plan de Desarrollo de San Carlos, Antioquia*. Recuperado de <http://www.sancarlos-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionYControl/Plan%20de%20Desarrollo.pdf>.

-
- Alcaldía de San Carlos (Antioquia). (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019 San Carlos (Antioquia)*. [http://www.sancarlos-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Plan de desarrollo 2016 - 2019.pdf](http://www.sancarlos-antioquia.gov.co/Transparencia/PlaneacionGestionControl/Plan%20de%20desarrollo%202016%20-%202019.pdf).
- Alvites Vigo, R. S. (2019). *Acción de los insectos polinizadores y su importancia en la agricultura en la campiña de Huacho*. (Tesis doctoral, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión). Recuperado de: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/2852/SEGUNDO%20ROLANDO%20ALVITES%20VIGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Beltrán, R. y Traveset, A. (2017). Redes de interacción entre flores e himenópteros en dos comunidades costeras. Efectos de la pérdida de hábitat. *Ecosistemas: Revista Científica de Ecología y Medio Ambiente*, 27(2), 102–114. DOI: <https://doi.org/10.7818/ECOS.1409>.
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction and extrapolation: standardizing samples by completeness rather than size. *Ecology*, 93(12), 2533–2547. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1890/11-1952.1](https://doi.org/10.1890/11-1952.1).
- Córdova, C., Ramirez, E., Hernández, E., Zaldívar, J. (2013). Botanical characterisation of honey (*Apis mellifera* L.) from four regions of the state of Tabasco, Mexico, by means of melisopalynological techniques. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 29(1), 163-178. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-29792013000200006&script=sci_arttext&tlng=pt.
- Correia, F. C. da S. (2016). Polen coletado por *Melipona eburnea* (*Apidae, Meliponina*) en Rio Branco – Acre (Universidade Federal do Acre). Recuperado de: <http://www2.ufac.br/ppgespa/dissertacoes/francisco-cildomar-da-silva-correia.pdf>.
- Dormann, C. F., Fruend, J., Gruber, B., Beckett, S., Devoto, M., Iriando, J., Opsahl, T., Strauss, R., Vazquez, D., Nils Bluethgen, Clauset, A. y Rodriguez-Girones, M. (2020). Bipartite: Visualising bipartite networks and calculating some (ecological) indices. R package version 2.14. (pp. 1–171).
- El-sound, N. H. A. (2012). Honey between traditional uses and recent medicine. *Macedonian Journal of Medical Sciences*, 5(2), 205–214. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.3889/MJMS.1857-5773.2012.0213](https://doi.org/10.3889/MJMS.1857-5773.2012.0213).
- Erdtman, G. (1952). *On Pollen and Spore Terminology*. Recuperado de: http://14.139.63.228:8080/pbrep/bitstream/123456789/156/1/PbV1_169.pdf
-

-
- Fonnegra, R. (1992). *Análisis palinológico de la miel de abejas del Suroeste antioqueño*. (Trabajo de grado). Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia
- Fontenla, J. L. (2019). Red de interacción ecológica insectos-plantas en Playas del Este, La Habana, Cuba Insects-plants ecological interaction network in Playas del Este, La Habana, Cuba. 129–142.
- Hsieh, T. C., Ma, K. H. y Chao, A. (2016). iNEXT:an Package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Ecology and Evolution*, 7(12), 1451–1456. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/2041-210X.12613](https://doi.org/10.1111/2041-210X.12613).
- Jost, L., Gonz, A. y Benem, O. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. January 2012. https://www.researchgate.net/publication/230634099_Midiendo_la_diversidad_biologica_mas_alla_del_indice_de_Shannon.
- Kumul, R. C., Ruiz, J. C. R., Vázquez, E. O. y Campos, M. R. S. (2015). Potencial antioxidante de la miel de *Melipona beecheii* y su relación con la salud: Una revisión. *Nutricion Hospitalaria*, 32(4). 1432–1442. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.3305/NH.2015.32.4.9312](https://doi.org/10.3305/NH.2015.32.4.9312).
- López-Mejía, M., Moreno, C. E., Zuria, I., Sánchez-Rojas, G. y Rojas-Martínez, A. (2017). Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(1), 183–191. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.RMB.2017.01.008](https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.008).
- Louveaux, J., Maurizio, A. y Vorwohl, G. (1978). Methods of melissopalynology. *Bee World*, 59(4), 139–157. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1080/0005772X.1978.11097714](https://doi.org/10.1080/0005772X.1978.11097714).
- Maurizio, A. y Louveaux, J. (1967). Les méthodes et la terminologie en méliissopalynologie. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 3(1–4), 291–295. DOI [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/0034-6667\(67\)90062-0](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90062-0).
- Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T - Manuales y Tesis SEA*. 1, 84. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1371/JOURNAL.PONE.0103709](https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0103709).
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E. y Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: Alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82(4), 1249–1261. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532011000400019.
-

-
- Nates-Parra, G., Montoya, M. P., Chamorro, F. J., Ramírez, N., Giraldo, C. y Obregón, D. (2013). Geographical and botanical origin of *Apis mellifera* (Apidae) honey in four Colombian departments. *Acta Biologica Colombiana*, 18(3), 427–438.
- Obregón, D. (2011). *Origen botánico de la miel y el polen provenientes de nidos de Melipona eburnea Friese, 1900 y Tetragonisca angustula (Latreille, 1811), (Apidae: Meliponini) para estimar su potencial polinizador*. Universidad Nacional de Colombia.
- Olarte-Quiñonez, C. A., Acevedo-Rincón, A. A., Ríos-Malaver, I. C. y Carrero-Sarmiento, D. A. (2016). Diversidad de mariposas (Lepidoptera, Papilionoidea) y su relación con el paisaje de alta montaña en los Andes nororientales de Colombia. *Arxius de Miscel·lània Zoològica*, (14), 233–255. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.32800/AMZ.2016.14.0233](https://doi.org/10.32800/AMZ.2016.14.0233).
- Pérez, R. G. (2003). *Estudio palinológico y colorimétrico de mieles monoflorales*. (Trabajo de grado, Universidad Politécnica de Cartagena). Recuperado de <https://repositorio.upct.es/xmlui/bitstream/handle/10317/49/pfc1099.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Rodelo, C. y Pérez, A. (2018). Caracterización de la composición y calidad fisicoquímica de miel de abejas (*Apis mellifera*) comercializada en la ciudad de Sincelejo-Sucre. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1-30. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1017/CBO9781107415324.004](https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004).
- Rodríguez, F. E. P. (2018). *Propuesta de buenas prácticas aplicadas a la producción de miel de abejas para mejorar la calidad y productividad en la empresa Ambamiel* (Tesis de maestría. Pontificia Universidad Católica del Ecuador-Matriz). Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/14927/Paredes%20Fernanda%20Trabajo%20Titulaci%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Samarghandian, S., Farkhondeh, T. y Samini, F. (2017). Honey and health: A Review of Recent Clinical Research. *Pharmacognosy Research*, 9(2), 121-127. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5424551/>.
- Silva-Garnica, D., Arcos-Dorado, A. L. y Gómez-Díaz, J. A. (2006). *Guía ambiental apícola*. Recuperado de: http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/32938/GUIA_AMBIENTAL_APICOLA_Bogota_-Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
-

-
- Velásquez, C. (1999). *Atlas palinológico de la flora vascular paramuna de Colombia: Angiospermae*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendoza, H., Ospina, M. y Umaña, A. M. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad*. Recuperado de: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf>.
- Weng, C., Hooghiemstra, H. y Duivenvoorden, J. F. (2006). Challenges in estimating past plant diversity from fossil pollen data: statistical assessment, problems, and possible solutions. *Diversity and distributions*, 12(3), 310-318. DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.1111/J.1366-9516.2006.00230.X](https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2006.00230.x).
- Wodehouse, R. P. (1935). *Pollen grains. Their structure, identification and significance in science and medicine*. McGraw-Hill.
-