



UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

1803

**Instituto de Biología
Trabajo de Grado
Modalidad: Investigación**

Caracterización palinológica de la miel de las especies *Apis mellifera* L. y *Melipona eburnea* Friese. establecidas en Bosques Tropicales de Antioquia

Nombre del Estudiante:

Daniela Marín Henao

Asesor:

Mario Alberto Quijano Abril

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Instituto de Biología**

2020

Tabla de contenido

Resumen	3
1. Planteamiento del problema	4
2. Marco conceptual y estado del arte	7
3. Objetivos	9
General	9
Específicos	9
4. Métodos	10
<i>Área de estudio</i>	10
<i>Recolección de la miel</i>	11
<i>Identificación del material</i>	12
<i>Análisis palinológico</i>	12
<i>Similaridad y escalamiento multidimensional no métrico (nMDS)</i>	14
<i>Red de interacción</i>	14
5. Resultados	16
<i>Riqueza y Diversidad</i>	18
<i>Similaridad y escalamiento multidimensional no métrico (nMDS)</i>	21
<i>Red de interacción</i>	23
<i>Caracterización de la miel de Apis mellifera</i>	26
<i>Caracterización de la miel de Melipona eburnea</i>	29
6. Discusión	36
7. Conclusiones	42
8. Agradecimientos	43
9. Bibliografía	44
Anexos	50

Resumen

Actualmente la producción de miel en Colombia es muy baja y está poco tecnificada. Son pocos los estudios que se han realizado para caracterizar las mieles de Colombia, ignorando incluso el valor agregado que estas pueden tener, ya que la mayoría de estas colmenas están ubicadas al interior de los Bosques. El estudio se llevó a cabo en colmenas ubicadas al interior del bosque, el cual pertenece a la zona de vida bosque muy húmedo premontano, en el Oriente del departamento de Antioquia. Los muestreos se realizaron tomando entre 15 y 20 mL de miel de cada una de las colmenas estudiadas (7 *Apis mellifera* y 7 *Melipona eburnea*), posteriormente se llevaron al laboratorio donde fueron procesadas. Con base en los datos obtenidos se hizo una caracterización de algunos rasgos de la historia de vida de las especies de plantas encontradas, así mismo se realizó un análisis de riqueza y diversidad de los tipos polínicos encontrados en las muestras, finalmente se realizó una red de interacción y se calcularon las métricas de red para la red y para las especies. Los índices de diversidad q_0 y q_1 fueron más altos para *M. eburnea*. Con base en el índice de diversidad beta, el SN, el nMDS y el análisis de similaridad, se logró establecer que el solapamiento que existe entre las dos especies de abejas es muy bajo. Con base en lo encontrado, se logra establecer que el establecimiento de colmenas de *A. mellifera* y *M. eburnea* en la misma zona de vida no genera una competencia fuerte entre ambas abejas por las plantas que seleccionan para la obtención de néctar, sin embargo, es importante evaluar si esta competencia puede darse en otras fuentes de alimento como el polen e incluso en otras zonas de vida.

Palabras clave: Melisopalinología, Tipos polínicos, Diversidad, Competencia, *Apis mellifera*, *Melipona eburnea*.

1. Planteamiento del problema

Durante los últimos años el gobierno colombiano ha incentivado la generación de proyectos con miras a la protección y conservación de los bosques, teniendo en cuenta las estrategias de producción sostenible. Gracias a varios estudios se ha logrado evidenciar que la apicultura es una de estas alternativas, pero en nuestro país los apicultores aún no han logrado aprovechar el alto potencial que tiene el mercado de las abejas debido a la poca caracterización y diferenciación de sus productos, además de los altos niveles de falsificación (Martínez Anzola , 2006). Esto mismo se ha observado en la región del Oriente Antioqueño (IAvH, CORNARE, UCO, 2018). No obstante, aún no se tienen muy claro cuáles son las especies de plantas directamente implicadas en la producción de la miel y cómo el aporte de estas especies podría influir en las características fisicoquímicas del producto. Por tal motivo, para que se dé un desarrollo óptimo, de buena calidad y bien planeado por parte de los apicultores es necesario tener información base sobre la flora apícola en la zona y calendarios florales (Montoya-Pfeiffer, Bonilla, Chamorro, & Nates-Parra, 2014)

Para Antioquia se han hecho algunas investigaciones sobre calendarios florales y melisopalinología con el objetivo de determinar la ubicación geográfica de las mieles y la identificación de los tipos; estos últimos se basan en la presencia significativa de determinada abundancia y diversidad de granos de polen por muestra (Castaño & Fonnegra, 1981; Fonnegra, 1992; Corral, 1984; Girón, 1995; Sánchez, 1995; Velasquez-Ruiz, Gil, Urrego, Durango, & Catañeda, 2016). Gran parte de estos trabajos se han enfocado en la especie de abeja introducida *Apis mellifera*, y no en otras que además de ser nativas, han comenzado a tener alto potencial a nivel regional para obtención de miel, como lo es por ejemplo *Melipona eburnea*.

Algunos autores sugieren que las preferencias de las abejas por diferentes fuentes de néctar pueden variar dependiendo de la especie de planta y su fenología, así como del tipo de

hábitat, la altura sobre el nivel del mar y la zona de vida donde se ubiquen las colmenas (Díaz & Fernández, 1998). Estos fenómenos podrían influir en la composición polínica de los diferentes tipos de miel. Algunos autores sugieren que la calidad y las características fisicoquímicas de la miel puede ser más valiosas cuando las colmenas están establecidas en límites de bosques conservados, contrario a las ubicadas en zonas cercanas a centros urbanos (Berry, 2009). Según esto, la miel producida por las comunidades campesinas de la región tendría un valor agregado con respecto a la producida de manera masiva en otro tipo de ambientes.

Análisis comparativos de la miel de *Apis mellifera* recolectada en diferentes zonas de vida muestran grandes diferencias en su composición dependiendo del tipo de vegetación aledaña. Con lo cual se ha sugerido que esta especie es generalista, por lo tanto, no desarrolla ningún tipo de preferencia por determinadas especies vegetales (Morandin & Kremen, 2013). Son menos los estudios que se enfocan en las preferencias de *Melipona eburnea* debido a que no ha sido ampliamente utilizada en la producción de miel. Sumado a esto, tampoco existen trabajos donde se comparen las características de la miel producida por estas dos especies, lo cual es de vital importancia si se quiere incentivar la producción de meliponicultores.

Sumado a esto, se debe tener en cuenta que durante los últimos años han disminuido las poblaciones de polinizadores (Potts et al., 2016) y más específicamente se ha generado una crisis mundial por la pérdida de las abejas, lo cual puede llevar a una disminución de las poblaciones de angiospermas y generar baja producción en los cultivos (Kremen, Williams, Bugg, Fay, & Thorp, 2004; Kearns, Inouye, & Waser, 1998). Esta problemática ha incentivado la generación de proyectos que buscan recuperar las fuentes de alimento de estos polinizadores y de esta manera incrementar sus poblaciones. El obtener información sobre la flora apícola, además de ayudar a las comunidades, permitirá diseñar estrategias útiles para implementarse en procesos de conservación tanto de las abejas como las especies de plantas asociadas. Otro

aspecto importante es que partiendo de un listado base de las especies vegetales que contribuyen de manera directa en la producción de la miel se podría incentivar a las comunidades campesinas para que comiencen a establecer estas especies cerca de las colmenas donde se encuentran las abejas, obteniendo así una mayor producción de miel.

2. Marco conceptual y estado del arte

La miel según la norma técnica colombiana es una sustancia dulce natural producida por abejas obreras de diferentes especies a partir del néctar y las secreciones de las partes vivas de plantas o mielatos. Esta es una sustancia que las abejas recolectan y transforman mediante la combinación de sustancias propias específicas que ellas mismas depositan, deshidratan, almacenan y dejan madurar al interior de la colonia (ICONTEC, 2007). En gran medida las características fisicoquímicas de la miel van a estar dadas por las plantas que las abejas usan en la obtención de su materia prima. Estas plantas varían dependiendo de la zona geográfica donde se encuentren las especies (Díaz & Fernández, 1998). Cuando las abejas van a una planta en busca de néctar, impregnan su cuerpo con trazas de polen, el cual es mezclado con el néctar, transportado a la colmena y almacenado junto con la miel. A partir del estudio de esta miel se pueden realizar análisis palinológicos para determinar cuáles especies vegetales están siendo utilizadas por las abejas (Velasquéz-Ruiz, Gil, Urrego, Durango, & Catañeda, 2016).

No todas las abejas son productoras de miel. Este comportamiento es apreciable en *Apis mellifera* y en especies pertenecientes a la tribu Meliponini, conocidas como “abejas sin aguijón” encontradas en áreas subtropicales y tropicales. Estas últimas son muy apreciadas por la calidad de su miel en muchos países latinoamericanos. Según Nates-Parra (2011) para el año 1995 se habían identificado en Colombia para el género *Melipona* 19 especies distribuidas en diferentes alturas, desde el nivel del mar hasta los 3400 m.s.n.m. Uno de los aspectos a resaltar sobre las especies de este género es que junto con *Apis mellifera* son las únicas que poseen comportamiento altamente social (eusocialidad) (Nates-Parra & Gónzales, 2000), lo que implica que por sus grandes colonias perennes y la alta producción de cría requieran de grandes cantidades de alimento a lo largo de todo el año (Ramalho, Silva, & Carvalho, 2007). *Melipona eburnea* es una de las especies de meliponas más comunes que se encuentra en Colombia, Perú, Bolivia y Brasil (Camargo & Pedro, 2008); en nuestro país se distribuye en la

Amazonia, la Orinoquia y los Andes, desde los 800 hasta los 2100 msnm (Nates-Parra G. , 2007). Esta especie aparece en el libro rojo de invertebrados terrestres de Colombia dentro de la categoría de la UICN vulnerable, puesto que se encuentra afectada por procesos de degradación de hábitat. Por su parte la abeja *Apis mellifera* es originaria de Europa, África y algunas partes de Asia, sin embargo, se encuentra ampliamente distribuida por todo el mundo. El uso de esta especie está destinado principalmente a la producción de miel y en menor medida de productos como polen, propóleos, jalea real o cera, entre otros (Montoya-Pfeiffer, Bonilla, Chamorro , & Nates-Parra, 2016). Fue introducida en Colombia desde hace varias décadas con fines económicos, principalmente para la obtención de miel y polen.

Como fue mencionado anteriormente, la caracterización taxonómica de las angiospermas que están siendo utilizadas por las abejas en la producción de miel se puede realizar mediante análisis palinológicos. La palinología es una rama de la ciencia que se encarga del estudio del polen y esporas, los cuales a su vez también sirven para determinar el origen botánico y geográfico de la miel, así como la calidad de la misma (Piedras & Quiroz , 2007). La determinación de las especies que están siendo utilizadas por las abejas como nectaríferas, poliníferas o ambas podría ser usada en la restauración del paisaje forestal, la cual es entendida como una restauración a largo plazo con el objetivo de restituir la funcionalidad ecológica y mejorar el bienestar humano implementando procesos de producción sostenible (IUCN and WRI, 2014). Con trabajos de este tipo se podría generar una herramienta que permita a las comunidades campesinas de la región saber cuáles son las especies vegetales de mayor aporte a la producción de miel y para así aumentar sus poblaciones.

3. Objetivos

General:

Caracterizar las especies de plantas con potencial apícola en la producción de miel generada por *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en la zona de vida bosque muy húmedo Premontano del Oriente Antioqueño

Específicos:

- Determinar la frecuencia de granos de polen en las diferentes muestras de miel producida por las especies *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* en la zona de estudio.
- A partir de las frecuencias de granos de polen obtenidas, realizar un análisis de diversidad de las muestras de miel producida por ambas especies de abejas.
- Con base en el análisis palinológico, seleccionar las especies de plantas útiles para la producción de miel, que puedan ser cultivadas por las comunidades de la zona.

4. Métodos

Área de estudio

El estudio se realizó con base en 14 colmenas (siete *Apis mellifera* y siete *Melipona eburnea*) establecidas en dos municipios del Oriente Antioqueño los cuales se ubican en la zona de vida Bosque muy Húmedo Premontano (El Carmen de Viboral y San Carlos) (Tabla 1). Los municipios seleccionados se caracterizan por su actual producción apícola, así como la generación de diferentes iniciativas tendientes a la conservación y gestión de bosques (IAvH, CORNARE, UCO, 2018) (Figura 1).

Tabla 1. Ubicación y código de las colmenas muestreadas de *A. mellifera* y *M. eburnea*

Colmena	Municipio	Vereda	Colmena	Municipio	Vereda
AP1C1	San Carlos	Buenos Aires	ME1C1	San Carlos	Cañaveral
AP1C2	San Carlos	Buenos Aires	ME1C2	San Carlos	Cañaveral
AP2C1	San Carlos	El Tabor	ME2C1	San Carlos	El Tabor
AP2C2	San Carlos	El Tabor	ME2C2	San Carlos	El Tabor
AP3C1	El Carmen de Viboral	El Porvenir	ME3C1	El Carmen de Viboral	El Porvenir
AP3C2	El Carmen de Viboral	El Porvenir	ME4C1	El Carmen de Viboral	El Porvenir
AP4C1	El Carmen de Viboral	El Porvenir	ME4C2	El Carmen de Viboral	El Porvenir

El área de estudio presenta un relieve montañoso con grandes repliegues de la cordillera central y presencia de varios ríos principales como el Samaná y el Náre, así como de pequeñas cuencas hidrográficas. Uno de los principales usos del suelo es la explotación agrícola, enfocada principalmente en el cultivo de café, maíz, plátano y caña. Asimismo, existe una actividad ganadera, la cual ha generado potreros y rastrojos. A pesar de todo, es posible

evidenciar una gran cantidad de relictos de bosque en buen estado de conservación, los cuales en algunos casos no están conectados (Callejas, 2011).

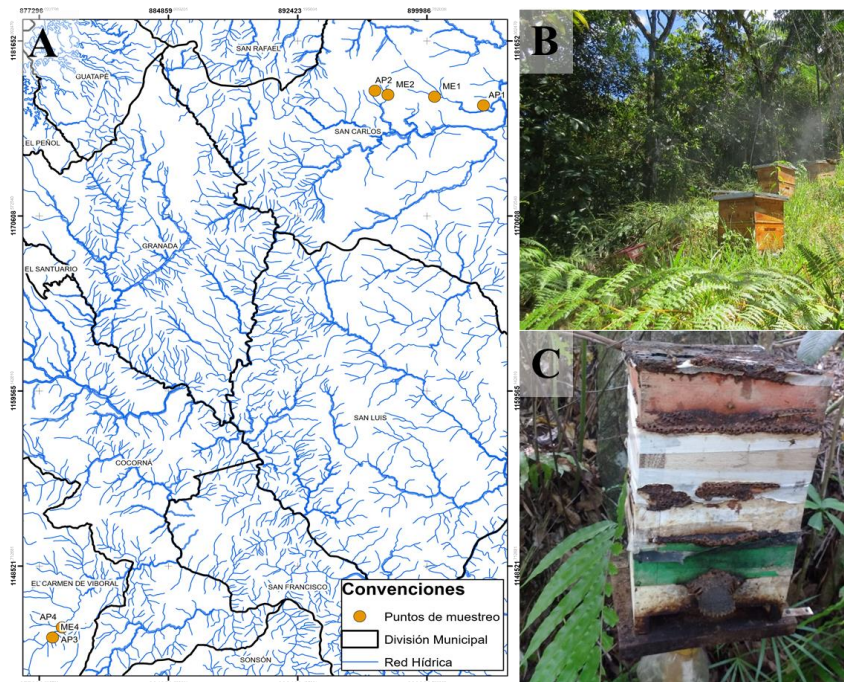


Figura 1. A. mapa de la ubicación de los apiarios y meliponarios seleccionados para el muestreo de las colmenas. B. colmenas *Apis mellifera*. C. Colmena *Melipona eburnea*.

Recolección de la miel

Para ambos casos la obtención de la miel se realizó directamente de las colmenas, recolectando entre 15 y 20 mL de miel sin opercular. La miel de *Apis mellifera* fue obtenida a partir de trozos de colmena que posteriormente eran filtrados y almacenados en envases plásticos debidamente marcados con código de la colmena y fecha de colecta. Por su parte la miel de *Melipona eburnea* se recolectó utilizando jeringas estériles de 20mL. Las muestras fueron tomadas durante diferentes temporadas del año, teniendo en cuenta picos de floración, temporada climática, tiempo de cosecha.

La muestra obtenida se almacena en envases plásticos y/o de vidrio marcados con la fecha y el lugar de colección. Para su procesamiento y análisis se realizó la acetólisis de Erdtman (1969) con algunas modificaciones realizadas por Fonnegra (1992), la cual consiste

en la hidrólisis ácida del polen y de varios ciclos de centrifugado, en la que se usa el reactivo de Erdtman, el cual es una solución de ácido sulfúrico concentrado y anhídrido acético (1:9). Estos dos reactivos son altamente corrosivos, por ende, son usados para degradar los tejidos orgánicos y el protoplasma de los granos de polen, de esta manera se vuelve la exina transparente y facilita su observación en el microscopio y la preservación de las muestras. El montaje se realizó con 7 μ L de muestra, mezclada con gelatina glicerínada y sellada con parafina.

Una vez las muestras se tenían procesadas y montadas, se procedió a realizar el conteo de los granos de polen presentes en la miel. Para esto se contaron en 100X cada uno de los granos presentes en las placas, utilizando un microscopio Leica DM50, el cual tenía incorporada una cámara Leica ICC50 HD. Todos los granos de polen encontrados fueron medidos, descritos y fotografiados.

Identificación del material

Para la identificación taxonómica de los granos de polen presentes en las muestras de miel se revisó el material de referencia existente en las palinotecas de la Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional. También se tuvieron en cuenta atlas palinológicos (Leal, Berrío, Raimún, & Bilbao, 2011; Roubik & Moreno Patiño, 1992). A su vez, se obtuvo material de referencia, recolectando muestras de botones florales en una parcela circular temporal con un radio de aproximadamente 1 km alrededor de la colmena. Las especies fueron herborizadas y almacenadas en la colección de referencia del herbario de la Universidad Católica de Oriente (HUCO). Los botones florales fueron procesados realizando la metodología de acetólisis de Erdtman (1969) con algunas modificaciones planteadas por Fonnegra (1992), este material fue incluido en la palinoteca de la Universidad Católica de Oriente.

Análisis palinológico

Es de vital importancia conocer dentro que límites varía el contenido de granos de polen presentes en cierta cantidad de peso y/o volumen de una muestra de miel, debido a que esto nos habla de la pureza y de la riqueza de dicha miel (Fonnegra, 1992). Según el contenido polínico Louveaux (1970) clasifica las mieles en cinco clases según la riqueza de polen (tabla 2)

Tabla 2. Clases propuestas por Louveaux (1970) para clasificar la riqueza de las mieles

Clases	Número de granos de polen en 10 mL
I	<20.000
II	Entre 20.000 a 100.000
III	Entre 100.000 a 500.000
IV	Entre 500.000 a 1'000.000
V	>1'000.000

Las clases de frecuencia de clase se designaron como: polen predominante, «D» (> 45%); polen secundario, «S» (16-45%); polen de importancia menor, «M» (3-15%); polen menor, «m» (entre >1 y <3%); y presente, «+» (≤ 1) (Louveaux, 1970). Las muestras en las que un tipo de polen representaba $\geq 45\%$ se clasificaron como monoflorales, y aquellas en las que ningún tipo de polen alcanzó este porcentaje se clasificaron como multiflorales. Así mismo se estimaron las frecuencias de ocurrencia como: Raro ($\leq 10\%$), Menos Frecuente (10-20%), Frecuente (20-50%), Muy frecuente (>50%) (Caccavari & Fagúndez, 2010).

Después obtener los resultados de los análisis palinológicos y con base en información secundaria se efectuó una caracterización de las especies de plantas presentes en las muestras de miel. Se evaluaron rasgos de su historia de vida como hábito de crecimiento, origen, tipo de inflorescencia, sistema sexual.

Análisis de riqueza y diversidad

Se calculó la riqueza y la diversidad alpha y beta. Alpha se calculó a partir de la riqueza verdadera o de los números efectivos de especies, de esta manera q_0 , es igual al número

efectivo de especies que se encontró en la comunidad y no tiene en cuenta la abundancia de las especies. Cuando $q=1$, las especies se pesan en proporción a su frecuencia y, por lo tanto, $q1$ (= exponencial de la entropía de Shannon) puede interpretarse como el número de "especies típicas" en la comunidad. Cuando $q = 2$, se favorecen las especies abundantes y se descuentan las especies raras o con poca abundancia, y por lo tanto $q2$ (= concentración inversa de Simpson), la cual puede interpretarse como el número de "especies muy abundantes" en la comunidad (Chao, Chiu, & Hsieh, 2012). Para el cálculo de beta también se utilizaron los números de Hill, pero su interpretación en este caso es diferente, ya que se realizó con base a la fórmula multiplicativa ($\beta = \gamma/\alpha$) y para este caso se denomina "número efectivo de comunidades" (Jost, 2007) o "número de unidades de composición" (Toumisto, 2010).

A partir de los datos obtenidos y utilizando el Software iNEXT online (Chao, Ma, & Hsieh, 2016), se calcularon los intervalos de confianza, la riqueza estimada y el porcentaje de cobertura de la muestra para alpha.

Similaridad y escalamiento multidimensional no métrico (nMDS)

Para observar que patrones se podían ver en las especies de abejas, se realizó un análisis multivariable a partir de un escalamiento multidimensional no métrico (nMDS), sobre la base de una matriz de disimilitud de Bray-Curtis, este último se centra en las comparaciones abundancias de especie por especie. Así mismo se estimó la similaridad entre las colmenas con el índice de disimilitud de Bray-Curtis, el cual tiene en cuenta las abundancias de las especies. Los análisis y la visualización de los datos se generaron utilizando el software PAST 3.26 (Hammer, Harper, & Ryan, 2001)

Red de interacción

A partir de la frecuencia de granos de polen registrada en cada una de las placas se elaboró una matriz de interacción entre las dos especies de abejas y los tipos polínicos

encontrados en las muestras. Con esta matriz se construyó la red de interacción y se obtuvieron los índices cuantitativos de la estructura de la red. Para el cálculo de las métricas y visualización de la red se usó el paquete “Bipartite” del software R (Dormann, Gruber, & Fruend, 2008; R Development Core Team, 2016).

Las métricas calculadas a nivel de la red fueron, el grado de especialización complementaria a partir del índice H_2' , esta métrica mide que tan segregadas están las especies (valores cercanos a uno indican una partición de nicho elevada y una alta especialización a nivel de comunidad; los valores cercanos a cero sugieren que el nivel de especialización es bajo) (Blüthgen, Menzel, & Blüthgen, 2006; Fründ, Linsenmair, & Blüthgen, 2010). Así mismo se calculó la conectancia (c), esta es la proporción entre los enlaces de las interacciones entre los tipos polínicos y las abejas de la red, donde los valores cercanos a uno indican una conectancia perfecta (Dunne, Williams, & Martinez, 2002). Finalmente, se estimó la superposición de nicho (SN), métrica que corresponde a la similitud en los patrones de interacción entre especies de un mismo grupo. Para este índice, los valores cercanos a cero indican una partición de nicho elevada y, valores cercanos a uno, una superposición de nicho total (Blüthgen, 2010).

A nivel de especies se calcularon las métricas d' , la cual mide el nivel de especialización y describe la fuerza del uso de recursos en comparación con la disponibilidad de este. Los valores de d' cercanos a cero corresponden a un comportamiento generalista, y los cercanos a uno, especialista (Blüthgen, Menzel, & Blüthgen, 2006; Fründ, Dormann, Holzschuh, & Tschardtke, 2013). También se calculó el índice de servicio de polinización (PSI) para las dos especies de abejas, el cual mide la importancia de estas como polinizadoras dentro de la comunidad, donde los valores cercanos a uno indican una importancia máxima y los cercanos a cero, indican poca relevancia como polinizador (Dormann C. , 2011).

5. Resultados

En total se analizaron 25 muestras de miel, 12 de *Apis mellifera* y 13 de *Melipona eburnea*. Es importante resaltar que en dos de las muestras de *M. eburnea* no hubo evidencia de granos de polen (tabla 3) y una de las colmenas de *M. eburnea* no fue tomada en cuenta, ya que a la hora de realizar el muestreo la colonia estaba muerta. Del total de las muestras analizadas se contaron 22.192 granos de polen para *A. mellifera* y 10.564 granos para *M. eburnea*.

Tabla 3. Número de granos de polen presentes en cada una de las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*.

Meliponario	Número de granos en 7 µl	Clase	Tipo de miel	Apiario	Número de granos en 7 µl	Clase	Tipo de miel
ME1C1	273	III	Multifloral	AP1C1	314	III	Multifloral
ME1C2	670	IV	Multifloral	AP1C2	1097	V	Monofloral
ME1C3	608	IV	Multifloral	AP1C3	222	III	Monofloral
ME1C4	-	-	-	AP1C4	2810	V	Multifloral
ME2C1	2173	V	Multifloral	AP2C1	1856	V	Monofloral
ME2C2	286	III	Multifloral	AP2C2	471	IV	Monofloral
ME2C3	1247	V	Multifloral	AP2C3	2004	V	Multifloral
ME2C4	Muerta	-	-	AP2C4	10024	V	Multifloral
ME3C1	234	III	Monofloral	AP3C1	333	III	Monofloral
ME3C2	4178	V	Monofloral	AP3C2	869	V	Monofloral
ME4C1	81	II	Multifloral	AP3C3	1675	V	Multifloral
ME4C2	301	III	Multifloral	AP4C1	479	IV	Multifloral
ME4C3	-	-	-				
ME4C4	526	IV	Monofloral				

Según la clasificación propuesta por Louveaux 1968 el 40% de las muestras analizadas pertenecen a la clase V, 28% a la clase IV, 28 % a la clase III y 4% a la clase II, lo que indica que más del 50% de las muestras proviene de mieles muy diversas y con alto contenido polínico. Así mismo, 15 muestras fueron multiflorales y 9 monoflorales, de las cuales 4 eran

Tipo *Mimosa*, 3 Tipo *Protium*, 1 Tipo *Cecropia*, 1 Tipo *Hedyosmum* y 1 Tipo *Miconia* (figura 2)

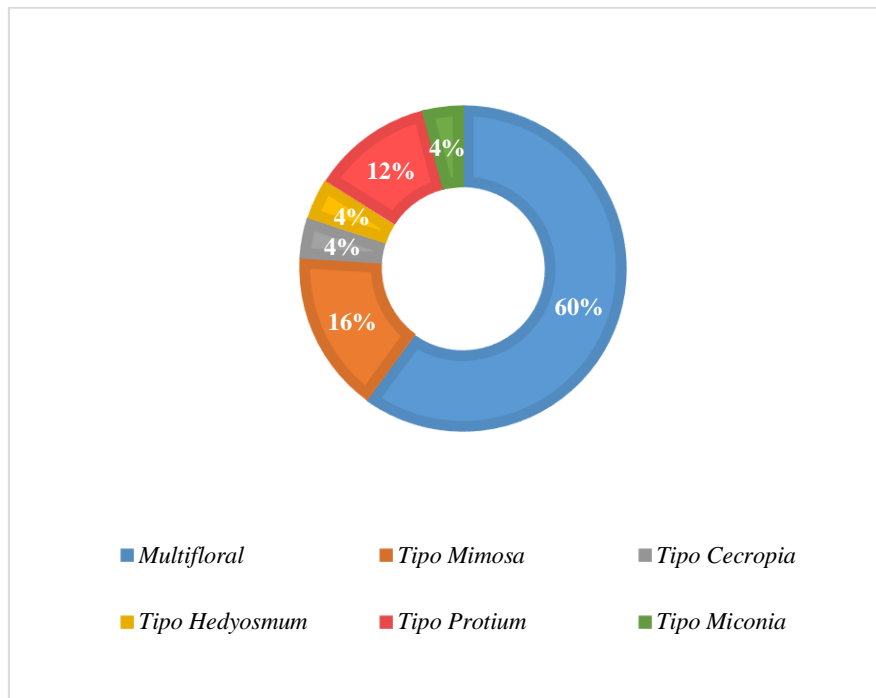


Figura 2. Clasificación de las muestras de miel de las especies *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*

En la tabla 4 se presentan los rasgos de la historia de vida evaluados para las plantas correspondientes a los tipos polínicos encontrados en las muestras de miel de cada una de las especies. Ambas especies de abejas en su mayoría visitaron árboles y arbustos nativos, *A. mellifera* en un 76.32% y *M. eburnea* 83.87%. Sin embargo, *A. mellifera* visitó plantas con diferente hábito de crecimiento, por ejemplo, palmas y trepadoras a diferencia de *M. eburnea* donde estos hábitos no se evidenciaron. El 88.89% de las plantas encontradas en las muestras de *M. eburnea* y el 90 % de las de *A. mellifera* tienen inflorescencias. Entre ellas los racimos (18.75%) fueron los más frecuentes en las muestras de *M. eburnea* y en el caso de *A. mellifera* las panículas (23.68%).

Tabla 4. Rasgos de la historia de vida de las plantas encontradas en las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*

	<i>Melipona eburnea</i>		<i>Apis mellifera</i>		
	n*	% **	n	%	
Origen	Nativo	26	83.87%	29	76.32%
	Introducido	4	12.90%	5	13.16%
	Naturalizado	1	3.23%	3	7.89%
	Indeterminado	-	-	1	2.63%
Sistema sexual¹	Monoico	6	18.75%	8	21.05%
	Dioico	5	15.63%	3	7.89%
	Hermafrodita	21	65.63%	24	63.16%
	Indeterminado	-	-	3	7.89%
Hábito	Hierba	5	16.13%	8	21.05%
	Arbusto	14	45.16%	14	36.84%
	Árbol	12	38.71%	11	28.95%
	Trepadora	-	0%	2	5.26%
	Palma	-	0%	2	5.26%
	Indeterminado	-	0%	1	2.63%
Flor / Inflorescencia	Solitarias	4	11.11%	4	10%
	Racimo	7	19.44%	3	7.50%
	Panícula	6	16.67%	7	17.50%
	Glomérulos	0	0%	1	2.50%
	Espigas	5	13.89%	5	12.50%
	Indeterminado	6	16.67%	10	25%
	Cabezuelas	2	5.56%	5	12.50%
	Fascículos	1	2.78%	2	5%
	Amento	1	2.78%	1	2.50%
	Cimas	4	12.50%	2	5%

*n, número de especies de plantas que presentaban el rasgo de historia de vida evaluado. % porcentaje del rasgo de vida evaluado frente al total. ¹ Dellaporta. S. L and Calderón-Urrea. A (1993).

Riqueza y Diversidad

Teniendo en cuenta los números de Hill (el número efectivo de especies), la riqueza y la diversidad alpha fue muy similar entre las especies abejas (tabla 5, figura 3B). La diversidad alpha (q_0) estimada, calculada a partir de los intervalos de confianza, muestra que esta puede ser igual en ambas especies de abejas, así mismo indica que con el conteo realizado se logró obtener toda la diversidad presente en las muestras de miel (tabla 5, figura 3A), es decir que si se aumenta el esfuerzo de conteo (o muestro) la riqueza no aumenta significativamente.

El número de especies típicas (q_1) para *M. eburnea* fue de 13.66 y para *A. mellifera* fue 11.44, mientras que el número de especies muy abundantes (q_2) fue 5.58 y 6.61 respectivamente. Esto podría indicar que *M. eburnea* puede estar visitando mayor número de especies plantas comparada con *A. mellifera*. Sin embargo, *M. eburnea* puede estar visitando estas plantas en una frecuencia mucho menor, ya que para *A. mellifera*, las especies más abundantes son mayor (tabla 5, figura 3B).

En total se obtuvieron 114 tipos polínicos, de los cuales 71 tipos fueron (42 exclusivos) encontrados en las muestras de *A. mellifera* y 72 (43 exclusivos) en las de *M. eburnea*. De los 114 tipos polínicos encontrados 29 fueron compartidos por ambas especies, pero es importante resaltar que la abundancia de estos tipos polínicos fue muy diferente en las muestras de miel de estas abejas.

Tabla 5. Valores de la diversidad alfa en números de Hill (número efectivo de especies) para las muestras de miel de *Melipona eburnea* y *Apis mellifera*.

	Estimada			Observada			Cobertura muestra
	q0	q1	q2	q0	q1	q2	
<i>Melipona eburnea</i>	72.75	13.71	5.58	72	13.66	5.58	0.99
<i>Apis mellifera</i>	73.45	11.46	6.62	71	11.44	6.61	0.99

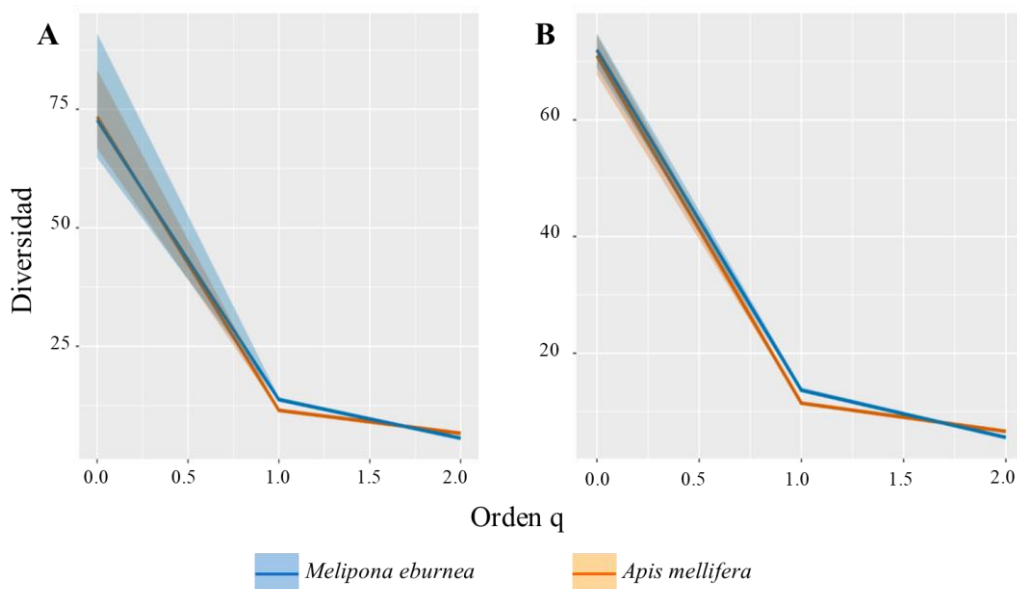


Figura 3. Diversidad alfa en números de Hill (número efectivo de especies) para *Melipona eburnea* y *Apis mellifera*. A. Diversidad alpha estimada. B. Diversidad alpha observada.

La diversidad beta de orden cero (q_0) calculada a partir de los números de Hill (en este caso número de comunidades efectivas), indica que existen 1.59 comunidades virtuales, distintas en la composición de los tipos polínicos (visto también como que γ es 1.59 veces más diverso que el promedio de las muestras de miel de las dos especies de abejas). En este caso, los tipos polínicos compartidos por estas abejas son menor al 40 % (superposición), esto en parte puede darse debido a que las abundancias de los tipos polínicos compartidos por ambas especies fueron diferentes. Teniendo en cuenta las abundancias de cada una de las especies (q_1), el valor de beta sigue siendo muy similar (1.54), pero en este caso la superposición es del 33%. Si se tienen en cuenta solo las especies más abundantes (q_2), el valor de beta aumenta (1.66) y la superposición disminuye a un 20%, lo que puede sugerir que *A. mellifera* utiliza ciertas especies de plantas en mayor proporción, diferentes a las utilizadas por *M. eburnea* (tabla 6).

Tabla 6. Valores de la diversidad beta en números de Hill (número efectivo de especies) y la superposición entre las muestras de miel *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*

<i>Apis mellifera</i> x <i>Melipona eburnea</i>		
	beta	Superposición
q_0	1.59	0.40
q_1	1.54	0.33
q_2	1.66	0.20

La diversidad alpha fue calculada para cada una de las colmenas analizadas. Tanto para las colmenas correspondientes a la especie *Apis mellifera*, como para la especie *Melipona eburnea* se encontraron en promedio el mismo número de tipos polínicos (17-18), siendo en una de las muestras de *M. eburnea* donde mayor número de tipos polínicos fueron evidenciados (28) (tabla 7).

Tabla 7. Valores de diversidad alfa en números de Hill (número efectivo de especies) para cada una de las colmenas de *Melipona eburnea* y *Apis mellifera*.

<i>Melipona eburnea</i>				<i>Apis mellifera</i>			
Colmena	q0	q1	q2	Colmena	q0	q1	q2
ME1C1	22	11.85	8.91	AP1C1	12	7.15	6.26
ME1C2	25	14.17	9.79	AP1C2	25	2.79	1.58
ME1C3	15	8.92	7.04	AP1C3	13	4.42	2.60
ME2C1	18	7.29	4.80	AP1C4	20	4.26	3.14
ME2C2	12	2.85	1.74	AP2C1	22	4.50	2.69
ME2C3	15	7.34	4.84	AP2C2	18	2.93	1.71
ME3C1	11	3.48	2.51	AP2C3	20	5.68	3.78
ME3C2	28	2.15	1.39	AP2C4	16	6.48	5.21
ME4C1	12	8.41	6.29	AP3C1	14	3.64	2.36
ME4C2	21	7.37	4.22	AP3C2	14	4.72	2.83
ME4C4	10	3.74	2.44	AP3C3	24	8.16	5.11
				AP4C1	21	10.26	7.74
Promedio	17.18	7.05	4.91		18.25	5.42	3.75

Similaridad y escalamiento multidimensional no métrico (nMDS)

El análisis de Escalamiento Multidimensional no-métrico (nMDS), muestra dos grupos, los cuales no se encuentran relacionados (figura 4). Uno de ellos incluye las muestras de *Melipona eburnea* y el otro las muestras de *Apis mellifera*. En la figura 4, también se puede observar que dentro de los grupos algunas colmenas están más relacionadas entre sí, lo cual podría ser explicado por la similaridad florística que existe en las zonas de vida donde están ubicadas dichas colmenas.

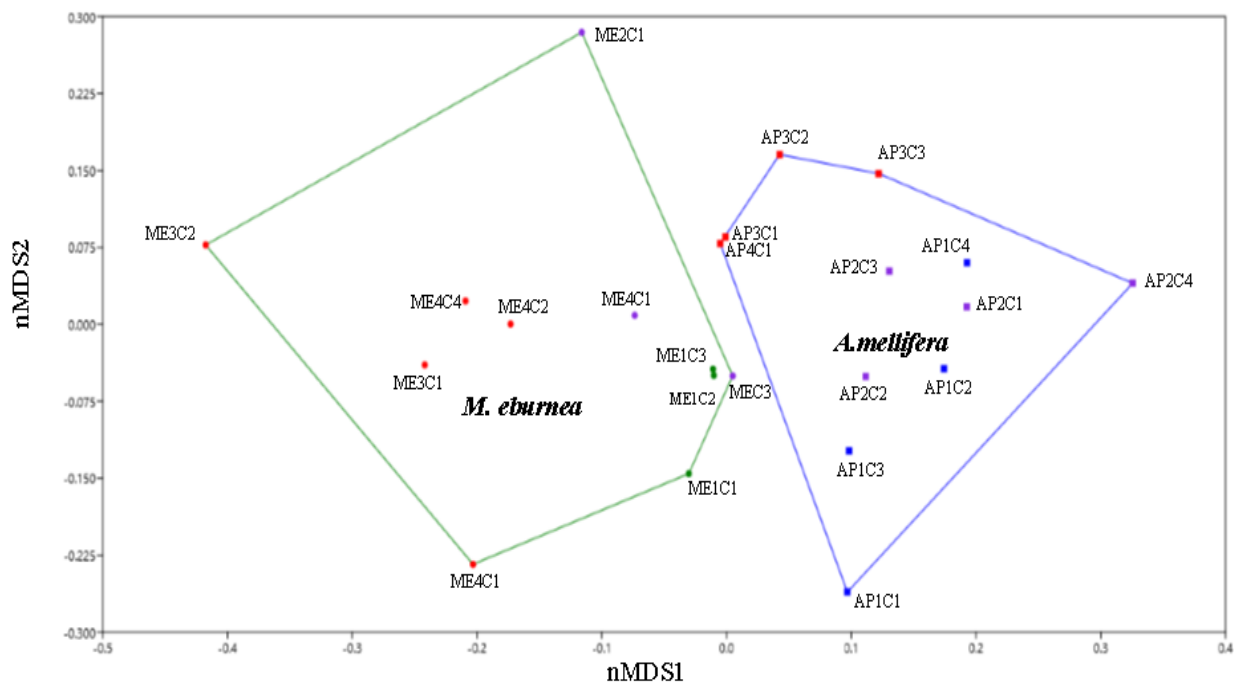


Figura 4. Análisis de Escalamiento multidimensional no métrico (nMDS) utilizando el índice de Bray-Curtis. Los círculos representan las muestras de *M. eburnea* y los cuadrados las muestras de *A. mellifera*. Los colores en la figura indican el lugar donde estaba ubicada cada colmena: Rojo, Vereda El Porvenir (El Carmen de Viboral); Azul, Vereda Buenos Aires (San Carlos); Morado, Vereda El Tabor (San Carlos) y Verde, Vereda Cañaveral (San Carlos).

Al observar la figura 5, la cual corresponde al análisis de similitud realizado con el índice de Bray-Curtis, se encuentra un patrón similar al evidenciado con el análisis nMDS. El cual demuestra que a pesar de que las colmenas de *A. mellifera* y *M. eburnea* estén ubicadas en la misma zona de vida y en la misma área, no se lograron evidenciar similitudes significativas en los tipos polínicos de cada una de las muestras de miel, esto en parte debido a que los pocos tipos polínicos compartidos por estas especies no tienen la misma abundancia, lo que a su vez puede indicar que estas especies de abejas realmente no utilizan los mismos recursos en la producción de sus mieles.

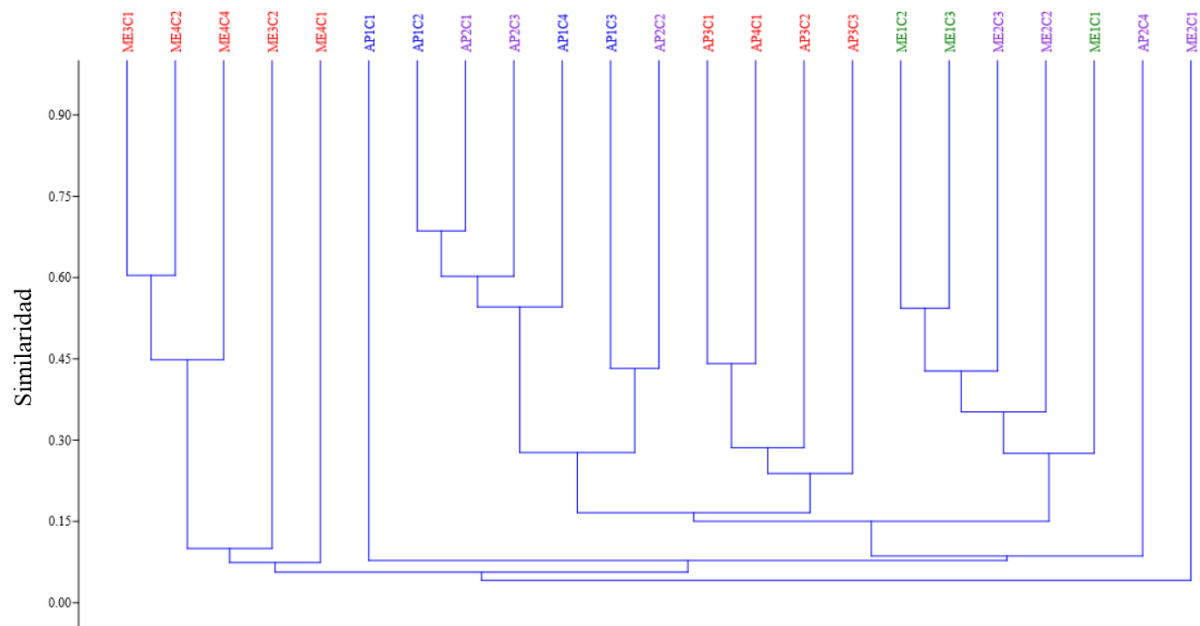


Figura 5. Análisis de similaridad usando el índice de Bray-Curtis. Los colores en la figura indican el lugar donde estaba ubicada cada colmena: Rojo, Vereda El Porvenir (El Carmen de Viboral); Azul, Vereda Buenos Aires (San Carlos); Morado, Vereda El Tabor (San Carlos) y Verde, Vereda Cañaveral (San Carlos).

Red de interacción

En la figura 6, se puede observar la red de interacción generada a partir de la matriz de datos. En promedio las abejas tuvieron 1.23 enlaces por especie. También, se encontró que la red tiene una tendencia a ser especializada a nivel de comunidad ($H_2' = 0.69$), es decir que *A. mellifera* siempre tiende a utilizar los mismos tipos polínicos, este mismo patrón logró evidenciarse para *M. eburnea*. La conectancia a nivel de red fue alta 0.63. La superposición de nicho para las abejas de fue baja ($SN = 0.20$), es decir existe una partición de nicho alta entre estas dos especies de abejas, lo que puede indicar que estas especies no obtienen néctar de las mismas plantas (tabla 8).

A nivel de especies se encontró que las abejas pueden ser especializadas y dependientes de ciertos tipos polínicos. Para estas especies de abejas se obtuvo un PSI muy alto (mayor al 80 %), lo que sugiere que son polinizadores muy importantes para ciertas plantas en las comunidades donde están establecidas) (tabla 8). Por ejemplo, para especies como *Mimosa*

pudica y el género *Protium*, ya que, si se observa la figura 6, se logra evidenciar la fuerte relación que existe entre *A. mellifera* y *M. pudica*, así como también la que existe entre *M. eburnea* y el tipo polínico *Protium*.

Tabla 8. Métricas de la red de interacción a nivel de red y a nivel de especie para *A. mellifera* y *M. eburnea*.

Métricas a nivel de red	Link por especies*	H ²	c	SN
	1.233	0.691	0.627	0.202
Métricas a nivel de especies	Degree**	d'	PSI	
	<i>Apis mellifera</i>	71	0.623	0.914
	<i>Melipona eburnea</i>	72	0.632	0.819

* Media del número de enlaces en la red; H², grado de especialización complementaria; c, conectancia; SN, superposición de nicho. **degree, el valor del número de interacciones por especie; d', el índice de especialización y PSI, importancia en el servicio de polinización para los himenópteros.

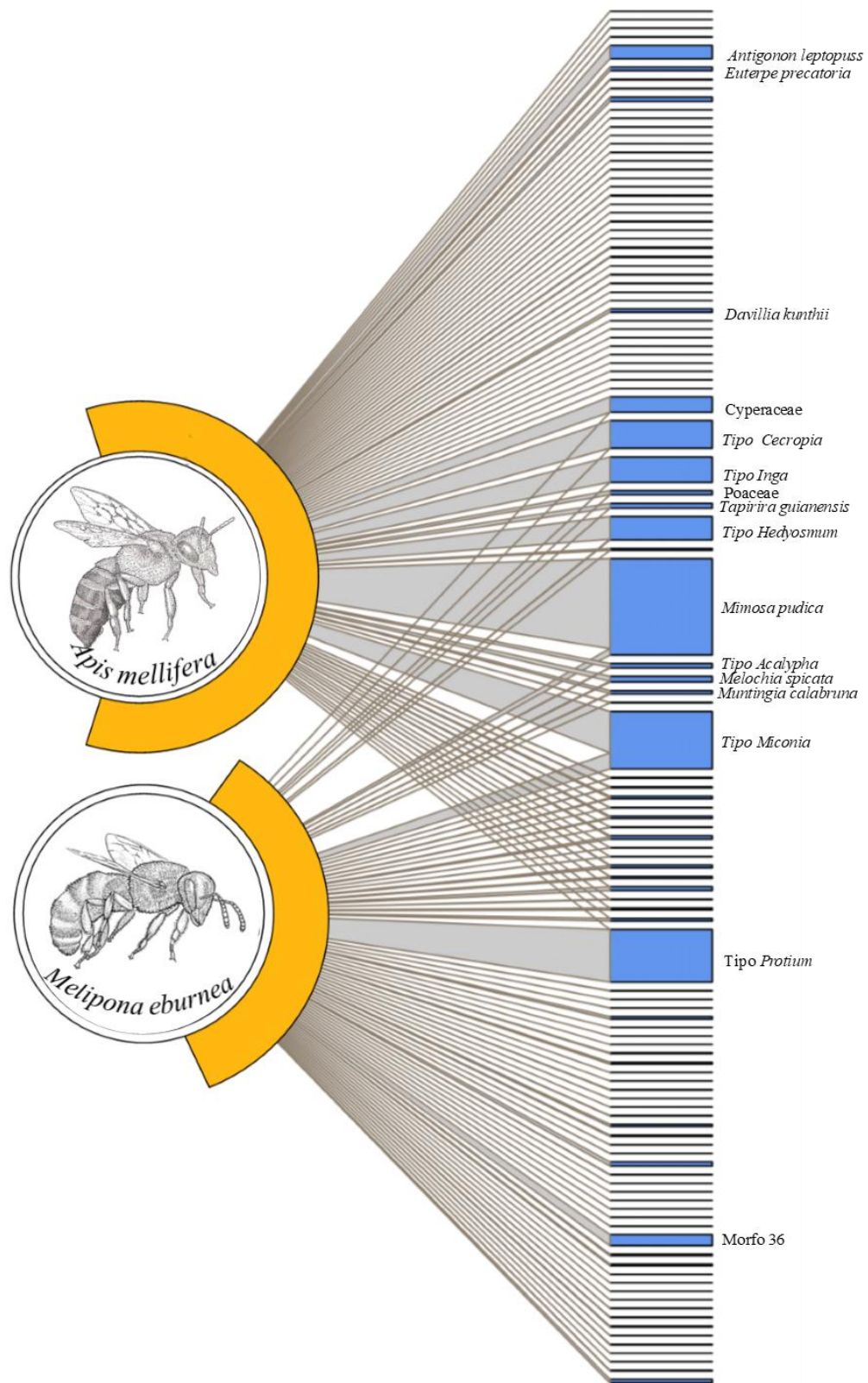


Figura 6. Red de interacción. La red incluye las dos especies de abejas *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* (naranja) y los 114 tipos polínicos encontrados (azul). Las bandas grises son el número de enlaces entre las abejas y los tipos polínicos. El grosor de la banda representa la fuerza o importancia de la interacción entre el par de especies. El tamaño de las cajas azules indica la abundancia de los granos de polen encontrados en las muestras de miel y el tamaño de las cajas naranjas indican el total de granos de polen encontrados en las muestras de cada una de las muestras de miel tanto de *A. mellifera* como de *M. eburnea*

Caracterización de la miel de *Apis mellifera*

En total se registraron 71 tipos polínicos, pertenecientes a 29 familias, de las cuales 13 fueron identificadas a nivel de especie, 24 a nivel de género, 18 familia y 16 indeterminados. Las familias más representativas fueron Asteraceae con 11 tipos polínicos, Urticaceae (4), Melastomataceae (4), Myrtaceae (3), Boraginaceae (3), Euphorbiaceae (3). En las muestras se encontraron 5 tipos polínicos pertenecientes a grupos de plantas reportadas como anemófilas (Poaceae, Cyperaceae, *Cecropia* y *Hedyosmum*) dos de ellos con una frecuencia alta (Tabla 9). Se encontraron en promedio 18 tipos polínicos por muestra, siendo 12 el menor número de tipos y 25 el mayor número de tipos encontrados. En el 50% de las muestras se reporta presencia de esporas y/o estructuras de hongos (ANEXO 1, Figura 1).

El origen botánico de las muestras analizadas fue en su mayoría multifloral (57%) y el 43% tipo monofloral, de estas últimas el 29% fueron de *Mimosa pudica*, 7% tipo *Cecropia* y 7% tipo *Hedyosmum*.

Tabla 9. Tipos polínicos con frecuencia de clases y porcentaje de ocurrencia en las muestras de miel de *Apis mellifera*.

Familia	Tipo polínico	D ¹	S	M	m	+	FO ²
Actinidaceae	Actinidaceae	-	-	-	-	1	1
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	-	-	5	3	3	11
Apocynaceae	Apocynaceae	-	-	-	-	1	1
Arecaceae	Tipo <i>Geonoma</i>	-	-	1	-	-	1
	<i>Euterpe precatória</i>	-	1	1	1	2	5
	<i>Piptocoma discolor</i>	-	-	-	2	4	6
	Asteraceae 4	-	-	-	1	1	2
	Asteraceae 5	-	-	-	-	1	1
Asteraceae	Asteraceae 7	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 11	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 12	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 13	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 14	-	-	-	-	1	1
	Tipo <i>Emilia</i>	-	-	-	1	3	4
	<i>Tithonia diversifolia</i>	-	-	-	1	4	5
<i>Taraxacum officinale</i>	-	-	-	-	1	1	
Boraginaceae	Tipo <i>Cordia sp1</i>	-	-	-	-	2	2

	Tipo <i>Cordia sp2</i>	-	-	-	1	-	1
	Tipo <i>Tournefortia</i>	-	-	-	-	2	2
Burseraceae	Tipo <i>Protium</i>	-	-	-	-	1	1
Chlorantaceae	Tipo <i>Hedyosmum</i>	1	2	3	1	3	10
Clusiaceae	Tipo <i>Clusia</i>	-	-	-	-	1	1
Cunnoniaceae	Tipo <i>weinmannia</i>	-	-	-	-	1	1
	Tipo <i>Scleria</i>	-	-	1	-	-	1
Cyperaceae	Cyperaceae	-	-	1	4	1	6
Dilleniaceae	<i>Davilla kunthii</i>	-	-	1	4	1	6
	Tipo <i>Acalypha</i>	-	1	-	2	6	9
Euphorbiaceae	Euphorbiaceae 2	-	-	-	-	2	2
	Tipo <i>Croton</i>	-	-	-	-	4	4
	<i>Mimosa pudica</i>	4	3	1	-	3	11
Fabaceae	Tipo <i>Inga</i>	-	1	2	3	4	10
Malpighiaceae	Malpighiaceae	-	-	-	-	2	2
Malvaceae	Malvaceae 1	-	-	-	-	1	1
	<i>Melochia spicata</i>	-	-	1	-	2	3
	Tipo <i>Miconia 2</i>	-	-	-	1	-	1
Melastomataceae	Tipo <i>Miconia 1</i>	-	3	1	4	4	12
	Tipo <i>Tibouchina</i>	-	-	1	-	1	2
	Melastomataceae 3	-	-	1	-	-	1
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	-	-	3	-	1	4
	<i>Psidium guajava</i>	-	-	-	-	1	1
Myrtaceae	Tipo <i>Myrcia</i>	-	-	-	3	4	7
	Tipo <i>Eucalyptus</i>	-	-	-	1	-	1
Ochnaceae	<i>Cespedesia spathulata</i>	-	-	-	1	2	3
Peraceae	Tipo <i>Pera</i>	-	-	4	-	1	5
Phyllanthaceae	Tipo <i>Phyllanthus</i>	-	1	-	-	3	4
Piperaceae	Tipo <i>Piper</i>	-	-	-	3	3	6
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	-	-	1	-	1	2
Poaceae	Poaceae	-	-	-	4	5	9
Sapindaceae	Tipo <i>Cupania</i>	-	-	-	-	3	3
Solanaceae	Solanaceae	-	-	-	-	1	1
	Tipo <i>Cecropia</i>	1	3	5	1	2	12
	Tipo <i>Pourouma</i>	-	-	-	-	3	3
Urticaceae	Urticaceae 1	-	-	1	-	-	1
	Urticaceae 2	-	-	1	-	-	1
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferrujinea</i>	-	-	-	1	3	4
	Morfo 1	-	-	-	-	1	1
	Morfo 5	-	-	-	-	1	1
	Morfo 6	-	-	-	-	1	1
	Morfo 7	-	-	-	-	2	2
	Morfo 10	-	-	-	-	2	2
	Morfo 11	-	-	-	-	1	1
	Morfo 15	-	-	-	-	1	1
	Morfo 18	-	-	-	1	-	1

Morfo 19	-	-	-	1	-	1
Morfo 21	-	-	-	-	1	1
Morfo 24	-	-	-	-	1	1
Morfo 11742	-	-	-	-	1	1
Morfo 11749	-	-	-	-	1	1
Morfo 25	-	1	-	-	-	1
Morfo 1176	-	-	-	-	1	1
Morfo 1179	-	-	-	-	1	1

¹ Frecuencia de clases: Valor que indica el número de muestras en las cuales los diferentes tipos polínicos aparecen en los siguientes porcentajes: D, Polen Dominante (> 45%); S, Polen secundario (16-45%); M, Polen importante menor (3-15%); m, Polen menor (< 3%). ² FO: Porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

El 52.78% de los tipos polínicos tuvo una frecuencia de ocurrencia menor al 3% (Raro), el 12.50% menos frecuente (10-20%), el 15.28% frecuente (20-50%) el 19.44% muy frecuente (>50%).

En la figura7, se presentan los tipos polínicos con las frecuencias de ocurrencia más altas en las muestras de miel. Entre ellas se destacan los tipos polínicos *Cecropia* y *Miconia* los cuales fueron encontrados en todas las muestras de miel. También los tipos *Mimosa pudica* y *Tapirira guianensis* quienes fueron encontrados en 11 de las muestras. Estos tipos polínicos pueden considerarse importantes en la obtención de recursos por esta especie de abeja, ya que no solo tienen una frecuencia de ocurrencia alta, sino que también fueron clasificados como dominantes y/o secundarios (Lámina 1-3).

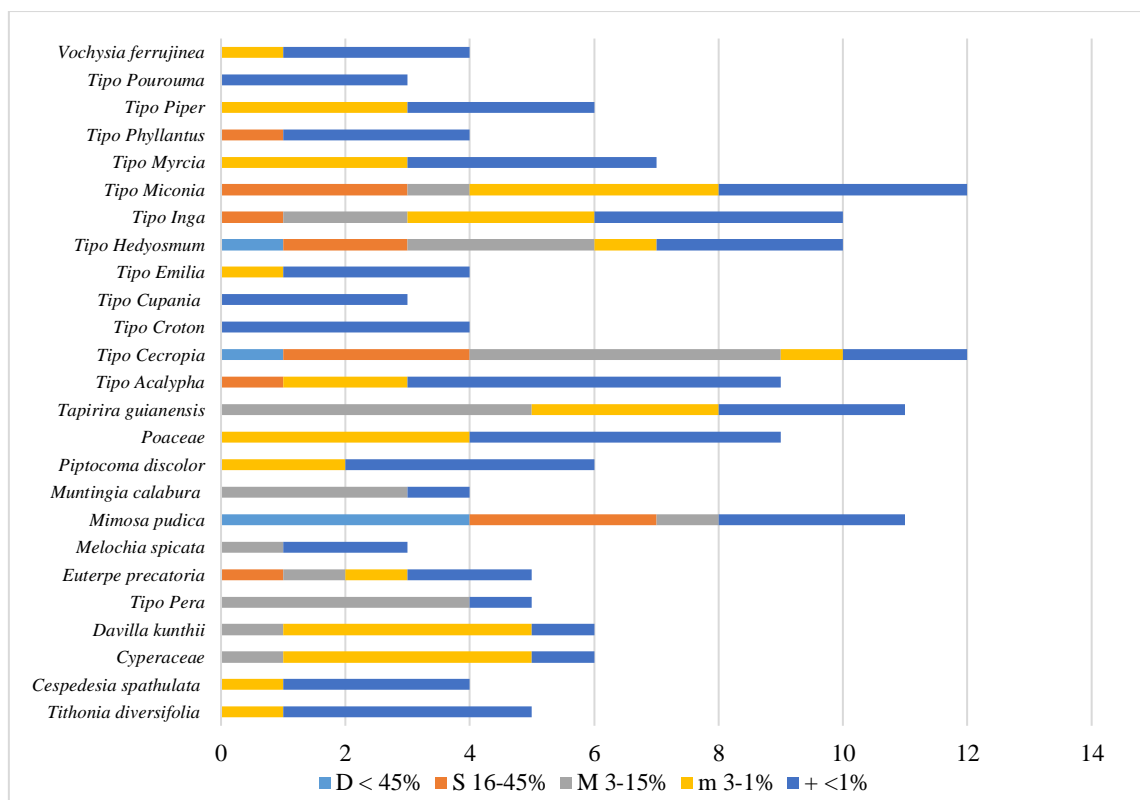


Figura 7. Tipos polínicos con mayores valores de frecuencia de ocurrencia y frecuencia de clases en muestras de miel de *Apis mellifera*

Caracterización de la miel de *Melipona eburnea*

En total se registraron 72 tipos polínicos, pertenecientes a 27 familias, de las cuales 11 fueron identificadas a nivel de especie, 24 a nivel de género, 18 familia y 19 indeterminados (tabla 10). Las familias más representativas fueron Melastomataceae con 13 tipos, Euphorbiaceae (5), Asteraceae (5), Myrtaceae (4), Malvaceae (2). En las muestras se encontraron cuatro tipos polínicos pertenecientes a plantas anemófilas (Poaceae, Cyperaceae, *Hedyosmun* y *Cecropia*) las cuales tuvieron una frecuencia muy baja. En promedio se encontraron 18 tipos polínicos por muestra, el menor número de tipos polínicos encontrados en una muestra fue de 10 y el mayor fue de 28. En el 55% de las muestras se reporta presencia de esporas y/o estructuras de hongos (ANEXO 1, Figura 2).

Tabla 10. Tipos polínicos con frecuencia de clases y porcentaje de ocurrencia en las muestras de miel de *Melipona eburnea*

Familia	Tipo polínico	D ¹	S	M	m	+	FO ²
Anacardiaceae	<i>Tapirira guianensis</i>	-	-	-	1	2	3
Apocynaceae	Apocynaceae	-	1	-	-	1	2
Araliaceae	Tipo <i>Schefflera</i>	-	-	1	-	2	3
	<i>Piptocoma discolor</i>	-	-	-	-	4	4
	Asteraceae 19	-	-	-	-	1	1
Asteraceae	Asteraceae 21	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 23	-	-	-	-	1	1
	Asteraceae 17	-	-	-	-	1	1
Begoniaceae	Tipo <i>Begonia</i>	-	-	-	4	-	4
Bignoniaceae	<i>Jacaranda copaia</i>	-	-	1	1	1	3
Boraginaceae	Tipo <i>Cordia 1</i>	-	-	1	-	1	2
Burseraceae	Tipo <i>Protium</i>	3	1	-	1	-	5
Chlorantaceae	Tipo <i>Hedyosmum</i>	-	-	-	1	3	4
Clethraceae	Tipo <i>Clethra</i>	-	-	-	-	2	2
Clusiaceae	Tipo <i>Clusia 1</i>	-	-	-	1	-	1
	Tipo <i>Scleria</i>	-	-	-	1	-	1
Cyperaceae	Cyperaceae	-	-	-	1	1	2
	Tipo <i>Alchornea</i>	-	1	2	1	1	5
	Tipo <i>Croton</i>	-	-	-	-	3	3
Euphorbiaceae	Tipo <i>Acalypha</i>	-	-	1	1	1	3
	Euphorbiaceae 5	-	-	-	-	1	1
	Euphorbiaceae 6	-	-	-	-	1	1
	<i>Mimosa pudica</i>	-	3	3	-	2	8
Fabaceae	Tipo <i>Inga</i>	-	-	-	1	2	3
Lamiaceae	Lamiaceae	-	-	-	-	1	1
	<i>Melochia spicata</i>	-	-	1	4	1	6
Malvaceae	<i>Heliocarpus americanus</i>	-	-	-	1	3	4
	Tipo <i>Miconia 1</i>	1	3	5	-	1	10
	Tipo <i>Miconia 2</i>	-	-	2	1	2	5
	Tipo <i>Miconia 3</i>	-	1	2	-	-	3
	<i>Bellucia pentamera</i>	-	-	4	1	1	6
	Melastomataceae 6	-	-	1	-	-	1
	Melastomataceae 8	-	-	-	-	1	1
Melastomataceae	Melastomataceae 9	-	-	-	-	1	1
	Tipo <i>Tibouchina</i>	-	-	-	1	1	2
	Melastomataceae 14	-	-	1	-	-	1
	Melastomataceae 2	-	-	-	1	1	2
	Tipo <i>Clidemia</i>	-	-	1	-	1	2
	Melastomataceae 12	-	-	-	1	-	1
	Tipo <i>Monochaethum</i>	-	-	1	-	4	5
Muntingiaceae	<i>Muntingia calabura</i>	-	-	-	2	2	4
	Tipo <i>Myrcia</i>	-	-	1	2	4	7
Myrtaceae	Myrtaceae 5	-	-	1	-	-	1

	Myrtaceae	10	-	-	-	-	1	1
	<i>Psidium guajava</i>		-	-	2	2	-	4
Ochnaceae	<i>Cespedesia spathulata</i>		-	1	2	-	7	10
Peraceae	Tipo <i>Pera</i>		-	-	-	1	-	1
Piperaceae	Tipo <i>Piper</i>		-	-	-	1	1	2
Poaceae	Poaceae		-	-	-	-	3	3
Rubiaceae	Tipo <i>Palicourea</i>		-	-	-	-	1	1
Sapindaceae	Tipo <i>Cupania</i>		-	1	1	1	1	4
Urticaceae	Tipo <i>Cecropia</i>		-	-	-	-	2	2
Vochysiaceae	<i>Vochysia ferruginea</i>		-	1	2	2	2	7
	Morfo 26		-	-	-	1	-	1
	Morfo 27		-	-	-	-	1	1
	Morfo 28		-	-	-	1	-	1
	Morfo 29		-	-	1	-	-	1
	Morfo 32		-	-	-	1	-	1
	Morfo 7		-	-	1	-	-	1
	Morfo 35		-	-	1	-	-	1
	Morfo 36		-	1	-	-	-	1
	Morfo 37		-	-	1	-	-	1
	Morfo 38		-	-	1	-	-	1
	Morfo 39		-	-	-	1	-	1
	Morfo 42		-	-	-	1	-	1
	Morfo 48		-	-	-	1	1	2
	Morfo 45		-	-	1	-	-	1
	Morfo 50		-	-	-	1	-	1
	Morfo 47		-	-	1	-	-	1
	Morfo 52		-	-	-	-	1	1
	Morfo 55		-	-	-	1	-	1
	Morfo 65		-	-	1	-	1	2

¹ Frecuencia de clases: Valor que indica el número de muestras en las cuales los diferentes tipos polínicos aparecen en los siguientes porcentajes: D, Polen Dominante (> 45%); S, Polen secundario (16-45%); M, Polen importante menor (3-15%); m, Polen menor (< 3%). ² FO: Porcentaje de frecuencia de ocurrencia.

De las 11 muestras analizadas 7 (64%) fueron de tipo multifloral y 4 de tipo monofloral (36%), de estas últimas el 27% era de tipo *Protium* y el 9% de tipo *Miconia*.

El 51% de los tipos polínicos tuvo una frecuencia de ocurrencia menor al 3% (Raro), el 15% menos frecuente (10-20%), el 9% frecuente (20-50%) el 25% muy frecuente (>50%), (figura 11).

En la figura 8 se presentan los 26 tipos polínicos con las frecuencias de ocurrencia más altas en las muestras de miel de *Melipona eburnea*. Entre ellos se destacan *Cespedesia*

spathulata y el tipo *Miconia* los cuales fueron encontrados en 10 de las muestras de miel. Seguido de estos está *Mimosa pudica* presente en 8 muestras. Luego de este están los tipos *Vochysia ferruginea* y *Myrcia* encontradas en 7 de las muestras. Otros tipos como *Melochia spicata*, *Bellucia pentamera*, *Monochaetum* y el tipo *Alchornea* también tuvieron una frecuencia alta. Por tal motivo se destaca que estos tipos pueden ser un recurso muy importante para esta especie, ya que no solo están presentes en una frecuencia alta, sino que también fueron clasificados como dominantes y/o secundarios.

A pesar de que el Tipo *Protium* no tuvo una frecuencia de ocurrencia muy alta en las muestras analizadas, es importante resaltar que la abundancia si fue muy alta en las muestras donde fue encontrado, incluso es un tipo dominante, lo que indica que junto con los tipos polínicos mencionados anteriormente es clave para la obtención de la materia prima para la fabricación de la miel de la especie *Melipona eburnea* (lámina 1-3).

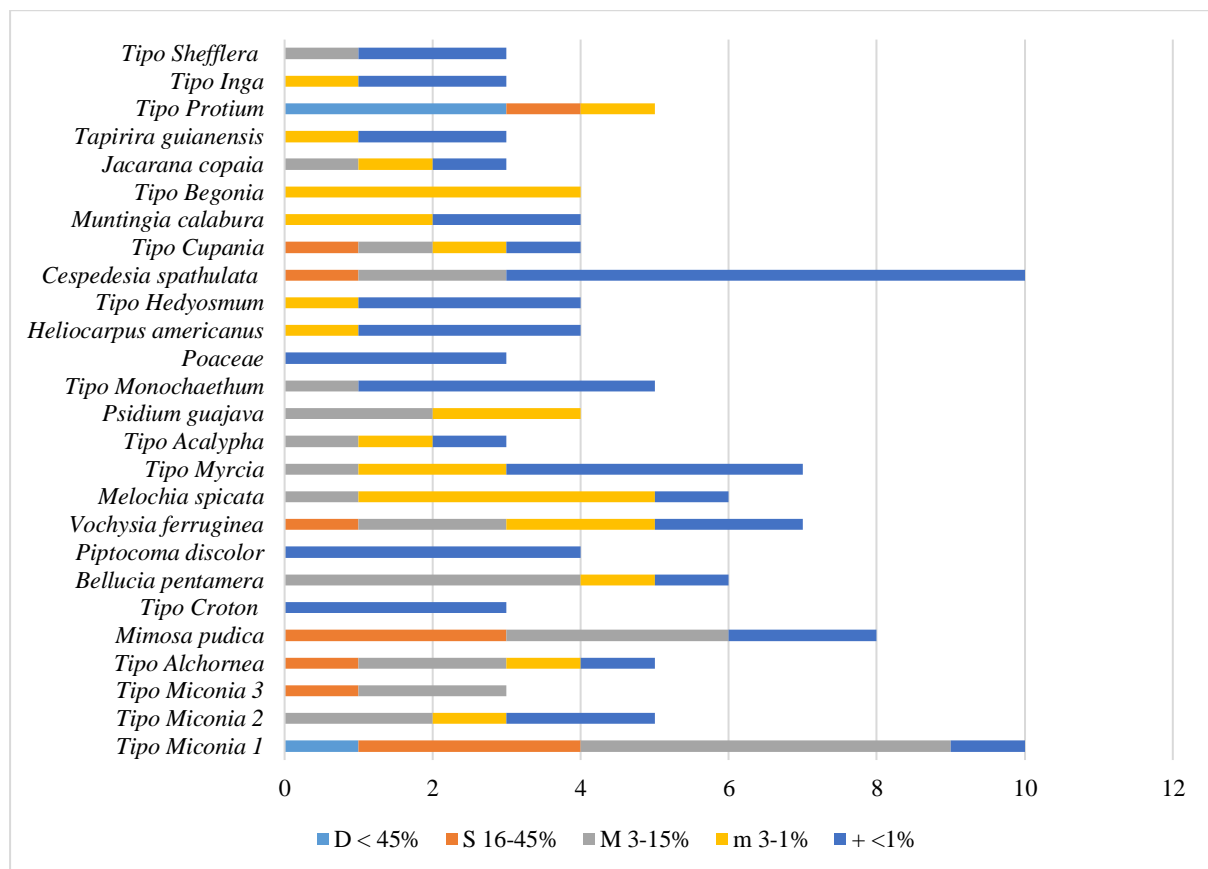
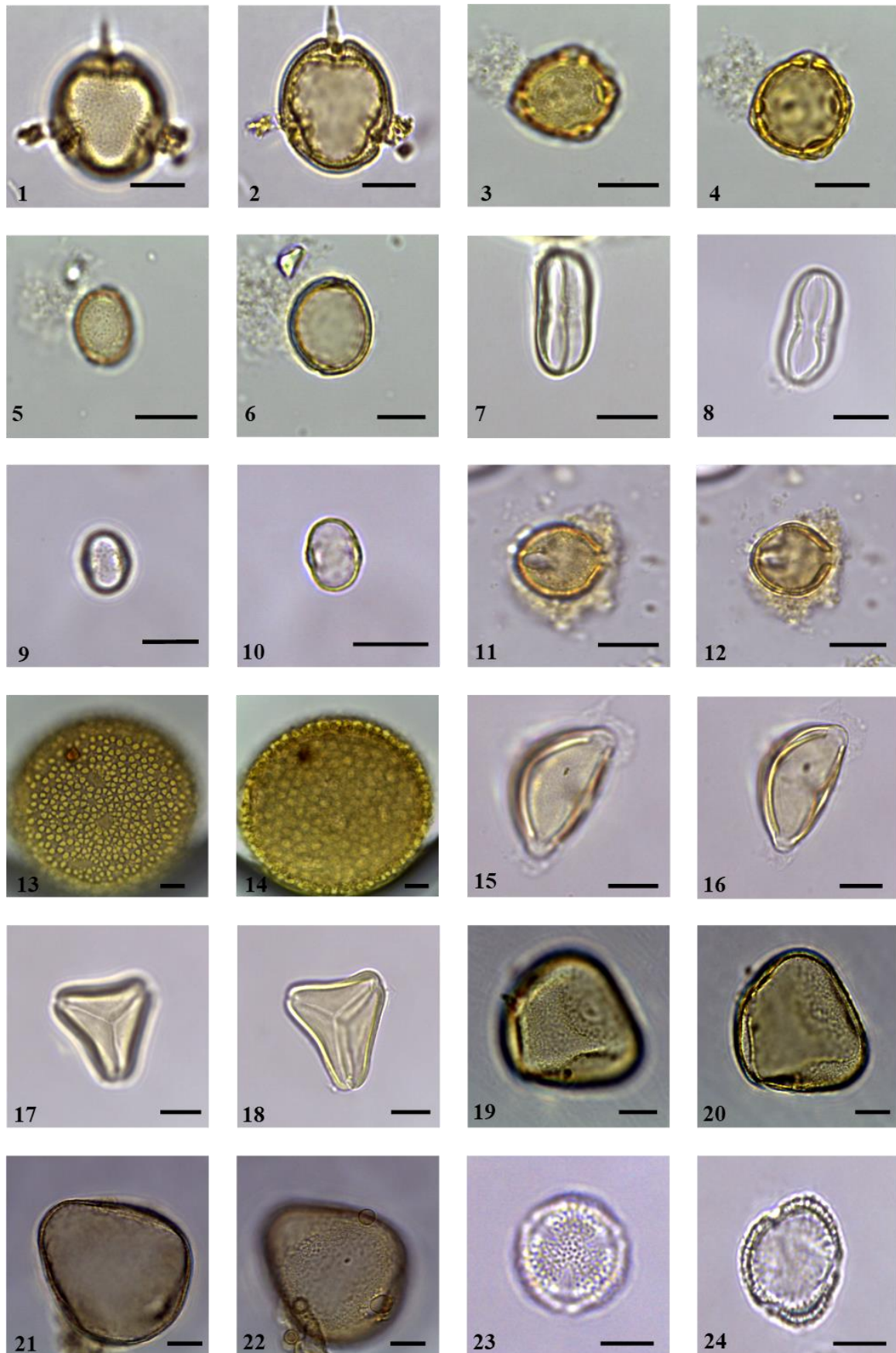
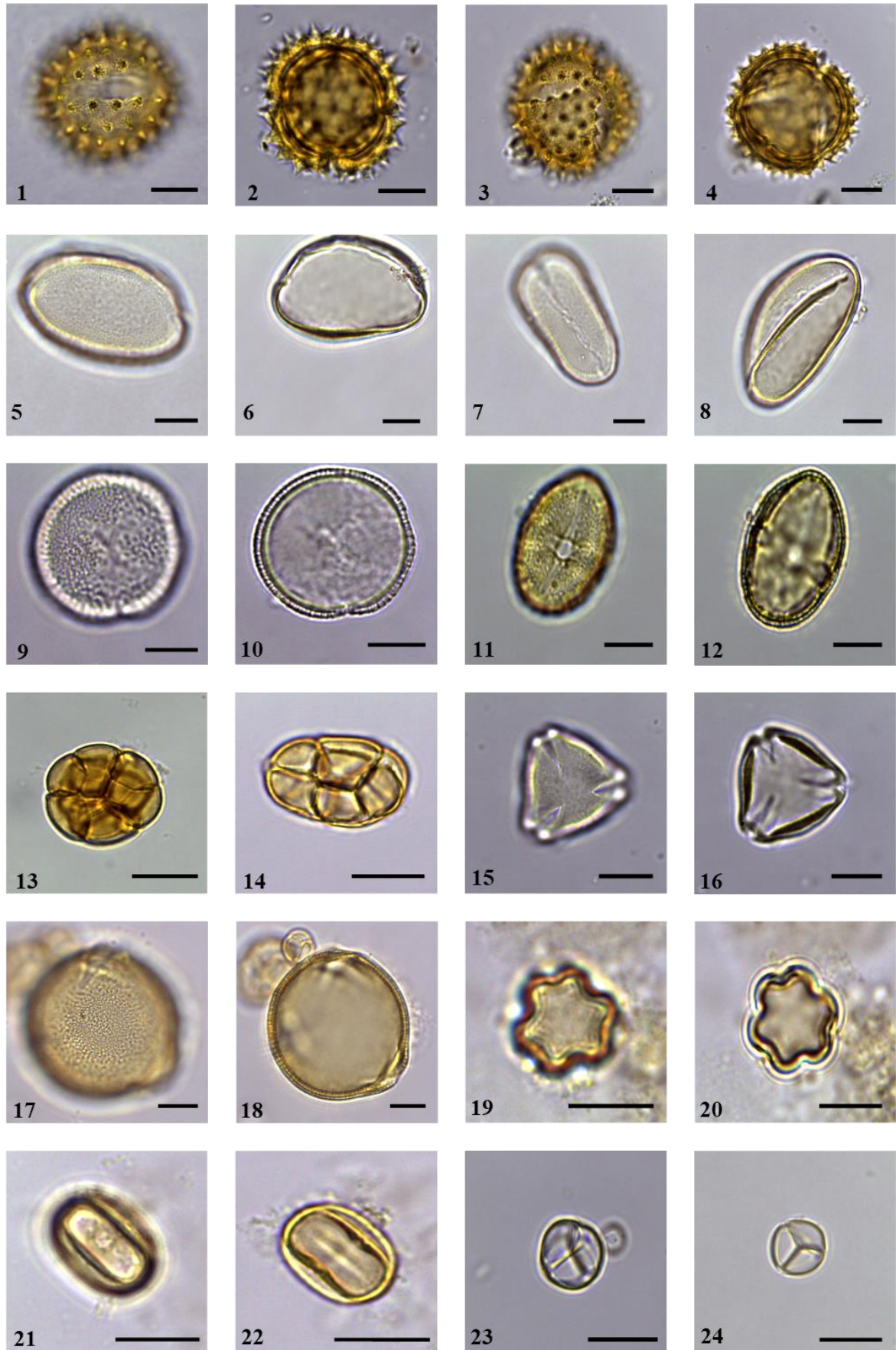


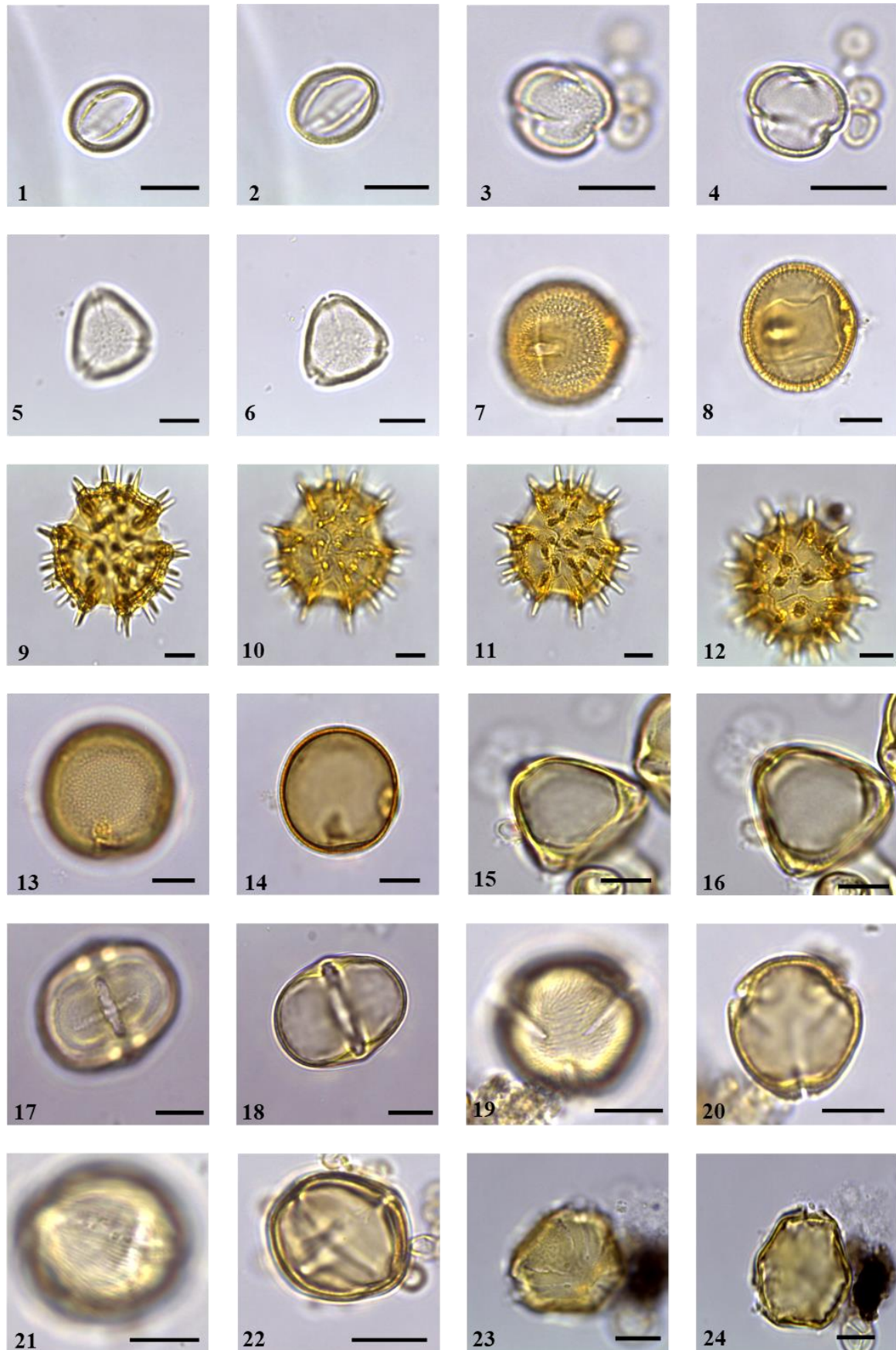
Figura 8. Tipos polínicos con mayores valores de frecuencia de ocurrencia y frecuencia de clases en muestras de miel de *Melipona eburnea*.



Lamina 1. Principales tipos polínicos encontrados en las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*: 1-2 Tipo *Alchornea* (vista polar); 3-6 Tipo *Acalypha*, 3-4 vista polar, 5-6 vista ecuatorial; 7-8 Tipo *Begonia* (vista ecuatorial); 9-10 Tipo *Cecropia* (vista ecuatorial); 11-12 *Cespedesia spathulata* (vista ecuatorial); 13-14 Tipo *Croton*; 15-18 Tipo *Cupania*, 15-16 vista ecuatorial, 17-18 vista polar; 19-22 Tipo Cyperaceae; 23-24 *Davillia kuntii* (vista polar). Aumento 100X, barra de escala =10µm



Lamina 2. Principales tipos polínicos encontrados en las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*: 1-4 Tipo *Emilia*; 5-8 *Euterpe precatória*; 9-10 Tipo *Hedyosmum*; 11-12 *Heliocarpus americanus*; 13-14 Tipo *Inga*; 15-16 *Jacarana copaia* (vista polar); 17-18 *Melochia spicata*; 19-22 Tipo *Miconia*, 19-20 vista polar, 21-22, vista ecuatorial; 23-24 *Mimosa pudica*. Aumento 100X, barra de escala = 10µm



Lamina 3. Principales tipos polínicos encontrados en las muestras de miel de *Apis mellifera* y *Melipona eburnea*: 1-4 *Muntingia calabruna*, 1-2 vista ecuatorial, 3-4 vista polar; 5-6 Tipo *Myrcia* (vista polar); 7-8 Tipo *Pera* (vista ecuatorial); 9-12 *Piptocoma discolor*, 9-11 vista polar, 12 vista ecuatorial; 13-14 Tipo Poaceae; 15-18 Tipo *Protium*, 15-16 vista polar, 17-18 vista ecuatorial; 19-22 *Tapirira guianensis*, 19-20 vista polar, 21-22 vista ecuatorial; 23-24 *Vochysia ferruginea* (vista polar). Aumento 100X, barra de escala =10µm

6. Discusión

La gran cantidad de granos de polen encontrados tanto en las muestras de miel de *A. mellifera* como en las de *M. eburnea*, puede explicarse por su carácter generalista. Ambas especies tienen grandes colonias perennes y gran cantidad de crías, por ende, necesitan gran cantidad de alimento durante todo el año. En la miel de *A. mellifera* se encontró la mayor abundancia de granos de polen, ya que las colonias de esta especie son mucho más grandes, incluso pueden llegar a tener más de 10.000 individuos, mientras que las colonias de *M. eburnea* no superan los 1.000 individuos (Ramalho, Silva, & Carvalho, 2007).

El Bosque muy Húmedo Premontano ha sido catalogado por varios autores como uno de los ecosistemas con mayores índices de diversidad a nivel mundial. En estos ambientes se puede encontrar gran concentración de especies por unidad de área, esto en gran medida porque son una zona de convergencia entre los bosques tropicales y los bosques montanos (Gentry 1982, 1995, 2001). Como se logró determinar en el presente estudio el gran número de granos de polen encontrado en las muestras de miel corresponde a un alto número de especies de plantas (71 especies encontradas en la miel de *A. mellifera* y 72 para *M. eburnea*), lo cual a su vez es un reflejo de la riqueza y diversidad de plantas que puede encontrarse en la zona de vida donde las colmenas están ubicadas (Idárraga, Ortiz, Callejas Posada, & Merello, 2011; Quijano Abril, 2016; Álvarez Dávila & Higueta, 2015; Ariza Cortés, Toro Murillo, & Lores Medina, 2009)

El establecimiento de colmenas con fines productivos en el interior de estos bosques puede ser una estrategia importante por la alta diversidad de recursos para las abejas, así como también una disponibilidad frecuente de los mismos. De otra manera iniciativas de este tipo pueden cumplir un doble propósito en la recuperación y restauración de ecosistemas impactados, los cuales podrían verse beneficiados por los servicios de polinización brindados.

Con base en los resultados del análisis palinológico se puede evidenciar que tanto *A. mellifera*, como *M. eburnea* tienen cierta preferencia por algunas especies de plantas, ya que de los 71 tipos polínicos encontrados en las muestras de *A. mellifera*, 11.44 y 6.61 fueron típicos y muy abundantes respectivamente, es decir el 17% de los 71 tipos polínicos encontrados en las muestras de miel son un recurso frecuente para la obtención de néctar para esta especie de abeja. Este mismo patrón fue encontrado en las muestras de *M. eburnea* donde son 13.66 las especies típicas y 5.58 las más abundantes, en este caso el 18% de los 72 tipos polínicos fueron los más frecuentes en las muestras de miel de *M. eburnea*.

Algunos autores han planteado que a pesar de que *A. mellifera* puede ser considerada como una abeja generalista extrema (Roubik, 1989), esta especie puede tener una preferencia marcada por ciertas especies de plantas, lo que denominan “especialización temporal” o constancia floral (Ramalho, Guibu, Giannini, & Kleinert-G, 1991; Seeley, 1995). Este comportamiento también ha sido observado por otros autores para algunas abejas pertenecientes a la tribu Meliponini (Ramalho, Silva, & Carvalho, 2007; Ramalho, Imperatriz-Fonseca, & Giannini, 1998; Silva & Schlindwein, 2003; Hilgert-Moreira, Nascher, Callegari-Jacques, & Blochtein, 2014). El índice de especialización (d') calculado con base en las métricas de la red de interacción para *A. mellifera* y *M. eburnea* (0.623 y 0.632 respectivamente), indica que estas abejas pueden ser especializadas explotando ciertas especies de plantas. La tendencia a una constancia floral en un tipo de ambiente tan diverso como lo son los Bosques muy húmedos Premontano puede significar que estas especies de abejas utilizan aquellas plantas que poseen floraciones en masa, las cuales a su vez pueden estar floreciendo durante gran parte del año.

Autores como Wilms & Wiechers (1997) y Visscher & Seeley (1982) han planteado que *A. mellifera* es una especie oportunista, es decir que siempre trata de explotar aquellos recursos que siempre están disponibles. Esta estrategia logró evidenciarse en este estudio,

debido a que los tipos polínicos encontrados en las muestras miel de *A. mellifera* fueron principalmente especies que han sido catalogadas como pioneras, las cuales tienen ciclos de floración constante, lo cual a su vez le proporciona a esta abeja una fuente de néctar permanente, este es el caso de la especie naturalizada *Mimosa pudica* y algunas especies tropicales nativas de los géneros *Cecropia*, *Miconia* e *Inga* (Vargas Ríos, 2011). Contrario a lo observado para *A. mellifera*, en las muestras de *M. eburnea* fueron pocos los tipos polínicos pertenecientes a plantas catalogadas pioneras. Entre estos tipos polínicos solo algunas especies del género *Miconia* son pioneras. Por su parte las especies *Cespedesia spathulata*, *Vochysia ferrujinea* y las especies de los géneros *Cupania* y *Protium* solo tiene uno o dos picos de floración (Gómez Restrepo & CORANTIOQUIA, 2011; Montero Gónzales, Barrera García, Giraldo Benavides, & Lucena Mancera, 2015).

Las abejas del género *Melipona* al ser especies nativas han permanecido por millones de años en ambientes de composición florística similar, por esta razón, los recursos que estas abejas explotan provienen principalmente de plantas nativas. Los tipos polínicos más frecuentes en las muestras de miel en *M. eburnea* pertenecen a plantas nativas como *Cespedesia spathulata*, *Vochysia ferrujinea*, así como especies de los géneros *Miconia*, *Cupania* y *Protium*. Los tipos *Miconia* y *Cupania* ya han sido reportados por otros autores como fuente de néctar para *M. eburnea* (Obregon & Nates-Parra, 2014). Por su parte los tipos polínicos del género *Protium* no habían sido reportado en las muestras de miel de esta especie, pero en estudios realizados en Brasil con especies de este mismo género como *M. seminigra* y *M. scutellaris*, si lograron evidenciarlo y es propuesto como una fuente de néctar importante (Rezende, Absy, Ferreira, Marinho, & Santos, 2019; Matos & Ribeiro dos Santos, 2016).

Con respecto al estrato que utilizan las especies de abejas para la búsqueda de néctar, Roubik, Inoue, & Hamid, (1995) afirman que *A. mellifera* no es una “especie de estrato constante”, es decir su forrajeo puede darse a lo largo de todo el perfil vertical de la vegetación.

En el presente estudio encontramos que el hábito de crecimiento más común en las especies de plantas seleccionadas por *A. mellifera* fue el arbóreo, representado por especies como: *Tapirira guianensis* e individuos de los géneros *Cecropia*, *Acalypha* y *Hedyosmum*, también fue posible observar tipos polínicos pertenecientes a hierbas (*Melochia spicata*, *Tithonia diversifolia*) lianas (*Davillia kuntii* y *Antigonon leptopus*) e incluso palmas (*Euterpe precatoria* y el género *Geonoma*), las cuales pueden encontrarse en el sotobosque o en áreas abiertas. En contraste se logró evidenciar que las especies de plantas a las cuales pertenecen los tipos polínicos encontrados en las muestras de miel de *M. eburnea* fueron principalmente árboles y arbustos. El hábito de crecimiento más frecuente encontrado fue el arbóreo, con especies de los géneros *Myrcia*, *Protium* y *Cupania*, así como las especies *Cespedesia spathulata* y *Jacarana copaia*, las cuales a su vez se encuentran en el estrato superior del bosque. En este caso, *M. eburnea* podría considerarse de “estrato constante”. Algunos autores reportan este mismo fenómeno para *M. eburnea* y otras especies del mismo género como *M. bicolor*, *M. marginata*, *M. quadrifasciata* y *M. rufiventris*, afirmando que el forrajeo de estas especies se da principalmente en las copas de los árboles y en especies con floración masiva (Obregon & Nates-Parra, 2014; Ramalho M., 2004).

La polinización ha sido catalogada como uno de los principales servicios ecosistémicos (Grebner, Bettinger, & Siry, 2014). Entre los servicios brindados por los polinizadores están, asegurar un suministro confiable y diverso de frutos y semillas, mantener poblaciones de plantas silvestres que sustentan la biodiversidad y la función del ecosistema, producir miel y otros productos apícolas e incluso respaldar los valores culturales. Este servicio se da principalmente gracias a insectos del orden Hymenoptera (Potts et al, 2016). Autores como Klein, et al. (2007) plantean que el 90% de las angiospermas son polinizadas por abejas. Según lo encontrado y calculado con el índice de servicio de polinización (PSI), es importante resaltar que tanto *A. mellifera* como *M. eburnea* pueden considerarse polinizadores importantes en los

Bosques húmedos Premontanos, con valores de 0.914 y 0.819 respectivamente. Según los resultados del análisis palinológico, la especie *M. eburnea* está visitando una alta diversidad de plantas nativas, las cuales en algunos casos exhiben algún grado de amenaza. Este es el caso de especies del género *Protium*, de las cuales varias son catalogadas como vulnerables, así como también algunas especies que han sido catalogadas como especies de preocupación menor como *Heliocarpus americanus*, *Jacaranda copaia*, *Cespedesia spathulata*, *Bellucia pentámera*, según las listas rojas de la IUCN Por su parte, *A. mellifera* puede ser un importante polinizador para especies frutales como *Psidium guajava* la cual es ampliamente producida por las comunidades de la zona de estudio o para especies naturalizadas como *Mimosa pudica*, utilizadas con fines productivos y bancos de forraje, convirtiéndose en estrategias importantes para la producción agrícola.

Debido a que las colmenas de ambas especies estaban ubicadas dentro de la misma zona de vida e incluso en la misma área, se esperaría que existiera cierta competencia entre estas (de M. Santos, et al., 2012) e incluso que *A. mellifera* por ser una especie introducida podría llegar a tener un efecto negativo sobre abejas nativas como *M. eburnea* (Roubik D. , 2009). Sin embargo, la diversidad beta nos muestra que sí puede existir una superposición entre estas especies de abejas, pero en realidad esta es muy baja, lo cual no puede considerarse como una competencia fuerte (Superposición: $q_{\beta}^0=0.40$, $q_{\beta}^1 = 0.33$ y $q_{\beta}^2=0.20$). Como lo plantean Roubik et al. (1986) puede ser una competencia esporádica, la cual puede haberse dado por picos de floración de algunas especies, más que por la ubicación cercana de las colmenas. Esto en parte demuestra que no existe una competencia fuerte entre estas abejas en la obtención del néctar para la fabricación de sus mieles.

A partir de lo encontrado con el análisis nMDS, el índice de disimilitud de Bray-Curtis y la superposición de nicho (SN=0.20), también se puede observar que no existe una competencia muy marcada entre *A. mellifera* y *M. eburnea*, en este caso las plantas que cada

una de estas abejas utiliza para la obtención el néctar y posterior fabricación de sus mieles no son las mismas, ambas explotan recursos diferentes. Este resultado es similar a lo reportado por otros estudios en los cuales se evalúan la competencia entre *A. mellifera* y otras especies del género *Melipona* (Wilms & Wiechers, 1997; Hilgert-Moreira, Nascher, Callegari-Jacques, & Blochtein, 2014).

Con base en lo encontrado, se logra establecer que entre las especies *A. mellifera* y *M. eburnea* no hay una competencia muy marcada para la obtención del néctar, ya que el solapamiento de nicho es bajo y los tipos polínicos compartidos por estas especies son muy pocos, así mismo la frecuencia de estos tipos en cada una de las muestras de miel es muy diferente. No obstante, es importante evaluar si este patrón podría ser observado en otras zonas de vida e incluso evaluar si la competencia entre estas dos especies de abejas podría darse en la explotación de otros recursos como el polen.

7. Conclusiones

- La abeja *Apis mellifera* no es una especie estrato constante, mientras que le especie *Melipona eburnea* si es una especie de estrato constante, ya que su forrajeo se da principalmente en la copa de los árboles.
- Con base en lo encontrado, se logró corroborar que ambas especies de abejas pueden tener una constancia floral por ciertas plantas.
- *M. eburnea* utiliza como fuente de néctar para la generación de su miel en mayor frecuencia árboles y arbustos nativos, lo que nos indica que son especies de suma importancia en los procesos de polinización de plantas nativas.
- Entre las especies *Apis mellifera* y *Melipona eburnea* no existe una competencia muy fuerte a la hora de seleccionar especies para la obtención de néctar y posterior fabricación de sus mieles.
- Con el presente estudio se brinda una herramienta para apicultores y meliponicultores, quienes, al tener información sobre la flora apícola, pueden darles un valor agregado a sus mieles.
- Estudios como este también brinda alternativas para personas que trabajan con restauración ecológica, en la cual tengan en cuenta estrategias de producción sostenible como la apicultura y/o la meliponicultura.

8. Agradecimientos

A la Universidad Católica de Oriente (UCO), principalmente a la dirección de investigación y desarrollo por brindar el apoyo económico para la realización del proyecto. Al herbario de la Universidad Católica de Oriente (HUCO), al laboratorio de paleoecología de la Universidad Nacional sede Medellín, especialmente a su técnica operativa Ivonne Marcela Castañeda Riascos, por su apoyo y asesoría. A los apicultores y meliponicultores de la zona de estudio, por permitirnos obtener las muestras de miel para este estudio. Finalmente, un agradecimiento a mis compañeros, amigos, profesores, familia y a mi asesor Mario Alberto Quijano Abril, por todo el acompañamiento que tuvieron durante mi formación como Bióloga.

9. Bibliografía

- Álvarez Davila, E., & Higuaita, H. D. (2015). Representatividad a escala regional de un inventario florístico detallado de una hectárea en los andes tropicales. *Colombia Forestal*, 18(2), 207-224.
- Ariza Cortés, W., Toro Murillo, J. L., & Lores Medina, A. (2009). Análisis florístico y estructural de los bosques premontanos en el municipio de Amalfi (Antioquia, Colombia). *Revista Colombiana Forestal*, 12, 81-102.
- Berry, J. (2009). Pesticides, bees and wax: An unhealthy, untidy mix. *Bee Culture*, 137, 33–35.
- Blüthgen, N. (2010). Why network analysis is often disconnected from community ecology: A critique and an ecologist's guide. *Basic and Applied Ecology*, 11(3), 185-195. doi:doi.org/10.1016/j.baae.2010.01.001
- Blüthgen, N., Menzel, F., & Blüthgen, N. (2006). Measuring specialization in species interaction networks. *BMC Ecol*, 6(1), 9.
- Caccavari, M., & Fagúndez, G. (2010). Pollen spectra of honeys from the Middle Delta of the Paraná River (Argentina) and their environmental relationship. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(1), 42-52.
- Callejas, R. (2011). Generalidades del departamento de Antioquia. En R. Callejas, & A. Idárraga, *Flora de Antioquia: catálogo de las plantas vasculares* (págs. 272-273). Bogotá: Editorial D’Vinni.
- Camargo, J., & Pedro, S. (2008). Meliponini Lepeletier. En U. D. Moure JS, *Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region* (págs. 100-110).
- Castaño, S. I., & Fonnegra, R. (1981). Análisis polínico en miel de abejas de algunas regiones de Antioquia. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 3(3), 100–110.
- Chao, A., Chiu, C.-H., & Hsieh, T. (2012). Proposing a resolution to debates on diversity partitioning. *Ecology*, 93, 2037-2051. doi:10.1890/11-1817.1
- Chao, A., Ma, K. H., & Hsieh, T. C. (2016). *iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity*. Obtenido de chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download
- Corral, B. (1984). Análisis palinológico en muestras de miel de abejas de algunas regiones de Antioquia. *Acta biológica Colombiana*, 13(49), 56-66.
- de M. Santos, G. M., Aguiar, C. M., Genini, J., Martins, C. F., Zanella, F. C., & Mello, M. A. (2012). Invasive Africanized honeybees change the structure of native pollination networks in Brazil. *Apidologie*, 2369–2378. doi:10.1007/s13592-013-0234-5
- Díaz, R., & Fernández, D. (1998). Determinación de algunos parámetros de calidad de la miel en la Provincia de Huesca. *Lucas Mallada*, 10, 107-122.

- Dormann, C. (2011). How to be a specialist? Quantifying specialization in pollination networks. *Network Biology*, 1-20.
- Dormann, C., Gruber, B., & Fruend, J. (2008). Introducing the Bipartite Package: analyzing Ecological Networks. *R News*, 8-11.
- Dunne, J., Williams, R., & Martinez, N. (2002). Food-web structure and network theory: The role of connectance and size. *PNAS*, 99(20), 12917-12922.
- Erdtman, G. (1969). *Handbook of palynology: morphology, taxonomy, ecology*. New York: Hafner Pub.Comp.
- Fonnegra, R. (1992). *Análisis palinológico de la miel de abejas del Suroeste Antioqueño*. Medellín: Centro de Investigaciones Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Antioquia.
- Fründ, J., Dormann, C., Holzschuh, A., & Tschardt, T. (2013). Bee diversity effects on pollination depend on functional complementarity and niche shifts. *Ecology*, 94(4), 2042-2054. doi:10.1890/12-1620.1
- Fründ, J., Linsenmair, K., & Blüthgen, N. (2010). Pollinator diversity and specialization in relation to flower diversity. *Oikos*, 119(10), 1581 - 1590. doi:10.1111/j.1600-0706.2010.18450.x
- Gentry, A.H. 1982. Patterns of neotropical plants species diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- Gentry, A. H. (1995). Patterns of diversity and floristic composition in neotropical montane forest. En: S. P. Churchill H. Baslev, E. Forero & J. L. Lutyn (eds.). Biodiversity and conservartion of neotropical montane forests. The New York Botanical Garden. Pp. 103-126.
- Gentry, A. H. (2001). Patrones de diversidad y composición florística en los bosques de las montañas neotropicales. En: M. Kapelle & A. Brown. Bosques nublados del neotropico. Instituto Nacional de Biodiversidad, INBio. Costa Rica.
- Girón, M. (1995). Análisis palinológico de la miel y la carga de polen colectada por *Apis mellifera* en el suroeste de Antioquia, Colombia. *Bol. Mus. Ent. Univ. Valle*, 3(2), 35-54.
- Gómez Restrepo, M., & CORANTIOQUIA. (2011). Fenología reproductiva de especies forestales nativas presentes en la jurisdicción de CORANTIOQUIA, un paso hacia su conservación. Medellín: CORANTIOQUIA.
- Grebner, D. L., Bettinger, P., & Siry, J. (2014). Ecosystem Services. En D. L. Grebner , P. Bettinger, & J. Siry, Introduction to Forestry and Natural Resources (págs. 147-165). San Diego: Elsevier Inc.
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Paleontologia Electronica*, 4(1), 9.
- Hilgert-Moreira, S., Nascher, C. A., Callegari-Jacques, S. M., & Blochtein , B. (2014). Pollen resources and trophic niche breadth of *Apis mellifera* and *Melipona obscurior*

- (Hymenoptera, Apidae) in a subtropical climate in the Atlantic rain forest of southern Brazil. *Apidologie*, 45, 129–141. doi:doi.org/10.1007/s13592-013-0234-5
- IAvH, CORNARE, UCO. (2018). *Métodología de Oportunidades de Restauración (ROAM)*. Bogotá.
- ICONTEC. (2007). *Miel de abejas*.
- Idárraga, Á., Ortiz, R., Callejas Posada, R., & Merello, M. (2011). *Flora de Antioquia: Catalogo de las plantas vasculares del departamento de Antioquia (Colombia)*. Bogotá: Editorial D’Vinni.
- IUCN and WRI. (2014). *Guía sobre la Metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM): Evaluación de las de oportunidades de restauración del paisaje forestal a nivel nacional o subnacional*. Gland: IUCN.
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88, 2427 - 2439.
- Kearns, C. A., Inouye, D. W., & Waser, N. M. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant – pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 18, 83 – 112.
- Klein, A. M. et al. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. R. Soc. B* 274, 303–313.
- Kremen, C., Williams, N. M., Bugg, R. L., Fay, J. P., & Thorp, R. W. (2004). The area requirements of an ecosystem service: crop pollination by native bee communities in California. *Ecology Letter*, 7, 1109-1119. doi:10.1111/j.1461-0248.2004.00662.x
- Leal, A., Berrío, J. C., Raimún, E., & Bilbao, B. (2011). A pollen atlas of premontane woody and herbaceous communities from the upland savannas of Guayana, Venezuela. *Palynology*, 35(2), 226-266.
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1970). METHODS OF MELISSOPALYNOLOGY. *Bee World*, 51(3), 12-138.
- Martínez Anzola, T. (2006). *Diagnostico de la actividad apícola y de la crianza de abejas en Colombia*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- Dirección de Cadenas Productivas.
- Matos, V. R., & Ribeiro dos Santos, F. (2016). Pollen in Honey of *Melipona scutellaris* L. (Hymenoptera: Apidae) in an Atlantic Rainforest area. *Palynology*, 144-156.
- Montero Gonzales, M. I., Barrera García, J. A., Giraldo Benavides, B., & Lucena Mancera, A. A. (2015). *Fichas Técnicas de Especies de uso Forestal y Agroforestal de la Amazonia Colombiana*. Bogotá: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas SINCHI.
- Montoya-Pfeiffer, P., Bonilla, D., Chamorro, F., & Nates-Parra, G. (2016). Chapter: 6 *Apis mellifera* como polinizador de cultivos en Colombia. En ICPA, *Iniciativa Colombiana de Polinizadores: Abejas ICPA* (págs. 95-110). Bogotá: Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia.

- Montoya-Pfeiffer, P., Bonilla, D., Chamorro, F., & Nates-Parra, G. (2014). Catálogo de polen en mieles de *Apis mellifera* provenientes de zonas cafeteras en la Sierra Nevada de Santa Marta, Magdalena, Colombia. *Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales*, 38(149), 364-384.
- Morandin, L. A., & Kremen, C. (2013). Bee Preference for Native versus Exotic Plants in Restored Agricultural Hedgerows. *Restoration Ecology*, 21, 26-32. doi:10.1111/j.1526-100X.2012.00876.x
- Nates-Parra, G. (2007). Abejas Hymenoptera: Apidae. En G. G. Amat, M. G. Andrade, & E. Amat (Edits.), *Libro rojo de los Invertebrados Terrestres de Colombia*. Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Conservación Internacional, Colombia, Instituto A. von Humboldt, Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo.
- Nates-Parra, G., & Gónzales, V. H. (2000). Las abejas silvestres de Colombia: por qué y cómo conservarlas. *Acta Biologica Colombiana*, 5(1), 5-37.
- Nates-Parra, G., & Rodríguez, A. (2011). Forrajeo en colonias de *Melipona eburnea* (Hymenoptera: Apidae) en el piedemonte llanero (Meta, Colombia). *Revista Colombiana de Entomología*, 37(1), 121-127.
- Obregon, D., & Nates-Parra, G. (2014). Floral Preference of *Melipona eburnea* Friese (Hymenoptera: Apidae) in a Colombian Andean Region. *Neotropical Entomology*, 53–60.
- Piedras, B., & Quiroz, D. (2007). Estudio melisopalínológico de dos mieles de la porción sur del valle de México. *Polibotánica*, 23, 55-75.
- Potts, S., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2016). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol & Evo.*
- Quijano Abril, M. (Ed.). (2016). *Flora del Oriente Antioqueño: Biodiversidad, Ecología y Estrategias de Conservación*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales | Fondo Editorial Universidad Católica de Oriente.
- R Development Core Team. (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Ramalho, M. (2004). Stingless bees and mass flowering trees in the canopy of Atlantic Forest: a tight relationship. *Acta botánica brasileira*, 18(1), 37-47.
- Ramalho, M., Guibu, L. S., Giannini, T. C., & Kleinert-G, A. (1991). Ecología nutricional de las abejas sociales. En A. R. Panizzi, & J. P. Parra (Edits.), *Ecología nutricional de insectos y sus implicaciones para el manejo de plagas*. (págs. 225-252). Sao Pablo: Manole Ltda.
- Ramalho, M., Imperatriz-Fonseca, V. L., & Giannini, T. C. (1998). Variación del tamaño dentro de la colonia de los forrajeros y la capacidad de carga de polen en la abeja sin aguijón *Melipona quadrifasciata anthidioides* Lepeletier (Apidae, Hymenoptera). *Apidologie*, 29, 221-228.

- Ramalho, M., Silva, M., & Carvalho, E. (2007). Dinâmica de uso de fontes de pólen por *Melipona scutellaris* Latreille (Hymenoptera: Apidae): uma análise comparativa com *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae), no Domínio Tropical Atlântico. *Neotropical Entomology*, 36(1), 38-45.
- Rezende, A. C., Absy, M. L., Ferreira, M., Marinho, H. A., & Santos, O. d. (2019). Pollen of honey from *Melipona seminigra merrillae* Cockerell, 1919, *Scaptotrigona nigrohirta* Moure, 1968 and *Scaptotrigona* sp. Moure, 1942 (Apidae: Meliponini) reared in Sataré Mawé indigenous communities, Amazon, Brazil. *Palynology*, 1-13.
- Roubik, D. (1989). *Ecología e historia natural de las abejas tropicales*. New York: Cambridge University.
- Roubik, D. (1992). *Ecology and Natural History of Tropical Bees*. New York: Cambridge University Press.
- Roubik, D. (2009). Impacto ecológico de la abeja africanizada invasora. *Acta Biológica*, 14(2), 115 - 124.
- Roubik, D. W., & Moreno Patiño, J. E. (1992). *Pollen and spores of Barro Colorado Island*. Missouri Botanical Garden.
- Roubik, D. W., Inoue, T., & Hamid, A. A. (1995). Canopy Foraging by Two Tropical Honeybees: Bee Height Fidelity and Tree Genetic Neighborhoods. *Tropics*, 81-93.
- Roubik, D., Moreno, E., & Vergara, C. (1986). Sporadic food competition with the African honey bee: projected impact on neotropical social bees. *Journal of Tropical Ecology*, 97-111.
- Sánchez, D. (1995). alendarios apícolas para el suroeste antioqueño. Trabajos de investigación sobre abeja africanizada Fase II. *Miscelánea, Socolen, Comité Seccional de Antioquia*, 32, 1-40.
- Seeley, T. D. (1995). La sabiduría de la colmena - La fisiología social de las colonias de abejas melífera. *Harvard University* , 295.
- Silva, C. P., & Schlindwein, C. (2003). Fidelidad floral y características del polen de plantas relacionadas con *Melipona scutellaris* (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Fortaleza, VI Congreso de Ecología de Brasil*, 193-194.
- Toumisto, H. (2010). A diversity of beta diversities: straightening up a concept gone awry. Part 1. Defining beta diversity as a function of alpha and gamma diversity. *Ecography*, 33, 2 - 22.
- Vargas Ríos, O. (2011). RESTAURACIÓN ECOLÓGICA:BIODIVERSIDAD Y CONSERVACIÓN. *Acta biológica colombiana*, 16(2), 221 - 246.
- Velasquéz-Ruiz, C., Gil, J., Urrego, J., Durango, D., & Catañeda, I. (2016). ANÁLISIS PALINOLÓGICO Y FÍSICOQUÍMICO DE MIEL DE ABEJAS (*APIS MELLIFERA* L.) PROCEDENTE DEL ORIENTE Y SUROESTE DE ANTIOQUIA (COLOMBIA). *Revista De La Facultad De Ciencias, Universidad Nacional de Colombia*, 65-87. doi:doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v5n2.60541

Visscher , P., & Seeley, T. (1982). Foraging Strategy of Honeybee Colonies in a Temperate Deciduous Forest. *Ecology*, 63(6), 1790-1801.

Wilms , W., & Wiechers, B. (1997). Floral resource partitioning between native *Melipona* bees and the introduced Africanized honey bee in the Brazilian Atlantic rain forest. *Apidologie*, 339-355.

Anexos

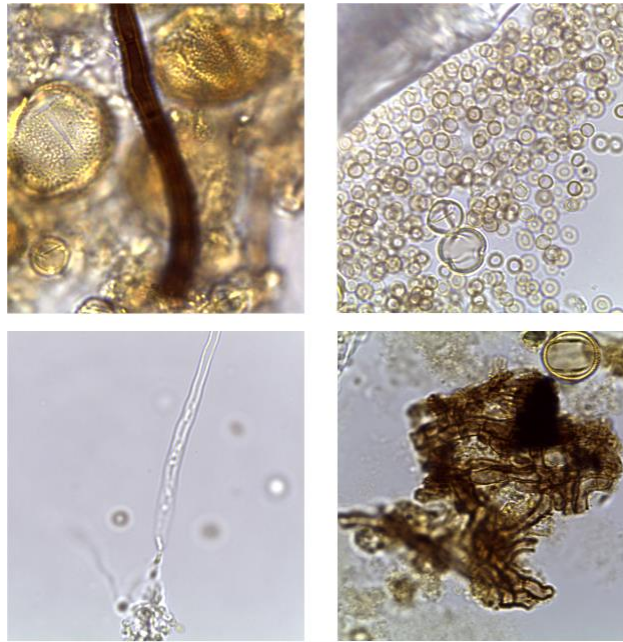


Figura 1. Algunas estructuras y esporas de hongos encontrados en las muestras de miel de *Apis mellifera*

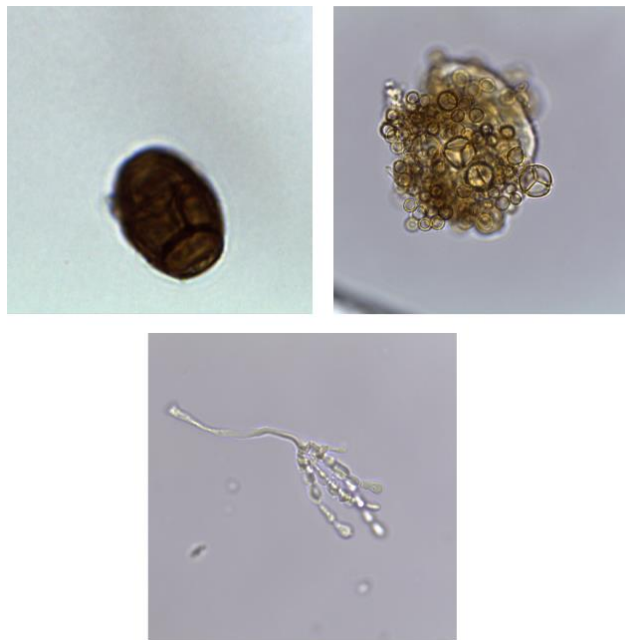


Figura 2. Algunas estructuras y esporas de hongos encontrados en las muestras de miel de *Melipona eburnea*