

LOS SECRETOS DEL NÉCTAR:



UNA VENTANA A LOS RECURSOS FLORALES DE *MELIPONA BEECHEII* (HYMENOPTERA, APIDAE, MELIPONINI)

✓ CORDOVA-RODRÍGUEZ, AMAYRANI¹; GÓMEZ-RODRÍGUEZ, GABRIEL ALEJANDRO¹; ARAGÓN-MORENO, ALEJANDRO ANTONIO^{1*}



¹El Colegio de la Frontera Sur,
Unidad Chetumal, Avenida
Centenario km 5.5, Chetumal,
Quintana Roo CP 77014, Mexico
Correspondencia:
alejandro.aragon@ecosur.mx



Palabras claves: Conservación, abejas sin aguijón, biodiversidad, meliponicultura, palinología

RESUMEN

En la naturaleza, las abejas sociales se enfrentan a un reto constante para garantizar la alimentación continua de la colmena debido a la variación de los recursos florales a lo largo del año y el paisaje. Conocer los recursos que utilizan y comprender cómo se distribuyen a lo largo del tiempo y espacio es clave para su conservación y la producción de miel. En el sur de Quintana Roo, el cuidado de la abeja nativa *Melipona beecheii* ocasionalmente requiere realizar alimentación artificial durante la temporada de lluvias, cuando la disponibilidad de recursos para las abejas es baja. Esto nos llevó a preguntarnos ¿qué flores utilizan las abejas *M. beecheii* para la producción de miel durante la temporada de lluvias, cuando los recursos son escasos? Para averiguarlo, se utilizó una técnica sencilla: identificar los granos de polen presentes en el néctar que recolectan y transportan las abejas en su regreso a la colmena. Se descubrieron diversas plantas que estas abejas visitan como *Alseis yucatanensis*, *Diphysa carthagensis*, *Cedrela odorata* y *Luehea sp.* Este trabajo no solo ofrece una mirada directa al recurso floral de una abeja maya en época de escases de alimento, sino que también propone métodos de estudio de estos recursos florales a través del análisis palinológico del néctar que transportan, proporcionando nuevas herramientas para apoyar a la conservación de las abejas nativas y su entorno.

LAS ABEJAS Y SU IMPORTANCIA ECOLÓGICA

Las abejas durante la búsqueda de recursos realizan una actividad fundamental: transportan polen de una flor a otra para la reproducción de las plantas en lo que conocemos como polinización (Barth 1985; Buchmann 2016). Este proceso es uno de los servicios ecosistémicos más importantes para la vida en la Tierra (Kevan and Viana 2003; Klein et al. 2007; Grüter 2020). Gracias a la polinización que realizan las abejas, es posible la reproducción de miles de especies vegetales, lo que resulta en frutos y semillas, es decir, alimento para otros seres vivos, incluyendo los seres humanos. La polinización puede ocurrir de distintas formas —por viento, agua o por animales—, pero las abejas son, sin duda, los polinizadores por excelencia (Khalifa et al. 2021; Roubik 2021; Requier et al. 2023). Con alrededor de 21,000 especies de abejas en el mundo, estas aliadas pueden tener comportamientos eusociales o solitarios, presentar aguijón o carecer de él. Las abejas eusociales, a diferencia de las solitarias, tienen que garantizar una fuente de alimento constante para los miembros de la colmena, lo que las ha llevado al desarrollo de estrategias eficientes de recolección y almacenamiento de recursos. Dentro del orden Hymenoptera, la familia *Apidae* (~6,000 especies), incluye especies solitarias como las abejas de las orquídeas (*Euglossini*) y las carpinteras (*Xylocopa*), así como abejas eusociales como los abejorros (*Bombini*), las abejas de la miel (*Apini*) y las abejas sin aguijón (*Meliponini*) (Johnson 2023). En esta última tribu se encuentra *Melipona beecheii*, conocida como la abeja maya, “*Xunán Kab*” o simplemente abeja melipona. Esta especie, se encuentra entre más de 550 especies de la misma tribu en el mundo y representa un legado biocultural por su relación con la cultura maya

en la península de Yucatán (Sotelo Santos and Alvarez Asomoza 2018; Paris et al. 2020).

MELIPONA BEECHEII Y EL ORIGEN DEL NÉCTAR

Esta abeja no es solo criada para el aprovechamiento de su miel con fines alimenticios, sino que es utilizada en rituales sagrados y tiene gran importancia en la medicina tradicional (Weaver and Weaver 1981; Rosales 2013). Hoy en día, las y los meliponicultores mantienen un profundo respeto e identidad al manejar sus colmenas, integrando esta actividad en los esfuerzos de conservación de la biodiversidad y las tradiciones ancestrales (López et al. 2020; Barreto López 2021).

A diferencia de la abeja común (*Apis mellifera*), *M. beecheii* no almacena alimento en panales, sino que utilizan cantaritos llamados “potes” hechos de cera y resina vegetal (Figura 1a). Producen la miel a partir del néctar de las flores, así como contener una gran cantidad de granos de polen que llegan a través del néctar que recolectan durante sus viajes hacia las flores. En este sentido, se sabe que cada especie de planta tiene un polen distintivo con características externas únicas, como una “huella digital”, que permite diferenciar las especies vegetales a través de su morfología. La identificación de granos de polen en miel y otros productos de la colmena constituye una rama de la biología llamada palinología. Permite determinar el origen botánico de los recursos florales que utilizan para la elaboración de miel, propóleo, entre otros (Di Pasquale et al. 2016; Ghosh et al. 2020), así como conocer la diversidad florística en una región (Coffey and Breen 1997; Malagnini et al. 2022; León-Canul et al. 2023). Entonces, si el polen llega al pote con el néctar, ¿podemos saber qué flores

visitó una abeja observando el néctar que transporta justo antes de entrar a su colmena? Para responder esta curiosidad, se combinaron observaciones en campo y análisis de polen durante la temporada de lluvias, cuando la producción suele ser más baja.

¿CÓMO OBTENER EL NÉCTAR DE *M. BEECHEII*?

Para conocer los recursos florales que utilizan las meliponas para la producción de miel en temporadas de lluvias, se realizaron observaciones en el meliponario de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Chetumal (18°32'37.47"N; 88°15'45.05"O). Este sitio alberga alrededor de 100 colmenas con manejo integrado de la abeja sin aguijón de la especie *Melipona beecheii*. Se ubica en una zona suburbana, rodeada por parches de vegetación secundaria que cubren aproximadamente el 80 % del área a 500 m a la redonda. Esta vegetación corresponde a un bosque tropical estacionalmente seco, con un clima cálido sub-húmedo y presencia de lluvias en verano (junio - octubre) (García 2004), con una temperatura media anual de 26.7 °C y precipitación de 1,307.5 mm. Los recursos florales característicos en la zona corresponden a familias como Fabaceae, Arecaceae, Euphorbiaceae, Moraceae, Burseraceae, Sapotaceae, entre otras (Villanueva-Gutiérrez et al. 2018; Flores-Taboada et al. 2021).

El estudio se realizó en el mes de septiembre del 2024 que es uno de los meses de mayor precipitación y temporada de huracanes en Quintana Roo. Se colectaron muestras de néctar directamente de las abejas antes de que entraran a sus colmenas (entre 8 y 9 de la mañana). Se utilizó una técnica sencilla y no invasiva: con una red entomológica se capturaron las abejas, y con mucho cuidado, se les extrajo el néctar que transportaban en el "buche melario", un estómago adicional donde almacenan el néctar recolectado de las flores y donde inicia el proceso de transformación para convertirse en miel. Para inducir a las abejas a regurgitar el néctar, se apretó ligeramente el abdomen y con ayuda de un tubo capilar se recolectó el líquido (Figura 1b). En total se obtuvieron 20 muestras —5 por cada día de muestreo—. Cada muestra se montó en un portaobjeto con gelatina-glicerina y se tiñeron con fucsina (un tinte rojo que ayuda a resaltar la morfología externa de los granos de polen). Luego, bajo el microscopio óptico a 40x, se identificaron y contaron todos los granos presentes en las muestras. Para saber a qué plantas pertenecía cada polen, se utilizó la colección de referencia de polen de flores de El Colegio de la Frontera Sur y atlas palinológicos de la región (Palacios-Chávez et al. 1991).

De manera adicional se midió el volumen del néctar que traía cada abeja, y se analizó cómo cambia la

diversidad de polen entre los días. Con esta información se buscó entender si había una relación entre el volumen colectado y las flores visitadas, así como saber si la disponibilidad néctar variaba durante esta temporada de baja disponibilidad de recursos. Los datos se estructuraron en una base de datos en una hoja de cálculo y fueron analizados estadísticamente en el entorno R studio (4.3.3) (Horton and Kleinman 2015).



Figura 1. Muestreo en el meliponario de ECOSUR. (A) Colmena; (B) Muestreo de néctar; (C) Meliponario y (D) néctar en el tubo capilar.

FLORES, NÉCTAR, POLEN: PISTAS DEL PAISAJE

Durante su viaje para recolectar néctar, las abejas también recolectan diversos granos de polen que pueden considerarse como pequeñas pistas de las plantas que visitan. De las 20 muestras que se colectaron, dos fueron descartadas porque, al analizarlas, se notó que posiblemente no eran néctar. Se llegó a esta conclusión porque fueron distintas de las 18 muestras restantes mediante la concentración de polen, color y consistencia. Una de las muestras descartadas tuvo una concentración mayor a 2076 granos de polen en un volumen de 6 mm³. La otra muestra tuvo un total de 721 granos de polen en 14.14 mm³. Ambas muestras mostraron una coloración amarillenta y consistencia viscosa vista a través de los micro tubos capilares. Además, la diversidad de especies encontradas en estas muestras fue considerablemente más alta respecto al resto de las muestras utilizadas.

De las 18 muestras restantes, y empleadas para el presente estudio, se encontraron 1,148 granos de polen en un total de 255.6 mm³ de néctar, correspondientes a 46 tipos de polen distribuidos en 23 familias botánicas. Algunas de estas familias destacaron por aparecer con más frecuencia y en mayor cantidad, como Fabaceae (la mejor representada con 7 tipos de polen), Rubiaceae (con 4 tipos de polen) y Myrtaceae (con 3 tipos) (Figura 2). Fabaceae, por ejemplo, estuvo presente en todos los días de muestreos y es una familia ampliamente distribuida y diversa con más de 236 especies en la región (Duno-de Stefano et al. 2018). Estas tres familias representaron casi la mitad de todos los granos de polen encontrados, lo que sugiere que son fuentes importantes de alimento para estas abejas durante la temporada de lluvias. Particularmente, especies como *Senna racemosa*, *Mimosa bahamensis* y *Mimosa pudica* han sido reportadas como importantes fuentes de polen para *A. mellifera* y *M. beecheii*, mientras que *Lonchocarpus punctatus*, *Piscidia piscipula* y *Gliricidia sepium* son importantes fuente de néctar (Córdova-Rodríguez et al. 2023; Bacab-Pérez et al. 2024).

Se notó que con el paso de las semanas, el número y variedad de tipos de polen fue aumentando (Figura 2 y 3). En el primer día de muestreo se encontraron 13 tipos de polen en 9 familias distintas, mientras que en el último muestreo del mes se encontraron 32 tipos en 18 familias. Además, el aumento de la diversidad de polen también coincidió con algo muy curioso: en el primer día de muestreo bastó con capturar 8 abejas para alcanzar 5 muestras, mientras que en el último día se tuvieron que atrapar ¡71! Esto puede reflejar un cambio en disponibilidad de recursos: las abejas tienen que realizar un mayor esfuerzo al visitar las flores y trabajar más para llenar sus potes.

Entre las especies que más aparecieron en las muestras estuvieron *Diphysa carthagenensis*, *Senna racemosa* y *Cecropia peltata*. De estas, únicamente la primera es una especie que ofrece, durante la mayor parte del año, tanto néctar como polen (Figura 3). El resto produce principalmente polen, lo que puede indicar que el polen termina en el néctar de manera accidental, adherido al cuerpo de la abeja. Otras especies importantes que se encontraron fueron *Alseis yucatanensis*, *Cedrela odorata*, *Luehea sp.*, y *Morinda citrifolia*, todas conocidas por florecer en temporadas de lluvias y ser atractivas para *M. beecheii* (Figura 3) (Bacab-Pérez et al. 2024).

Curiosamente también se encontraron granos de polen que provienen de flores que no producen néctar, como *Leucaena leucocephala*, *Mimosa sp.*, *Cecropia peltata*, *Trema micrantha*, *Brosimum alicastrum* y *Pithecellobium sp.* Esto plantea una nueva pregunta: ¿cómo termina ese polen en el néctar? Aunque no son plantas

nectaríferas, se han registrado con frecuencia en mieles de *A. mellifera* y *M. beecheii* para la península de Yucatán (Villanueva-Gutiérrez et al. 2009; Villanueva-Gutiérrez et al. 2018; Bacab-Pérez et al. 2024). Es posible que, si las abejas transportan polen al visitar muchas flores, este puede caer en flores que sí producen néctar, causando que una sola flor presente diferentes tipos de polen.

Con las observaciones realizadas, no sólo se revela la posible diversidad de plantas que visitan las abejas meliponas durante la temporada de lluvias, también demuestra que, al estudiar el polen del néctar, podemos conocer mejor su dieta y las flores que les ofrecen alimento en momentos críticos del año. Sin embargo, es necesario hacer más estudios palinológicos, tanto en el néctar que regurgitan las abejas como el que está en las flores, para comprender el origen de los granos de polen de flores poliníferas en las mieles.

¿A MÁS NÉCTAR, MÁS GRANOS Y DIVERSIDAD DE POLEN?

Uno de los aspectos más interesantes de este trabajo fue observar cómo varía la cantidad de néctar que cada abeja recoge, y qué tanto dice eso sobre su dieta. ¿Será que cuando una abeja recoge más néctar también está trayendo polen de más tipos de flores? Para explorar esta curiosidad, se analizaron tanto el volumen de néctar como la diversidad de polen que venía con él. En un primer vistazo general, no se encontró una relación directa entre la cantidad de néctar y el número de granos de polen. En otras palabras, una mayor cantidad de néctar no implica una mayor cantidad de polen. Sin embargo, cuando se analizaron los datos de manera más detallada, se observó que los días en que las abejas traían más néctar, también transportaban una variedad de polen mayor (Figura 4a). Esto puede significar que hay días en que el entorno ofrece mayor diversidad floral y que las abejas aprovechan visitando más tipos de flores. No obstante, y como muchas cosas en la naturaleza, las observaciones sobre esta relación no siempre fueron tan claras. Al observar cada muestra individual —cada abeja— encontramos casos muy contrastantes. Por ejemplo, una muestra con 21 milímetros cúbicos de néctar (mm³) tenía 23 tipos distintos de polen y 16 familias (muestra 14, Figura 3), mientras que otra, con la misma cantidad de néctar, tenía solo 3 tipos de polen y familias (muestra 12). En volúmenes pequeños pasó algo similar: una muestra pequeña de menos de 8 mm³ contenía 17 tipos de polen y 13 familias (muestra 16), mientras que otra del mismo volumen tenía apenas 4 familias y tipos de polen (muestra 3) (Figura 4b)

¿A qué se debe esto? No necesariamente el volumen de néctar refleja la diversidad floral visitada. Cada abeja

tiene su propio recorrido, su propia historia sujeta a las condiciones del día. Algunas pudieron visitar muchas flores diferentes, mientras que otras quizás se concentraron en una sola especie que ofrecía néctar en abundancia. Cuando analizamos la diversidad a través de los tipos de polen (Índice de Simpson), y su abundancia entre cada uno de ellos (Índice de Pielou), se encontró que en algunas muestras la mayoría de los granos provenían de sólo unas pocas plantas, mientras que en otras, los granos estaban mejor repartidos entre muchas especies. En particular, el muestreo del 16 de septiembre destacó por tener tanto alta diversidad como un reparto más equitativo de los tipos de polen (Tabla 1).

Tabla 1. Índice de diversidad de Simpson y equitatividad de Pielou por fecha de muestreo.

Fecha	Índice de Simpson	Equitatividad de Pielou
9 septiembre 2024	0.79	0.71
16 septiembre 2024	0.91	0.84
23 septiembre 2024	0.84	0.77
30 septiembre 2024	0.89	0.75

Estos patrones nos ayudan a entender cómo las abejas ajustan su comportamiento dependiendo de la disponibilidad de flores y néctar en el paisaje. Nos recuerdan que su mundo es dinámico y que ellas, como pequeñas exploradoras, van tomando decisiones en función de lo que encuentran en su entorno cada día.

UNA MANERA ACCESIBLE PARA EXPLORAR LA DIVERSIDAD FLORAL
Aunque este trabajo fue modesto en términos de número de muestras y tiempo, ofrece una forma

sencilla de explorar, con el enfoque palinológico, el mundo floral que rodea a *Melipona beecheii*. A diferencia de otros métodos más complejos y laboriosos, como la acetólisis (un proceso que limpia los granos de polen para ver sus detalles con más claridad y que hay pérdida de granos en el proceso), el uso directo de la tinción con fucsina en el néctar, permitió identificar la totalidad de granos de polen en volúmenes de muestras muy pequeñas (< 1 ml). No obstante, aunque esta técnica tiene sus limitaciones —por ejemplo, no todos los granos de polen se pueden identificar con precisión—, funciona muy bien para hacer evaluaciones rápidas y obtener un panorama general de las flores visitadas. Además, el hecho de que cada muestra representa lo que una abeja trajo en un momento específico, permite tener una idea del paisaje floral visto desde las antenas de las abejas. En lugar de estudiar la miel ya almacenada en los potes de la colmena (como usualmente se hace), aquí obtuvimos un tipo de “fotografía instantánea” del viaje de pecoreo. Esto es especialmente útil en temporadas donde hay poca producción de miel, como ocurre en época de lluvias, y donde otros métodos serían poco viables.

Con más datos —en otras épocas del año, con más colmenas, y combinando este enfoque con observaciones de campo o información fenológica— podríamos obtener una imagen más completa de los recursos florales que sustentan a estas abejas. Así, este trabajo no solo abre nuevas preguntas, sino que también muestra un camino accesible para seguir explorando cómo viven y qué necesitan las abejas nativas.



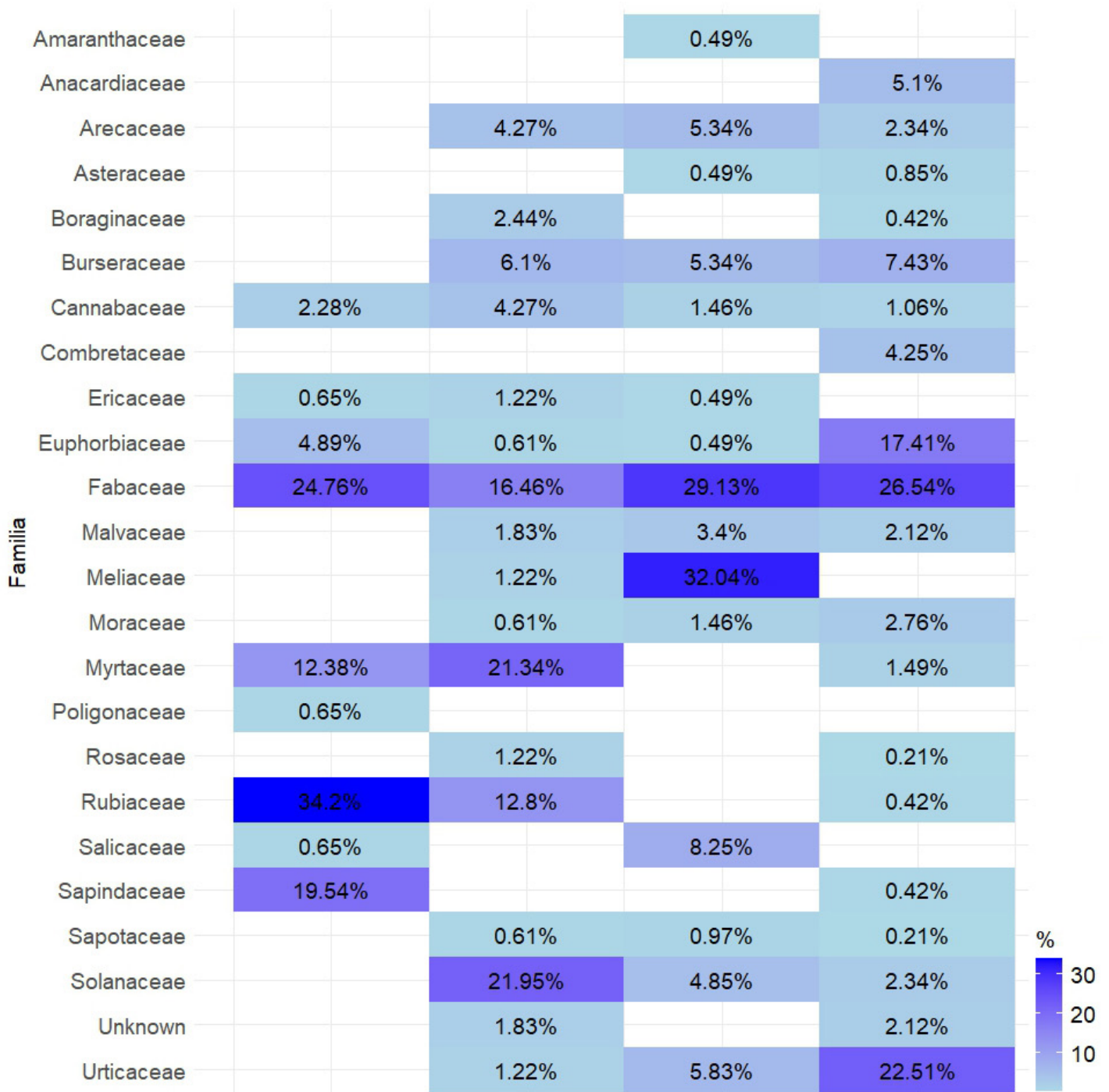


Figura 2. Diagrama de polen que muestra los porcentajes de familias identificadas en el néctar de *M. becheii* por semana de muestreo.

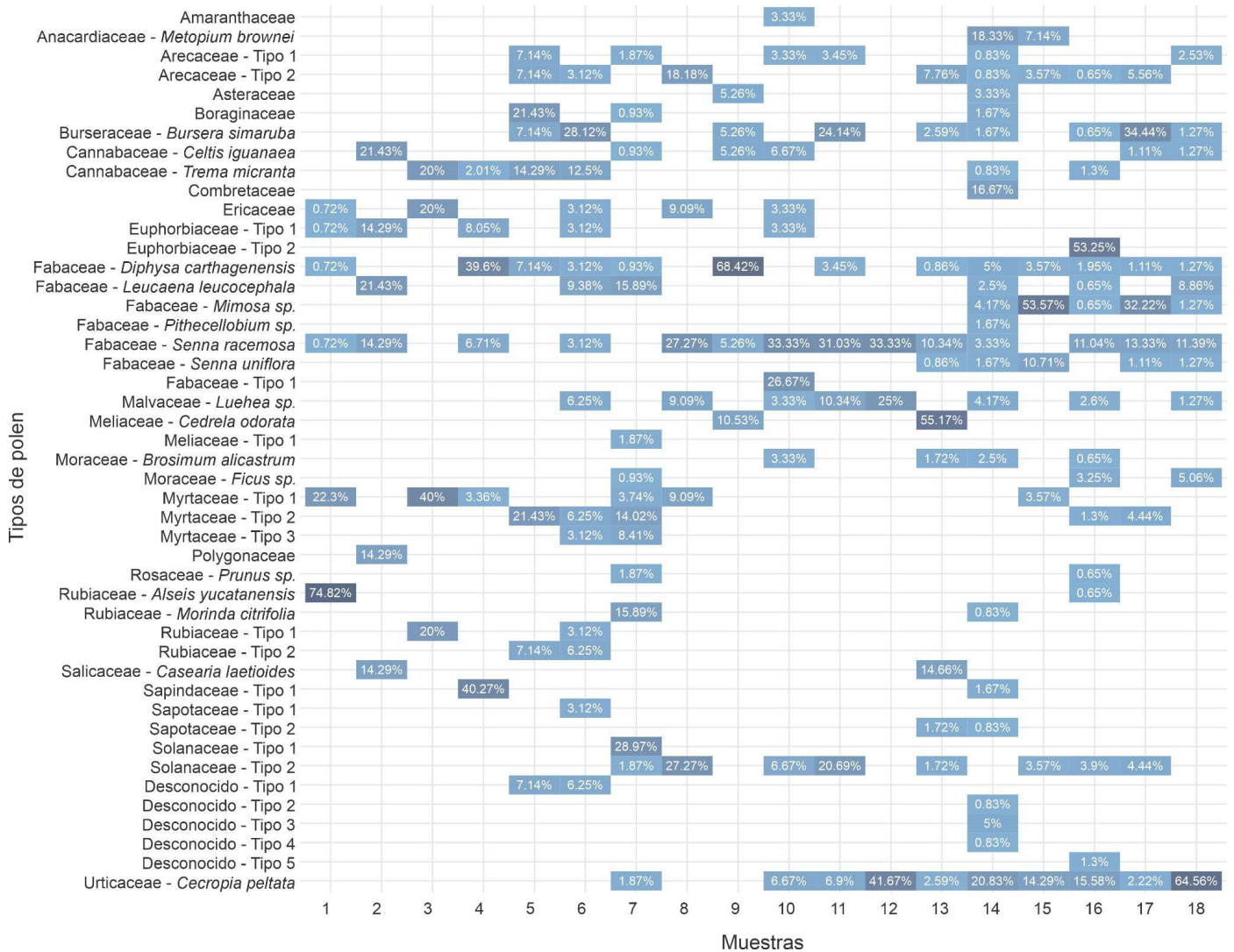


Figura 3. Diagrama de polen que muestra los porcentajes de los tipos polínicos identificados en el néctar de *M. beechii* por muestra.

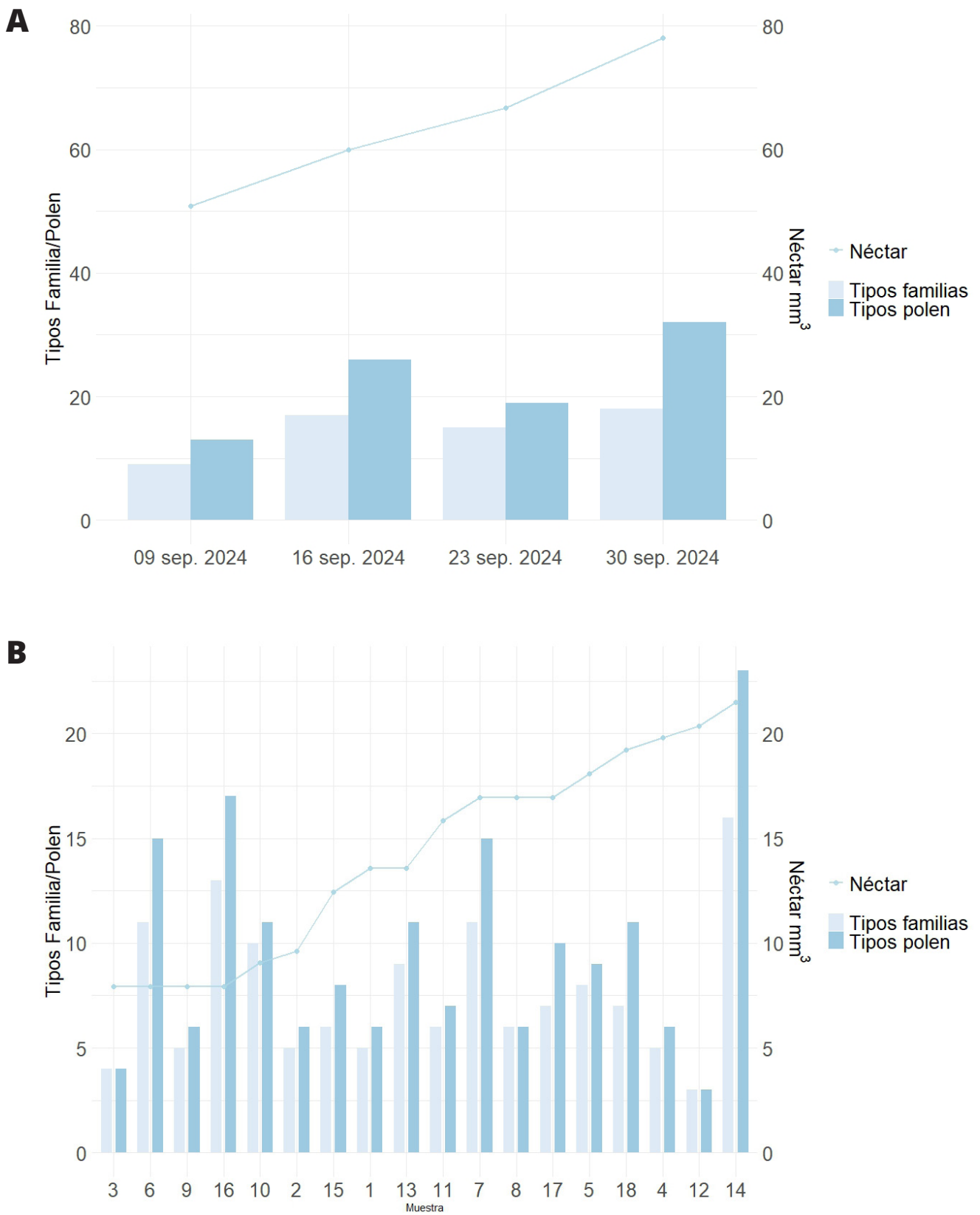


Figura 4. Relación de la abundancia de polen por familias y tipos de polen con el volumen promedio de néctar en función del día de muestreo (a) y el número de muestra (b).

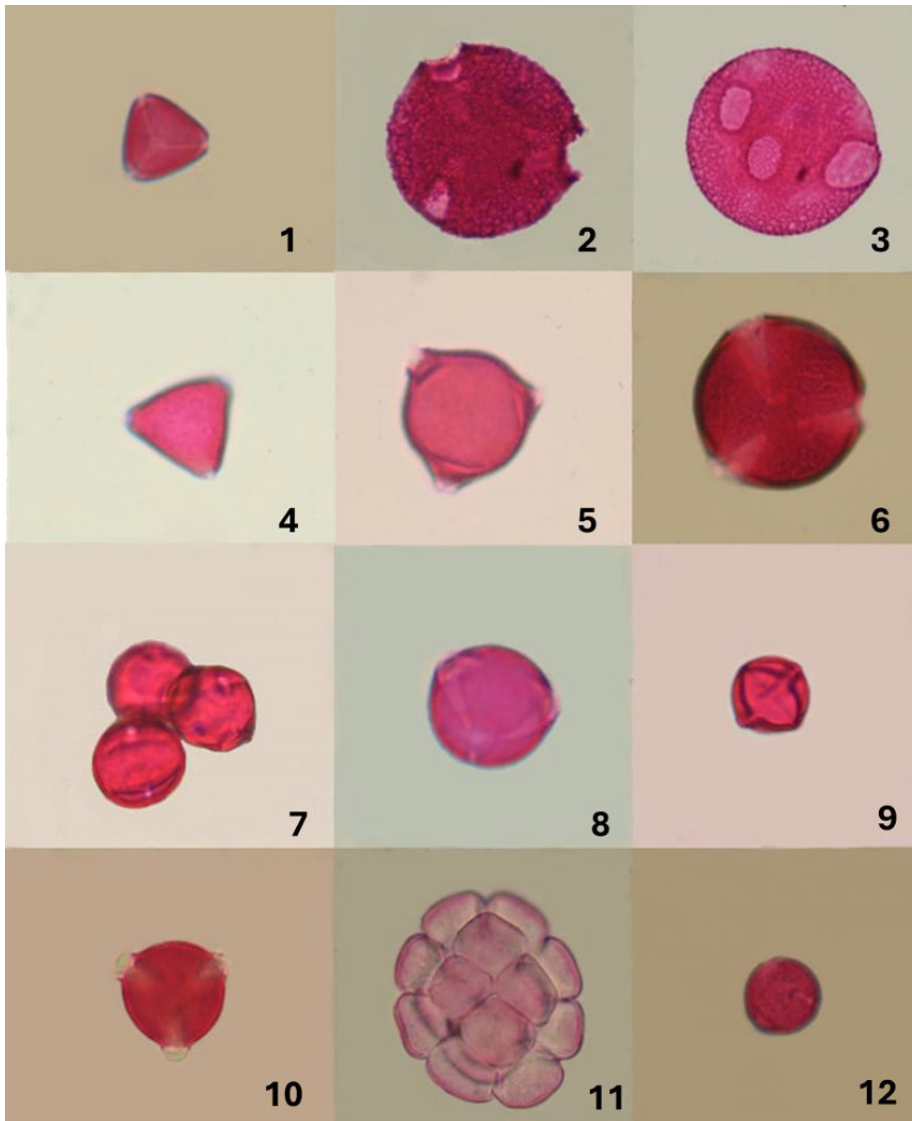


Figura 5. Granos de polen teñidos con fucsina a partir de muestras de néctar extraído de las abejas *M. beecheii* capturadas. 1; Myrtaceae - Tipo 1. 2-3; *Morinda citrifolia*. 4; Sapindaceae. 5; *Bursera simaruba*. 6; *Leucaena leucocephala*. 7; *Cedrela odorata*. 8; Solanaceae - Tipo 1. 9; Solanaceae - Tipo 2. 10; *Senna racemosa*. 11; *Pithecellobium* sp. 12; *Alseis Yucatanensis*.

20 μ

CONCLUSIÓN

Explorar el néctar que las abejas traen del campo a sus colmenas abrió una ventana hacia el mundo floral que las rodea. Esta técnica, sencilla y poco invasiva, puede ser una alternativa valiosa para conocer qué flores visitan las abejas *Melipona beecheii*, sobre todo en momentos en los que la producción de miel es baja, como ocurre durante la temporada de lluvias. Los resultados señalan que algunas especies podrían ser claves en este periodo, como *Diphysa carthagenensis* y *Luehea sp.*, seguidas por *Alseis yucatanensis* y *Cedrela odorata*. Conocer estas plantas y su papel en la dieta de las abejas es un paso importante desarrollar estrategias de conservación que aseguren la disponibilidad de recursos florales durante todo el año.

Aun así, consideramos que este trabajo apenas es un primer acercamiento. Hacen falta más estudios, con más muestras y en diferentes momentos del año, para comprender mejor cómo cambian los patrones

de pecoreo de *M. beecheii* y conocer a mayor detalle la diversidad de especies que forman parte de su dieta. También es necesario acompañar los análisis de polen con observaciones en campo; ver qué plantas están realmente floreciendo en el momento en que las abejas salen a pecorear, y así entender el polen encontrado proviene de flores visitadas en el viaje... o si podrían haber sido ingeridos previamente dentro de la colmena, antes de su salida a campo.

Finalmente, incorporar técnicas más precisas como la acetólisis —que permite determinar la identidad de los granos de polen con mayor precisión— podrían ayudarnos a identificar especies que, con el método usado en este estudio, quedaron en el nivel de familia o sin asignación. A pesar de estas limitaciones, observamos que con herramientas accesibles y observación cuidadosa, es posible reconstruir el paisaje floral desde el vuelo de una abeja.

Cada gota de néctar cuenta una historia. Escucharla es también una forma de proteger a quienes la recolectan.

Literatura citada



- Bacab-Pérez AI, Ramírez-Arriaga E, Canto A. 2024. Melissopalynology of pot-pollen and pot-honey of the Mayan stingless bee *Melipona beecheii* Bennett, 1831 (Apidae, Meliponini) in Yucatan, Mexico. *Apidologie (Celle)*. 55(2):1–26.
- Barreto López FM. 2021. La decolonialidad como alternativa para la conservación de la biodiversidad. El caso de la meliponicultura en la Península de Yucatán. *Península*. 16(1):29–53.
- Barth FG. 1985. *Insects and flowers. The biology of a partnership*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 309 pp.
- Buchmann S. 2016. *The reason for flowers: Their history, culture, biology, and how they change our lives*. Simon & Schuster, New York, NY. 353 pp.
- Coffey MF, Breen J. 1997. Seasonal variation in pollen and nectar sources of honey bees in Ireland. *J Apic Res*. 36(2):63–76.
- Córdova-Rodríguez A, Aragón-Moreno AA, Islebe GA, Torrescano-Valle N. 2023. Botanical characterization of *Apis mellifera* honeys in areas under different degrees of disturbance in the southern Yucatan Peninsula, Mexico. *Palynology*. 47(4):2215290.
- Di Pasquale G, Alaux C, Le Conte Y, Odoux J-F, Pioz M, Vaissière BE, Belzunces LP, Decourtye A. 2016. Variations in the availability of pollen resources affect honey bee health. *PLoS One*. 11(9):e0162818.
- Duno-de Stefano R, Ramírez Morillo IM, Tapia-Muñoz JL, Hernández-Aguilar S, Can LL, Cetzal-Ix W, Méndez-Jiménez N, Zamora-Crescencio P, Gutiérrez-Báez C, Carnevali-Fernández-Concha G. 2018. Aspectos generales de la flora vascular de la Península de Yucatán, México. *Bot Sci*. 96(3):515–532.
- Flores-Taboada G, Grajales Conesa J, Sánchez Guillén D. 2021. Patrones de forrajeo de *Melipona yucatanica* y su relación con la vegetación [Maestría]. [Quintana Roo, México]: El Colegio de la Frontera Sur. 31 pp.
- García E. 2004. *Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen*. Universidad Nacional Autónoma de México. México
- Ghosh S, Jeon H, Jung C. 2020. Foraging behaviour and preference of pollen sources by honey bee (*Apis mellifera*) relative to protein contents. *J Ecol Environ*. 44(1):1–7.
- Grüter C. 2020. Importance for Pollination. In: *Stingless Bees*. Cham: Springer International Publishing. p. 323–339.
- Horton NJ, Kleinman K. 2020. *Using R and RStudio for data management, statistical analysis, and graphics*. CRC Press, Boca Raton, FL. 253 pp.
- Johnson BR. 2023. *Honey bee biology*. Princeton University Press, Princeton, NJ. 512 pp.
- Kevan PG, Viana BF. 2003. The global decline of pollination services. *Biodiversity (Nepean)*. 4(4):3–8.
- Khalifa SAM, Elshafiey EH, Shetaia AA, El-Wahed AAA, Algethami AF, Musharraf SG, AlAjmi MF, Zhao C, Masry SHD, Abdel-Daim MM, et al. 2021. Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*. 12(8):688.
- Klein A-M, Vaissière BE, Cane JH, Steffan-Dewenter I, Cunningham SA, Kremen C, Tscharntke T. 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc Biol Sci*. 274(1608):303–313.
- León-Canul RA, Chalé-Dzul JB, Vargas-Díaz AA, Ortiz-Díaz JJ, Durán-Escalante KC, Carrillo-Ávila E, Santillán-Fernández A. 2023. Identification of floral resources used by the stingless bee *Melipona beecheii* for honey production in different regions of the state of Campeche, Mexico. *Diversity (Basel)*. 15(12):1218.
- López M, Gamiño M, Pinkus MA. 2020. La meliponicultura en la Reserva de la Biósfera de Los Petenes en la península de Yucatán, México. Una iniciativa decolonial. *Ecología Política Cuadernos de debate internacional*.(60):84–88.
- Malagnini V, Cappellari A, Marini L, Zanotelli L, Zorer R, Angeli G, Ioriatti C, Fontana P. 2022. Seasonality and landscape composition drive the diversity of pollen collected by managed honey bees. *Front Sustain Food Syst*. 6. doi:10.3389/fsufs.2022.865368. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fsufs.2022.865368/full>.
- Palacios-Chávez R, Ludlow-Wiechers B, Villanueva R. 1991. Flora palinológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México. *Quintana Roo (MX): CIQRO*. 321 pp.
- Paris EH, Castrejon VB, Walker DS, Lope CP. 2020. The origins of Maya stingless beekeeping. *J Ethnobiol*. 40(3). doi:10.2993/0278-0771-40.3.386. [accessed 2024 Nov 11]. <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.2993/0278-0771-40.3.386>.
- Requier F, Pérez-Méndez N, Andersson GKS, Blareau E, Merle I, Garibaldi LA. 2023. Bee and non-bee pollinator importance for local food security. *Trends Ecol Evol*. 38(2):196–205.
- Rosales GRO. 2013. *Medicinal Uses of Melipona beecheii Honey, by the Ancient Maya*. In: *Pot-Honey*. New York, NY: Springer New York. p. 229–240.
- Roubik DW. 2021. Bees: Ecological Roles. In: *Encyclopedia of Social Insects*. Cham: Springer International Publishing. p. 110–115.
- Sotelo Santos LE, Alvarez Asomoza C. 2018. The Maya Universe in a Pollen Pot: Native Stingless Bees in Pre-Columbian Maya Art. In: *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Cham: Springer International Publishing. p. 299–309.
- Villanueva-Gutiérrez R, Moguel-Ordóñez YB, Echazarreta-González CM, Arana-López G. 2009. Monofloral honeys in the Yucatán Peninsula, Mexico. *Grana*. 48(3):214–223.
- Villanueva-Gutiérrez R, Roubik DW, Colli-Ucán W, Tuz-Novelo M. 2018. The value of plants for the Mayan stingless honey bee *Melipona beecheii* (Apidae: Meliponini): A pollen-based study in the Yucatán peninsula, Mexico. In: *Pot-Pollen in Stingless Bee Melittology*. Cham: Springer International Publishing. p. 67–76.
- Weaver N, Weaver EC. 1981. Beekeeping with the Stingless Bee *Meupona Beecheii*, by the Yucatecan Maya. *Bee World*. 62(1):7–19.

