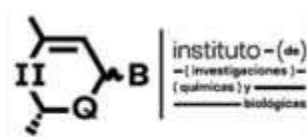




USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Guatemala, 28 de febrero del 2023
REF.IIQB.55.02.2023

Doctora
Alice Patricia Burgos Paniagua
Dirección General de investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Doctora Burgos:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para hacer la entrega, en versión impresa y electrónica, del informe final del proyecto de investigación: **“Análisis palinológico de las mieles de cuatro especies de abejas sin aguijón manejadas en Guatemala”**, con código B18-2022 y partida presupuestaria 4.8.63.0.32, coordinado por Licda. Natalia Escobedo Kenefic.

Sin otro particular, me suscribo de usted,

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Dra. María Eunice Enríquez Cotton
Directora

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas

c.c. archivo

MEEC/tvch.

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)

Análisis palinológico de las mieles de cuatro especies de abejas sin aguijón manejadas en Guatemala.

4.8.63.0.32

B18-2022

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
-IIQB-

Dra. Natalia Escobedo Kenefic (Coordinadora)
Ing. Agr. Alfredo Mejía Coroy (Investigador)

Guatemala, 28/02/2023

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

MSc. Andrea Rodas
Coordinador(a) del Programa Univesitario
de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Autores

Dra. Natalia Escobedo Kenefic
Coordinadora del proyecto

Ing. Agr. Alfredo Mejía Coroy
Investigador

Quebin Bosbely Casiá Ajché
Edson Cardona Valenzuela
Denisse Escobar González
Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad.
Colaboradores

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2022. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la Digi de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria 4.8.63.0.32 con código B18-2022 en el Programa Universitario de Investigación de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA).

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



1 Índices

Índice general

1	Índices.....	3
2	Resumen.....	6
3	Introducción.....	7
4	Planteamiento del problema.....	9
5	Delimitación en tiempo y espacio.....	11
5.1	Delimitación en tiempo.....	11
5.2	Delimitación espacial.....	11
6	Marco teórico.....	11
7	Estado del arte.....	14
8	Objetivos.....	18
9	Hipótesis (no aplica)	19
10	Materiales y métodos.....	19
10.1	Enfoque.....	19
10.2	Método.....	19
10.3	Recolección de la información.....	20
10.4	Técnicas e instrumentos.....	21
10.5	Procesamiento y análisis de la información.....	22
11	Resultados y discusión.....	22
11.1	Resultados.....	22
11.1.1	Revisión de muestras de mieles de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG).....	22
11.1.2	Colectas de muestras de mieles.	24
11.1.3	Muestras de polen en mieles.	26
11.2	Discusión de resultados.....	31
11.2.1	Recomendaciones para el manejo de la vegetación asociada a meliponarios.....	35

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

12	Referencias.....	39
13	Apéndice.....	47
14	Aspectos éticos y legales (si aplica)	57
15	Vinculación.....	57
16	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	57
17	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS.....	58
18	Orden de pago final.....	59
19	Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación.....	59
20	Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario.....	59
21	Visado de la Dirección General de Investigación.....	60

Índice de tablas y figuras

Tablas

Tabla 1. Resumen de mieles de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala.....	23
Tabla 2. Colectas de mieles realizadas durante el proyecto	24
Tabla 3. Diversidad de tipos polínicos en mieles de <i>Melipona beecheii</i>	31
Tabla 4. Diversidad de tipos polínicos en mieles de <i>Tetragonisca angustula</i>	31
Tabla 5. Diversidad de tipos polínicos en mieles de <i>Geotrigona acapulconis</i>	
Tabla 6. Diversidad de tipos polínicos en mieles de <i>Nannotrigona perilampoides</i>	

Figuras

Figura 1. Frecuencia de tipos polínicos de la región Chimalteca	28
Figura 2. Frecuencia de tipos polínicos de la región Escuintleca.....	29
Figura 3 Frecuencia de tipos polínicos de la región Petén	29
Figura 4. Frecuencia de tipos polínicos de la región Trifinio.....	30
Figura 5 Frecuencia de tipos polínicos de la región Q'equchi'	30

2 Resumen

Las abejas sin aguijón, o meliponinos, son uno de los grupos de polinizadores más abundantes e importantes en los sistemas naturales y agrícolas del neotrópico. El uso tradicional de los productos de sus colmenas, principalmente la miel, les confieren importancia cultural y como alternativa económica. La falta de información sobre las características de las mieles de meliponinos dificultan establecer una cadena de valor. El reconocimiento de los tipos polínicos en las mieles es una herramienta importante para su caracterización, así como para el estudio de la ecología de las abejas.

En este proyecto se describió los atributos ecológicos de la comunidad botánica que provee de recursos florales a las abejas *Geotrigona acapulconis*, *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides* y *Tetragonisca angustula*, en Guatemala. Para esto, se caracterizó y cuantificó por microscopía el polen de 64 muestras de mieles de estas especies. Se realizó una comparación de los ensamblajes presentes en las mieles de las distintas especies de abejas, utilizando análisis de diversidad. Se encontró que las mieles de las abejas *M. beecheii* y *T. angustula* presentaron ensamblajes diversos de polen. A pesar de contarse con pocas muestras, pudo identificarse muestras uniflorales (donde un tipo polínico constituye más del 45% del total presente) en mieles de *N. perilampoides* y *G. acapulconis*. Los resultados de esta investigación aportan al conocimiento de los recursos florales utilizados por los meliponinos. Esta información es útil como insumo para el planteamiento de estrategias para la conservación, manejo y uso sostenible de los meliponinos en Guatemala.

Palabras clave: Melisopalinología, Guatemala, Meliponini, recursos florales.

Abstract

Stingless bees or meliponids are among the most abundant and important pollinators for natural and agricultural systems in the Neotropics. Also, the traditional use of the products of their hives, mainly honey, makes them an important cultural value and a potential income alternative to families. The knowledge gaps on the characteristics of meliponid honey are an impediment to the establishment of a value chain. Recognizing pollen types in honey samples is an important tool for their characterization and to the study of stingless bee ecology.

In this study, the ecological attributes of the botanical community that provides floral resources to the *Geotrigona acapulconis*, *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides* and *Tetragonisca angustula*, in Guatemala were described. We microscopically characterized and quantified the pollen present in 64 honey samples from these species. The pollen types found in honey samples were characterized, by microscopically analyzing the pollen found in each sample. A comparison among the ensembles was made by the means of diversity analyses. Samples from *M. beecheii* and *T. angustula* mostly showed diverse pollen samples. In contrast, unifloral ensembles (where a single pollen type constitutes more than 45% of the count) were found for *N. perilampoides* and *G. acapulconis* samples. The results of this study contribute to the knowledge on the resources used by meliponid bees. Also, the information produced could be useful to proposals for conservation strategies aimed to the sustainable management of stingless bees in Guatemala.

Key words: Melissopalynology, Guatemala, Meliponini, floral resources.

3 Introducción

Existen aproximadamente 20,000 especies de abejas (Hymenoptera: Apidae) en el mundo (Michener, 2007; Potts et al., 2010), de las cuales 5,000 especies de abejas tienen presencia en zonas neotropicales, cifra que incluye 391 especies válidas de meliponinos (Apidae: Meliponini) (Frietas et al., 2009). Los meliponinos se caracterizan por: 1) el aguijón vestigial, 2) reducción de la venación en las alas, 3) palpos maxilares ausentes, 4) espolones tibiales ausentes y 5) último tarso con garras simples en hembras, y bifurcadas en machos (Wille, 1979). Además, los meliponinos forman colonias permanentes, donde conviven individuos de varias generaciones, con una organización social dividida en: reina, obreras y zánganos (Michener, 2007; Roubik 1989). A nivel de colmena, el comportamiento de los meliponinos en el uso de los recursos florales es generalista, las abejas obreras pueden llegar a recolectar polen y néctar de una amplia gama de plantas (Michener, 2007; Roubik 1989). Por ejemplo, Antonini y colaboradores (2006) examinaron la presencia floral de *Melipona quadrifasciata* Lepeletier, 1836, en paisajes urbanizados en el bosque del Atlántico de Brasil. Estos autores resaltan la especificidad de la visita floral de *M. quadrifasciata* a 22 de 103 especies de plantas en el área de

estudio, principalmente pertenecientes a las familias botánicas Myrtaceae, Asteraceae y Convolvulaceae.

Sin embargo, el comportamiento de los meliponinos a nivel de individuos puede ser diferente, incluso dentro de la misma colmena, ya que algunas abejas obreras pueden manifestar especificidad a cierto recurso floral (Roubik, 1989). Por ejemplo, Biesmeijer y Tóth (1998) analizaron el pecoreo individual de *Melipona beecheii* Bennett, 1831 en un bosque seco de Costa Rica. Los investigadores revelan que los individuos de *M. beecheii* recolectan un único tipo de material (polen o néctar) por jornada (o día), retornando a la colmena para seguir recolectando el mismo tipo de material durante el tiempo de pecoreo. Esto sugiere que a pesar de la generalización del sistema planta-meliponino, algunos individuos pueden desarrollar constancia floral, posiblemente resultado de uno o varios de los siguientes modelos: limitación de memoria, selección por imágenes, maximización de la energía o constancia individual de las abejas (Amaya-Marquez, 2009). Además, la capacidad de los meliponinos de explotar una gran variedad de plantas, y al mismo tiempo, tener especificidad a un solo recurso floral, resalta el rol de este ensamble de abejas para la polinización de plantas silvestres y manejadas (Slaa et al., 2006).

La meliponicultura, o cultivo de los productos derivados de las colmenas de meliponinos, ocurre desde antes de la llegada de los colonizadores españoles a Mesoamérica (Kristy, 2017). Esta idea es respaldada por el hallazgo del Código de Madrid, documento procedente del periodo post-clásico mesoamericano (900-1521 a. C.), que recopila prácticas de manipulación y extracción de miel, y separación de las colmenas de *M. beecheii*, y, además, del descubrimiento de una pieza cerámica semejante a una colmena tradicional, o jobón, en la cima de un templo en Nakum, Petén, correspondiente al periodo proto-clásico (ca. 100 a. C.-300 d. C.) (Žraňka & Hermes, 2014). Esto sugiere que los mayas apreciaban las colmenas de meliponinos por su posible empleo en ceremonias religiosas (Paris et al., 2020). En la actualidad, la domesticación de meliponinos, y la extracción de la miel, es realizada por poblaciones indígenas y mestizas en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, y Guatemala no es la excepción (Quesada-Euán, 2018). Sin embargo, la comercialización de la miel de los meliponinos carece de normativos y estandarizaciones comerciales, mientras la miel de *Apis mellifera* L. 1758 ya posee un perfil comercial, que contiene la descripción de los mercados objetivos, la identificación internacional de la partida arancelaria y la descripción del origen botánico

del producto (EURECNA, 2014). Esta situación posiciona en desventaja la comercialización de la miel de meliponinos frente a la miel de *A. mellifera*. Los pequeños productores y asociaciones dedicadas a la extracción, distribución y venta de miel de meliponinos requieren que se enriquezca el conocimiento del origen botánico de sus productos, para mejorar la capitalización de estos productos, a escala local y regional.

En atención a lo anterior, este informe aporta al conocimiento de los atributos ecológicos de la comunidad botánica que provee de recursos florales a las abejas: *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919), *Melipona beecheii* Bennett, 1831, *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878) y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) de Guatemala. Se plantearon como objetivos específicos: a) caracterizar el polen de plantas presentes en las mieles de las abejas *G. acapulconis*, *M. beecheii*, *N. perilampoides* y *T. angustula*; b) describir cualitativa y cuantitativamente la carga de polen de plantas presente en las mieles de las abejas *G. acapulconis*, *M. beecheii*, *N. perilampoides* y *T. angustula* de Guatemala y c) comparar la diversidad del polen encontrado en las mieles de abejas *G. acapulconis*, *M. beecheii*, *N. perilampoides* y *T. angustula*. Estas cuatro abejas fueron seleccionadas debido a su importante valoración cultural y económica en Guatemala (Fuentes y Guzmán, 1700; Ximenes, 1967; Enríquez, Monroy & Solís, 2001; Enríquez et al., 2005). Utilizando las mieles de las cuatro especies de abejas seleccionadas, mismas depositadas en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG), y herramientas de palinología, describimos la diversidad del polen presente en las mieles. Además, describimos y comparamos los ensambles de polen presentes en las mieles, a modo de encontrar patrones en el uso del recurso floral. Por último, se realizó un taller con grupos focales de meliponicultores, para divulgar los resultados de este informe, y establecer recomendaciones para una buena salud del meliponario, y el manejo de la vegetación alrededor del mismo.

4 Planteamiento del problema

La interpretación del registro fósil de las plantas plantea el surgimiento de las angiospermas en el Cretácico temprano, seguido a una rápida radiación adaptativa de las especies a los nichos disponibles (Li, et al., 2019; Soltis, Folk & Soltis, 2019). La radiación de los taxones de angiospermas coincide en el tiempo con la radiación de taxones de insectos con estructuras para recolectar, manipular y transportar polen (Crane et al., 1995, Grimaldi, 1999). Esto sugiere que la polinización por insectos

pudo ser un promotor de la radiación de las angiospermas, y de la dominancia de las mismas, en los ecosistemas terrestres (Regal, 1977). Además, en el contexto actual, la reproducción y mantenimiento de un 87.5% de angiospermas depende de los insectos (Ollerton et al., 2011). Entre el gremio de insectos polinizadores, las abejas son el ensamble de especies más importantes para las plantas con flores (Zattara & Aizen, 2021).

Por otro lado, las unidades de investigación de las universidades pueden aportar de forma indirecta a la cadena de valor de la miel de abejas importada por Guatemala. En el caso de la miel de *A. mellifera*, los análisis requeridos para este producto son: humedad relativa, hidroximetilfurfural, azúcares y origen botánico (Guzmán, 2016). En este momento, no existe una cadena de valor para la miel de meliponinos, sin embargo, el equipo de investigación de este informe puede aportar a la mejora de la capitalización de la miel, al generar un análisis del origen botánico de las mieles de meliponinos de Guatemala. Enríquez y Dardón (2006) analizaron la carga de polen en miel de meliponinos del país; sin embargo, la evaluación del polen fue efectuada a nivel de familia botánica, dejando de lado el estudio de la composición cualitativa de polen en la miel de las abejas sin aguijón de Guatemala.

En este estudio se realizó un análisis cuantitativo y comparativo del polen presente en la miel de cuatro especies de abejas sin aguijón de Guatemala. Las especies de abejas elegidas para el análisis del polen en sus mieles fueron elegidas según los siguientes criterios a) valoración económica y b) importancia cultural, siendo estas *G. acapulconis*, *M. beecheii*, *N. perilampoides* y *T. angustula* (Fuentes y Guzmán, 1700; Ximénez, 1967; Enríquez, Monroy & Solís, 2001; Enríquez et al., 2005). Las preguntas de investigación fueron: ¿Cómo es la comunidad botánica que provee de recursos florales a las abejas? y ¿Cómo es la composición polínica de las mieles de cuatro especies de abejas sin aguijón? Utilizando mieles depositadas en la CANG y herramientas de palinología, describimos la diversidad del polen presente en las mieles y realizamos un taller con grupos focales para establecer recomendaciones para una buena salud del meliponario, y el manejo de la vegetación alrededor del mismo.

5 Delimitación en tiempo y espacio

5.1 Delimitación en tiempo

Este estudio fue realizado de febrero a diciembre del año 2022.

5.2 Delimitación espacial

El trabajo de gabinete fue realizado en las instalaciones del Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Se utilizaron mieles provenientes de distintas regiones del país, que se encuentran depositadas en la colección de mieles de la CANG, Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). Las nuevas colectas de muestras se realizaron en 5 regiones a nivel nacional, siendo estas: a) Chimalteca, b) Trifinio, c) Petén, d) Q'eqchi' y e) Escuintleca (Stuart, 1943).

6 Marco teórico

Abejas sin aguijón de Guatemala

Los meliponinos son abejas corbiculadas pertenecientes a la familia Apidae (Michener, 2000). Se caracterizan por tener un aguijón evolutivamente vestigial y formar castas definidas dentro de la colonia con un número variable de individuos, y por recolectar y almacenar miel y polen para la alimentación de todos los individuos de la colmena (Michener, 2000; Roubik, 1989). Estas abejas también producen cera, propóleo y otros productos que utilizan en la elaboración de nidos.

Las abejas sin aguijón, a diferencia de las abejas melíferas, depositan su polen y miel en compartimientos denominados potes (Roubik, 1989). La presencia de potes implica una forma diferente de extraer los productos existentes en la colonia, que los utilizados tradicionalmente para los productos de las abejas melíferas.

Las abejas sin aguijón son nativas y abundantes a lo largo de todo el trópico, en América el mayor esfuerzo en su investigación se ha hecho en Brasil y México. En Guatemala se han reportado 33 especies de abejas sin aguijón, agrupadas en 17 géneros que se distribuyen desde los 0 hasta los 2000 metros sobre el nivel del mar (Yurrita & Vásquez, 2013).

Domesticación y aprovechamiento de la miel de abejas sin aguijón en Guatemala

Según Quesada-Euán (2018) la meliponicultura maya inició en Yucatán y el norte de Guatemala y luego se extendió por Mesoamérica. El manejo de las abejas sin aguijón fue registrado en la cultura mesoamericana desde la época prehispánica, actividad que quedó retratada en las páginas del Códice de Madrid. Este manejo se dio en *M. beecheii*, posiblemente en relación con la abundancia de miel que la abeja producía y a la cantidad de reinas que permitían tener más colonias (Quesada-Euán, 2018).

Posteriormente se retrató la relación de los pueblos indígenas con varias especies de meliponinos en escritos durante la llegada de los españoles a América, como en las crónicas de Ximénez (1967) y Fuentes y Guzmán (1700) en Guatemala. En estos documentos se describe la utilización de varias abejas además de *M. beecheii*, tales como las abejas *T. angustula*, *N. perilampoides*, *Partamona bilineata* (Say, 1837) y *G. acapulconis*.

Los meliponicultores son las personas que se dedican a la crianza de las abejas sin aguijón. Poseen un gran conocimiento sobre el comportamiento y preferencias de las abejas en cuanto a espacio y materiales para anidamiento (Enríquez, et al., 2014). Muchos meliponicultores reconocen a las abejas que crían, denominando a estas con distintos nombres vernáculos que pueden llevar a variar según la región del país. El aspecto menos conocido sobre las mieles de abejas sin aguijón es ¿cómo es la composición botánica en las mieles? Dicha composición botánica puede llegar a ser un determinante de las cualidades fisicoquímicas y organolépticas de las mieles, y al mismo tiempo, aportar información valiosa sobre las preferencias florales de las especies de abejas.

Palinología

Los granos de polen son las células sexuales masculinas de las plantas con flor. Su pared celular, también llamada exina, está compuesta de esporopolenina; un polímero impermeable y resistente a distintas circunstancias (Burjachs, 2006). En cuanto a la taxonomía, las características de la exina son importantes para la sistemática vegetal ya que posibilita la separación e identificación de las plantas con flor (Mondragón, 2006). El estudio de la dinámica polínica es el campo de acción de la palinología. Los estudios palinológicos permiten conocer la composición de paisajes presentes y

pasados, como es el caso de la paleopalinología. En Guatemala se ha encontrado evidencia de variación considerable del clima entre el Pleistoceno tardío y la actualidad. Esto gracias al análisis de muestras de polen extraídas de núcleos removidos del fondo de lagunas peteneras (Schuster & Bonis, 2008). También se ha relacionado el registro palinológico con el cambio de uso del suelo a partir del establecimiento de colonias durante la conquista española en lugares como los Cuchumatanes (Harvey et al., 2020) y región Nueve Cerros (Avendaño et al., 2012).

Estudiar la descripción morfológica de granos de polen a menudo resulta en la compilación de Atlas Palinológicos. Estos incluyen descripciones detalladas de la estructura, escultura y grosor de la exina, la forma, diámetro y número de aperturas del grano de polen; esto desde los ejes polares y ecuatoriales de los granos de polen. Esto permite complementar la información botánica de los géneros y/o especies conocidas (Barrientos, 2006). En Guatemala, los estudios palinológicos han tenido enfoques descriptivos en localidades como la Ecorregión Lachuá (Barrientos, 2006), Chelemhá (Ávila et al., 2006) que incluyen descripciones de distintas especies botánicas de Alta Verapaz. El análisis del polen recolectado por abejas es un método que permite identificar patrones temporales y/o estacionales de las plantas y su importancia en la alimentación de las abejas (Escobedo, 2010) y demás entomofauna (Carabalí-Banguero et al., 2020).

Palinología en mieles de abeja sin aguijón

La presencia de polen en la miel permite determinar cuáles son las plantas visitadas por las especies de abejas, conociendo así la dieta de las abejas que producen una miel determinada o hasta una caracterización de los paisajes preferidos para la anidación natural de las especies, ya que las plantas visitadas dependen tanto de cualidades de la flor como del rango de vuelo de la abeja, y lo que pueda encontrar en hábitats cercanos (Enríquez et al., 2014; Absy et al., 1984).

El estudio del polen que se encuentra en las mieles y otros productos de colonias de abejas sociales se denomina melisopalinología, esta disciplina se desarrolla tanto en estudios de miel de abejas melíferas, como en miel de abejas sin aguijón, brindando información sobre las fuentes de néctar necesarias para las especies que producen las sustancias (Jones & Bryant, 1996; Guimarães et al., 2019).

7 Estado del arte

Presentamos una revisión bibliográfica sobre el uso de recursos florales por las cuatro especies de abejas seleccionadas para este proyecto. Los taxones de plantas presentados por cada especie pueden presentarse en las mieles de las abejas contempladas en este proyecto.

Relaciones florales de *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919)

Observaciones y registros de visita floral *in situ* en hábitats naturales de *G. acapulconis* son reportadas por Ayala (1999); Camargo y Moure (1996); Escobedo-Kenefic y colaboradores (2020). Las especies de plantas reportadas por los investigadores son: *Senecio salignus* DC., *Ambrosia* sp., *Baccharis glutinosa* Pers. [Asteraceae] (Ayala, 1999); *Senecio salignus* DC., *Selloa glutinosa* Spreng. [Asteraceae], *Lantana* sp. [Verbenaceae], *Helianthus* sp. [Asteraceae], *Sida* sp. [Malvaceae], *Pera barbellata* Standl. [Peraceae] (Camargo & Moure, 1996); *Vernonia* sp. [Asteraceae], *Iresine calea* (Ibáñez) Standl. [Amaranthaceae] (Escobedo-Kenefic et al., 2020). Además, otros recursos florales son reportados por Ish-Am y colaboradores (1999) y Ruiz-Sanchez y colaboradores (2017) por medio de análisis de la carga de polen de *G. acapulconis ex situ*, en laboratorio. Las plantas reportadas por los investigadores son: *Persea americana* Mill. [Lauraceae] (Ish-Am et al., 1999); *Guadua paniculata* Munro, *Guadua inermis* Rupr. ex E. Fourn. [Poaceae] (Ruiz-Sanchez et al., 2017).

Relaciones florales de *Melipona beecheii* Bennett, 1831

Observaciones y registros de visita floral *in situ* en hábitats naturales de *M. beecheii* son reportadas por Ayala (1999); Cockerell (1904); Cockerell (1949); Escobedo y colaboradores (2020); Heithaus (1979); Johnson y Hubbell (1975); Meléndez-Ramírez y colaboradores (2002); Silveira-Silveira (1991); Weaver y Weaver (1981). Las especies de plantas reportadas por los investigadores son: *Solanum* sp. [Solanaceae], *Cosmos sulphureus* Cav., *Melanthera* sp. [Asteraceae], *Antigonon leptopus* Hook. & Arn. [Polygonaceae], *Buddleja wrightii* B. L. Rob. [Scrophulariaceae], *Turnera diffusa* Wild. [Passifloraceae], *Coccoloba masonii* Lundell [Polygonaceae], *Viguiera dentata* (Cav.) Spreng [Asteraceae] (Ayala, 1999); *Cordia ferruginea* (Lam.) Kunth [Cordiaceae] (Cockerell, 1904); *Solanum* sp. [Solanaceae], *Pontederia cordata* L. [Pontederiaceae] (Cockerell, 1949); *Bouvardia laevis* M. Martens & Galeotti [Rubiaceae] (Escobedo-Kenefic et al., 2020); *Bixa orellana* L.

[Bixaceae], *Cayaponia attenuata* (Hook. & Arn.) Cogn. [Cucurbitaceae], *Mimosa pudica* L. [Fabaceae], *Cordia inermis* (Mill.) I.M. Johnst, *Cordia pringlei* B. L. Rob [Cordiaceae], *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. [Lamiaceae], *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. [Rubiaceae], *Casearia sylvestris* Sw., *Prockia crucis* P. Browne ex L. [Salicaceae], *Curatella americana* L. [Dilleniaceae], *Allophylus occidentalis* (Sw.) Radlk. [Sapindaceae], *Solanum hazenii* Britton [Solanaceae], *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl [Verbenaceae], *Pithecoctenium echinatum* (Jacq.) Baill. [Bignoniaceae], *Sida glomerata* Cav. [Malvaceae], *Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don. [Convolvulaceae], *Serjania atrolineata* C. Wright [Sapindaceae], *Bulbostylis junciformis* (Kunth) C. B. Clarke [Cyperaceae] (Heithaus, 1979); *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. [Rubiaceae] (Johnson & Hubell, 1975); *Cucurbita moschata* Duchesne [Cucurbitaceae] (Meléndez-Ramírez et al., 2002); *Lippia virgata* (Ruiz & Pav.) Steud. [Verbenaceae] (Silveira-Silveira, 1991), *Gymnopodium antigonoides* (B.L. Rob. ex Millsp. & Loes) S.F. Blake [Polygonaceae] (Weaver & Weaver, 1981).

Relaciones florales de *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878)

Observaciones y registros de visita floral *in situ* en hábitats naturales de *N. perilampoides* (Cresson, 1878) son reportadas por Ayala (1999); Cockerell (1928); Heithaus (1979); Meléndez-Ramírez y colaboradores (2002); Michener (1946); Roubik (1981); Roubik y colaboradores (1986); Wille (1963); Wille (1983). Las especies de plantas reportadas por los investigadores son: *Luffa cylindrica* M. Roem [Cucurbitaceae], *Amphilophium paniculatum* (L.) Kunth [Bignoniaceae], *Baccharis* sp., *Melampodium divaricatum* (Rich.) DC. [Asteraceae], *Caesalpinia* sp., *Crotalaria longirostrata* Hook. & Arn. [Fabaceae], *Croton culiacanensis* Croizat [Euphorbiaceae], *Viguiera dentata* (Cav.) Spreng [Asteraceae] (Ayala, 1999); *Triplaris americana* L. [Polygonaceae] (Cockerell, 1928); *Acacia collinsii* Saff. [Fabaceae], *Margaritaria nobilis* L.f. [Phyllanthaceae], *Roupala montana* Aubl. [Proteaceae], *Guazuma ulmifolia* Lam. [Malvaceae], *Cupania guatemalensis* (Turcz.) Radlk. [Sapindaceae], *Melanthera aspera* (Jacq.) Steud. ex Small, *Verbesina myriocephala* Sch. Bip. ex Klatt, *Tridax procumbens* L., *Vernonia schiedeana* Less., *Porophyllum ruderale* (Jacq.) Cass. [Asteraceae], *Calycophyllum candidissimum* (Vahl) DC. [Rubiaceae], *Hirtella racemosa* Lam. [Chrysobalanaceae], *Spondias purpurea* L. [Anacardiaceae], *Securidaca sylvestris* Schltdl. [Polygalaceae], *Bixa orellana* L. [Bixaceae], *Piper marginatum* Jacq. [Piperaceae], *Andira inermis* (W. Wright) Kunth ex DC.

[Fabaceae], *Cayaponia attenuata* (Hook. & Arn.) Cogn. [Cucurbitaceae], *Cordia inermis* (Mill.) I.M. Johnst., *Cordia pringlei* B. L. Rob [Cordiaceae], *Tabebuia neochrysantha* A.H. Gentry, *Arrabidaea corallina* (Jacq.) Sandwith [Bignoniaceae], *Paspalum coryphaeum* Trin. [Poaceae], *Stachytarpheta jamaicensis* (L.) Vahl [Verbenaceae], *Iresine celosia* L. [Amaranthaceae], *Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth [Malpighiaceae], *Sida acuta* Burm. f. [Malvaceae], *Hyptis suaveolens* (L.) Poit. [Lamiaceae], *Ipomoea trifida* (Kunth) G. Don, *Ipomoea umbraticola* House [Convolvulaceae], *Danaea humilis* T. Moore [Marattiaceae] (Heithaus, 1979); *Cucurbita moschata* Duchesne [Cucurbitaceae] (Meléndez-Ramirez, 2002); *Simsia grandiflora* Benth. [Asteraceae] (Michener, 1946); *Baltimora recta* L. [Asteraceae] (Roubik, 1981); *Spondias radlkoferi* Donn. Sm. [Anacardiaceae], *Socratea durissima* (Oerst.) H. Wendl., *Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés [Arecaceae] (Roubik et al., 1986); *Cassia biflora* L. [Fabaceae] (Wille, 1963); *Sechium edule* (Jacq.) Sw. [Cucurbitaceae] (Wille et al., 1983).

Relaciones florales de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811)

Observaciones y registros de visita floral *in situ* en hábitats naturales de *T. angustula* son reportadas por Balestieri y Machado (1998); Carvalho, Marques y Sampaio (1995), Cortopassi-Laurino (2005); Engel y Dingemans-Bakels (1980); Escobedo-Kenefic y colaboradores (2020); Gaglianone (2000); Lopes y Machado (1998); Pedro y Camargo (1991); Toledo y colaboradores (2003). Las especies de plantas reportadas por los investigadores son: *Caesalpinia peltophoroides* Benth. [Fabaceae] (Balestieri y Machado, 1998); *Anacardium occidentale* L. [Anacardiaceae], *Averrhoa carambola* L. [Oxalidaceae], *Eugenia malaccensis* L., *Myrciaria cauliflora* (Mart.) O. Berg [Myrtaceae], *Manilkara achras* (Mill.) Fosberg [Sapotaceae], *Tamarindus indica* L. [Fabaceae] (Carvalho, Marques y Sampaio, 1995); *Lithraea molleoides* (Vell.) Engl., *Toxicodendron verniciferum* (DC.) E.A. Barkley & F.A. Barkley [Anacardiaceae], *Vernonia polyanthes* (Spreng.) Less, *Cosmos sulphureus* Cav., *Emilia sonchifolia* (L.) DC., *Senecio brasiliensis* (Spreng.) Less., *Mikania glomerata* Spreng., *Tithonia rotundifolia* (Mill.) S.F. Blake, *Bidens pilosa* L. [Asteraceae], *Rhododendron indicum* (L.) Sweet [Ericaceae], *Impatiens balsamina* L. [Balsaminaceae], *Euphorbia pulcherrima* fo. *lutea* Standl. [Euphorbiaceae], *Iboza riparia* N.E. Br. [Lamiaceae], *Kalanchoe tubiflora* Raym.-Hamet [Crassulaceae], *Senna bicapsularis* (L.) Roxb., *Caesalpinia bonducella* (L.) Fleming, *Caesalpinia peltophoroides* Benth., *Mimosa deltoides* Nois. ex Steudel, *Sophora tomentosa* L., *Erythrina speciosa*

Tod., *Bauhinia variegata* L. [Fabaceae], *Lagerstroemia indica* L. [Lythraceae], *Agave attenuata* Salm-Dyck [Asparagaceae], *Struthanthus andrastylus* Eichler [Loranthaceae], *Spathodea campanulata* P. Beauv. [Bignoniaceae], *Eucalyptus robusta* Sm. [Myrtaceae], *Foeniculum vulgare* L. [Apiaceae], *Grevillea banksii* R. Br. [Proteaceae], *Hedychium coronarium* J. Koenig [Zingiberaceae], *Lonicera japonica* Thunb. [Caprifoliaceae], *Tetrapanax papyrifer* (Hook.) K. Koch [Araliaceae], *Sambucus australis* Cham. & Schltdl. [Viburnaceae], *Byrsonima intermedia* A. Juss. [Malpighiaceae], *Tibouchina holosericea* Baill., *Tibouchina granulosa* (Desr.) Cogn. [Melastomataceae], *Prunus persica* (L.) Batsch, *Pyracantha coccinea* M. Roem. [Rosaceae], *Bougainvillea spectabilis* Willd. [Nyctaginaceae], *Polygonum capitatum* Buch.-Ham. ex D. Don [Polygonaceae] (Cortopassi-Laurino, 2005); *Vernonia* sp. [Asteraceae], *Iresine calea* (Ibáñez) Standl. [Amaranthaceae], *Lepidium virgatum* Jord. [Brassicaceae] (Escobedo-Kenefic et al., 2020); *Hyptis atrorubens* Poit. [Lamiaceae] (Engel & Dingemans, 1980); *Sida rhombifolia* L., *Sidastrum micranthum* (A. St.-Hill.) Fryxell, *Sidastrum paniculatum* (L.) Fryxell [Malvaceae] (Gaglianone, 2000); *Clusia nemorosa* G. Mey., *Clusia fluminensis* Planch. & Triana [Clusiaceae] (Lopes & Machado, 1998); *Hyptis marrubioides* Epling [Lamiaceae], *Albertia sessilis* K. Schum. [Apiaceae], *Echinolaena inflexa* (Poir.) Chase [Poaceae] (Pedro & Camargo, 1991); *Cosmos bipinnatus* Cav. [Asteraceae], *Mangifera indica* L. [Anacardiaceae], *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nicholson [Bignoniaceae], *Foeniculum vulgare* Mill. [Apiaceae], *Antigonon leptopus* Hook. & Arn. [Polygonaceae], *Ocimum gratissimum* L. [Lamiaceae] (Toledo et al., 2003).

8 Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)

8.1 Objetivo general

Describir los atributos ecológicos de la comunidad botánica que provee de recursos florales a las abejas *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919), *Melipona beecheii* Benett, 1831, *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878) y *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811) analizando los tipos polínicos presentes en muestras de sus mieles, de Guatemala.

8.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el polen de plantas presentes en las mieles de las abejas *Geotrigona acapulconis*, *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides* y *Tetragonisca angustula* de Guatemala.

2. Describir cualitativamente y cuantitativamente la carga de polen de plantas presente en las mieles de las abejas *Geotrigona acapulconis*, *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides* y *Tetragonisca angustula* de Guatemala.

3. Comparar la diversidad del polen encontrado en las mieles de las abejas *Geotrigona acapulconis*, *Melipona beecheii*, *Nannotrigona perilampoides* y *Tetragonisca angustula* de Guatemala.

4. Elaborar una propuesta de manejo de vegetación asociada a meliponarios.

9 Hipótesis (si aplica)

No aplica

10 Materiales y métodos

10.1 Enfoque

El enfoque de la propuesta de investigación es mixto.

10.2 Método

Para la ejecución de la investigación, se utilizaron procedimientos cualitativos y cuantitativos para analizar la carga de polen en la miel de las cuatro especies de abejas seleccionadas. Primero, se realizó la caracterización morfológica de los diferentes tipos polínicos de una muestra de >500 granos de polen. Seguido, se realizó la estimación de la frecuencia relativa de los tipos de polínicos en una muestra de >500 granos de polen; además, se calcularon estimadores de riqueza (número de tipos polínicos y riqueza de Chao-1), diversidad (Shannon-Weaver), y equidad (Pielou) de composición polínica para explorar patrones en el uso de los recursos florales. El material primario para efectuar esta investigación fueron las muestras de mieles de abejas sin aguijón depositadas en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG), y adicionalmente, las nuevas muestras colectadas producto de viajes de campo a las principales zonas con meliponicultura del país. El análisis fue realizado en las instalaciones de la Unidad para la Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, CECON, USAC.

Por último, se realizó un taller con un grupo focal constituido por meliponicultores, investigadores y representantes de entidades de gobierno, para divulgar los resultados de esta investigación. Durante el taller discutió sobre las implicaciones de los resultados para el manejo de meliponarios en el país y se obtuvieron insumos para una propuesta de manejo de plantas asociadas a meliponarios.

10.3 Recolección de la información

Seleccionamos las mieles de las abejas *Geotrigona acapulconis* [talnete], *Melipona beecheii* [melipona], *Nannotrigona perilampoides* [conguito] y *Tetragonisca angustula* [doncellita] por su valoración cultural y económica en Guatemala. Basamos esta selección en las menciones de las cuatro especies seleccionadas en las crónicas de Fuentes y Guzmán (1700), Ximénez (1967) y en las recopilaciones del estado de la meliponicultura de Enríquez, Monroy y Solís (2001), Enríquez y colaboradores (2005).

En esta investigación, la unidad de análisis es el polen en 4 ml de una muestra de miel. En principio, se emplearon 102 muestras de mieles de las cuatro abejas seleccionadas, depositadas en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala, producto de la investigación de Enríquez y Dardón (2006). (Tabla 1). Además, se recolectaron 43 muestras de miel durante las cinco giras de campo realizadas durante la ejecución de este proyecto (Tabla 2).

Tomamos 4 ml de cada muestra de miel para extraer polen. Realizamos el montaje del material extraído anteriormente para la examinación en equipo óptico (Von der Hoe et al., 2004). Seguido de esto, caracterizamos la diversidad de los principales tipos de polen de cada muestra con ayuda del material bibliográfico disponible para la región. Además, registramos y describimos la morfología de los principales tipos polínicos cuando este superó el 5 % de la frecuencia relativa de la muestra observada. Siguiendo las recomendaciones de Behm y colaboradores (1996), contabilizamos >500 granos de polen por montaje para realizar la estimación de frecuencia relativa de los diferentes tipos polínicos.

Por último, se realizó un taller en modalidad virtual para meliponicultores y personas que se dedican a el manejo de las abejas sin aguijón e interesados en la conservación de estas abejas. Durante el taller se realizó una presentación de los resultados y se solicitó a los asistentes aportes y comentarios sobre la utilidad del trabajo para sus actividades, así como sugerencias para la aplicación de dichos resultados (Apéndice E, Figura 6A).

10.4 Técnicas e instrumentos

Preparación de la miel

Seguimos el procedimiento propuesto por Voh der Ohe y colaboradores (2004) para extraer el polen de la miel. Agregamos 4 ml de miel y 12 ml de agua a 40 °C a un tubo de ensayo, y mezclamos manualmente hasta disolver ambos fluidos. Posteriormente, colocamos el tubo con la solución miel + agua, en una centrifugadora durante 10 min, a 3000 rpm. Descartamos el sobrenadante de la solución miel + agua, y conservamos el sedimento para los posteriores pasos. Al material sedimentado le fue agregado 12 ml de alcohol etílico al 95%, y subsecuentemente la mezcla fue colocada de nuevo en la centrifugadora durante 10 min, a 3000 rpm.

Paralelo a esto, preparamos el medio de montaje del polen. Se utilizó fragmentos cúbicos de gel de glicerina de 2 mm por lado para capturar el sedimento. Se procuró saturar el gel para asegurar que la mayor parte de sedimento fuera trasladado a la glicerina. Se trasladó el gel con sedimento a una lámina de montaje, tras lo cual se le agregó 5-10 µl de solución de safranina al 5%. La lámina se calentó utilizando un mechero de etanol, manteniendo la distancia suficiente para derretir la glicerina sin que esta hierva. Finalmente se cubrió la muestra con un cubreobjetos y se dejó enfriar y solidificar durante un mínimo de 24 horas antes de realizar los conteos.

Caracterización y cuantificación de polen

Realizamos la caracterización de los distintos tipos polínicos utilizando atlas disponibles para la región (Silva et al., 2020, Barrientos, 2006) Adicionalmente para cada tipo polínico presente en cada muestra se realizaron esquemas y se le asignó un número de morfotipo por muestra (ver Apéndice F, Figura 7A). Ejecutamos el conteo de granos de polen utilizando el criterio de Behm y colaboradores (1996), cuantificando 500 granos de polen por muestra (o el número presente en la misma, si hubo menos), para estimar la frecuencia relativa de cada tipo polínico. Los conteos se realizaron utilizando un contador manual.

Composición polínica de las mieles

Para explorar las similitudes en la composición polínica de las cuatro especies de abejas seleccionadas, utilizamos descriptores de la diversidad, riqueza, similitud y equidad. Basado en las

métricas anteriores, realizamos comparaciones para describir patrones en la composición polínica de las especies de abejas.

Actividad de divulgación

Se realizó un taller de divulgación con grupos focales de distintas zonas con meliponicultura en el país. Para esto, se desarrolló un taller en modalidad virtual que permitió divulgar las buenas prácticas del manejo de un meliponario. Además, de comunicar los resultados (parciales y totales) de este proyecto.

10.5 Procesamiento y análisis de la información

Para analizar la composición polínica de las mieles, calculamos estimadores de riqueza (número total de tipos polínicos, y su versión corregida por el método de Chao-1), estimadores de diversidad y similitud ecológica: diversidad de Shannon-Weaver y equidad de Pielou, por medio del programa PAST (Hammer et al., 2001).

11 Resultados y discusión

11.1 Resultados

11.1.1. Revisión de muestras de mieles de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG).

Se realizó un inventario de las muestras de mieles presentes en la colección. Se comprobó la disponibilidad de 256 muestras que provienen de las regiones incluidas en el estudio, de las cuales 103 pertenecen a las especies incluidas en este estudio: 49 muestras a *M. beecheii*, 43 a *T. angustula*, siete a *N. perilampoides* y cuatro a *G. acapulconis*.

Tabla 1.

Resumen de información de boletas con información referente a las mieles existentes en la colección de mieles de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, CECON, USAC.

Región	Especie de abeja									
	MB	MS	MY	NP	PL	SM	SP	T(G)A	TA	TF
CH	24	0	2	2	1	1	1	2	9	4
ESC	5	2	0	3	0	6	2	0	12	1
P	5	2	0	2	0	0	0	0	11	0
Q	8	2	0	0	0	0	0	0	6	1
T	7	0	0	0	0	0	0	2	5	0
Total	49	6	2	7	1	7	3	4	43	6

MB = *Melipona beecheii*, MS = *M. solani*, MY = *M. yucatanica*, NP = *Nannotrigona perilampoides*, PL = *Plebeia sp.*, SM = *Scaptotrigona mexicana*, SP = *S. pectoralis*, T(G)A = *Geotrigona acapulconis*, TA = *Tetragonisca angustula*, TF = *Trigona fulviventris*.

CH = Región Chimalteca, incluye Quiché, Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa, Jutiapa

ESC = Región Escuintleca, incluye zonas de costa de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla

P = Región Petén, incluye Petén e Izabal

Q = Región Q'eqchi', incluye Alta Verapaz y Baja Verapaz

T = Región Trifinio, incluye áreas de Chiquimula

11.1.2. Colectas de muestras de mieles

Durante el trabajo de campo del proyecto se recolectó un total de 43 muestras de mieles de las especies estudiadas: tres muestras de miel de *G. acapulconis*, 13 de *M. beecheii*, cuatro de *N. perilampoides* y 23 de *T. angustula*. De estas muestras, 10 provienen de la región Escuintleca, 10 provienen de la región Petén, 12 de la región Q'eqchi', y 8 de la región Chimalteca y 8 de la región Trifinio. Adicionalmente, se colectaron tres muestras que corresponden a la región Volcánica (Tabla 2).

Tabla 2.

Colectas de muestras de mieles realizadas durante el proyecto

Región	Código	Mes	Comunidad	Departamento	Especie abeja	ml miel
Trifinio	TA-T-01-2022	Abril	La Peña	Chiquimula	<i>Tetragonisca angustula</i>	50
Trifinio	MB-T-02-2022	Abril	La Peña	Chiquimula	<i>Melipona beecheii</i>	50
Trifinio	MB-T-04-2022	Abril	La Peña	Chiquimula	<i>Melipona beecheii</i>	50
Trifinio	TA-T-06-2022	Abril	Los Planes de Chiramay	Chiquimula	<i>Tetragonisca angustula</i>	30
Trifinio	GA-T-07-2022	Abril	La Ruda	Chiquimula	<i>Geotrigona acapulconis</i>	100
Trifinio	TA-T-09-2022	Abril	La Ruda	Chiquimula	<i>Tetragonisca angustula</i>	50
Petén	MB-P-10-2022	Abril	Paxcamán	Petén	<i>Melipona beecheii</i>	50
Petén	TA-P-11-2022	Abril	Paxcamán	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	50
Petén	TA-P-12-2022	Abril	Paxcamán	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Petén	TA-P-13-2022	Abril	Yaxhá	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	47.5
Petén	TA-P-16-2022	Abril	Salpetén	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	47.5
Petén	MB-P-17-2022	Abril	Corozal Balantún	Petén	<i>Melipona beecheii</i>	50
Petén	MB-P-18-2022	Abril	Corozal Balantún	Petén	<i>Melipona beecheii</i>	45
Petén	MB-P-19-2022	Abril	Sacpuy	Petén	<i>Melipona beecheii</i>	15
Petén	TA-P-20-2022	Abril	Sacpuy	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	14
Petén	TA-P-21-2022	Abril	El Caoba	Petén	<i>Tetragonisca angustula</i>	50

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Región	Código	Mes	Comunidad	Departamento	Especie abeja	ml miel
Queqchí	MB-Q-22-2022	Abril	Campur	Alta Verapaz	<i>Melipona beecheii</i>	50
Queqchí	TA-Q-23-2022	Abril	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Queqchí	MB-Q-25-2022	Abril	Campur	Alta Verapaz	<i>Melipona beecheii</i>	47.5
Queqchí	TA-Q-26-2022	Abril	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Queqchí	TA-Q-28-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	40
Queqchí	NP-Q-29-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	2.5
Queqchí	NP-Q-30-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	8
Queqchí	MB-Q-32-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Melipona beecheii</i>	50
Queqchí	TA-Q-33-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	14.5
Queqchí	TA-Q-34-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	42
Queqchí	NP-Q-35-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	26.5
Queqchí	TA-Q-36-2022	Mayo	Campur	Alta Verapaz	<i>Tetragonisca angustula</i>	12.75
Trifinio	GA-T-38-2022	Mayo	Quezaltepeque	Chiquimula	<i>Geotrigona acapulconis</i>	50
Trifinio	GA-T-39-2022	Mayo	Quezaltepeque	Chiquimula	<i>Geotrigona acapulconis</i>	50
Volcánica	TA-V-40-2022	Julio	San Lucas Tolimán	Sololá	<i>Tetragonisca angustula</i>	5
Volcánica	MB-V-42-2022	Julio	San Lucas Tolimán	Sololá	<i>Melipona beecheii</i>	50
Volcánica	MB-V-43-2022	Julio	San Lucas Tolimán	Sololá	<i>Melipona beecheii</i>	50
Escuintleca	TA-E-44-2022	Julio	Patulul	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Escuintleca	TA-E-45-2022	Julio	Patulul	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	50
Escuintleca	MB-E-46-2022	Julio	Río Bravo	Suchitepéquez	<i>Melipona beecheii</i>	50
Escuintleca	TA-E-47-2022	Julio	Río Bravo	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Escuintleca	TA-E-48-2022	Julio	Río Bravo	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Escuintleca	TA-E-49-2022	Julio	Río Bravo	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Escuintleca	TA-E-50-2022	Julio	Río Bravo	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	14.5
Escuintleca	NP-E-51-2022	Julio	San Antonio	Suchitepéquez	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	15
Escuintleca	TA-E-52-2022	Julio	San Antonio	Suchitepéquez	<i>Tetragonisca angustula</i>	15

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Región	Código	Mes	Comunidad	Departamento	Especie abeja	ml miel
Escuintleca	TA-E-54-2022	Julio	San Antonio	Suchitepéquez	<i>Melipona beecheii</i>	50
Chimalteca	TA-CH-55-2022	Octubre	Santa Bárbara	Santa Rosa	<i>Tetragonisca angustula</i>	15
Chimalteca	SP-CH-56-2022	Octubre	Santa Bárbara	Santa Rosa	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	25
Chimalteca	MB-CH-57-2022	Octubre	Santa Bárbara	Santa Rosa	<i>Melipona beecheii</i>	50
Chimalteca	MY-CH-58-2022	Octubre	Santa Bárbara	Santa Rosa	<i>Melipona yucatanica</i>	47.5
Chimalteca	MY-CH-59-2022	Octubre	Santa Bárbara	Santa Rosa	<i>Melipona yucatanica</i>	42.5
Chimalteca	MB-CH-60-2022	Octubre	El Jute	Santa Rosa	<i>Melipona beecheii</i>	17.5
Chimalteca	TA-CH-61-2022	Octubre	El Jute	Santa Rosa	<i>Tetragonisca angustula</i>	50
Chimalteca	MB-CH-62-2022	Octubre	El Jute	Santa Rosa	<i>Melipona beecheii</i>	50
Chimalteca	TA-CH-63-2022	Octubre	El Jute	Santa Rosa	<i>Tetragonisca angustula</i>	5.5
Chimalteca	MY-CH-64-2022	Octubre	El Jute	Santa Rosa	<i>Melipona yucatanica</i>	15

11.1.3. Muestras de polen en mieles. Se realizó la extracción de polen de 64 muestras de mieles: seis de *G. acapulconis*, 28 muestras de *M. beecheii*, cuatro de *N. perilampoides* y 26 de *T. angustula*.

La Tabla 3 muestra una comparación entre las muestras en función de los tipos polínicos en las muestras de miel de la especie *M. beecheii*. La riqueza es mayor en la región Petén ($\bar{x}=16.50$, $SE=0.50$), mientras que la región con la menor riqueza polínica se observó en la región Escuintleca ($\bar{x}= 10.33$, $SE= 1.76$). Los valores de diversidad de Shannon son similares en todas las regiones, con valores entre 1.69 y 2.34, como se observa en la tabla 3, observándose el valor de diversidad más alto en la región Petén ($\bar{x}= 2.34$, $SE= 2.002$), al igual que el de equidad ($\bar{x}= 0.63$, $SE= 0.006$). Asimismo, las mieles de *M. beecheii* presentaron una distribución más equitativa de los tipos polínicos en las regiones chimalteca ($\bar{x}= 0.61$, $SE = 0.04$), Trifinio ($\bar{x}= 0.58$, $SE = 0.03$) y Petén ($\bar{x}= 0.63$, $SE= 0.006$).

De forma similar, en las muestras de miel de *T. angustula*, la mayor riqueza cruda de polen se observa también en la región Petén ($\bar{x}= 18.25$, $SE= 2.32$) y la región con la menor riqueza polínica fue la Escuintleca ($\bar{x}= 14.71$, $SE= 2.10$) (Tabla 4).

En las muestras de miel de *G. acapulconis* se encontró una la mayor riqueza ($\bar{x}= 12.75, SE = 2.63$), diversidad ($\bar{x}= 1.78, SE = 0.26$) y equidad ($\bar{x}= 0.56, SE = 0.11$) se encontró en la región Trifinio (Tabla 5).

En cuanto a la miel de *N. perilampoides*, presentó los mayores valores de riqueza de tipos polínicos en la región Chimalteca ($\bar{x}= 20.5, SE = 2.05$), así como de diversidad ($\bar{x}= 2.85, SE = 0.59$) y de equidad ($\bar{x}= 0.67, SE = 0.13$). Solamente fue posible calcular valores de diversidad para esta región porque solamente se contó con una muestra de las regiones Trifinio y Escuintleca, respectivamente (Tabla 6, Apéndice C, Tabla 1A). En contraste, las mieles de *Geotrigona acapulconis* presentaron los menores valores tanto en riqueza ($\bar{x}= 9.00, SE= 3.00$), diversidad ($\bar{x}= 1.38, SE = 0.04$) y equidad ($\bar{x}= 0.50, SE = 0.18$) en esta región.

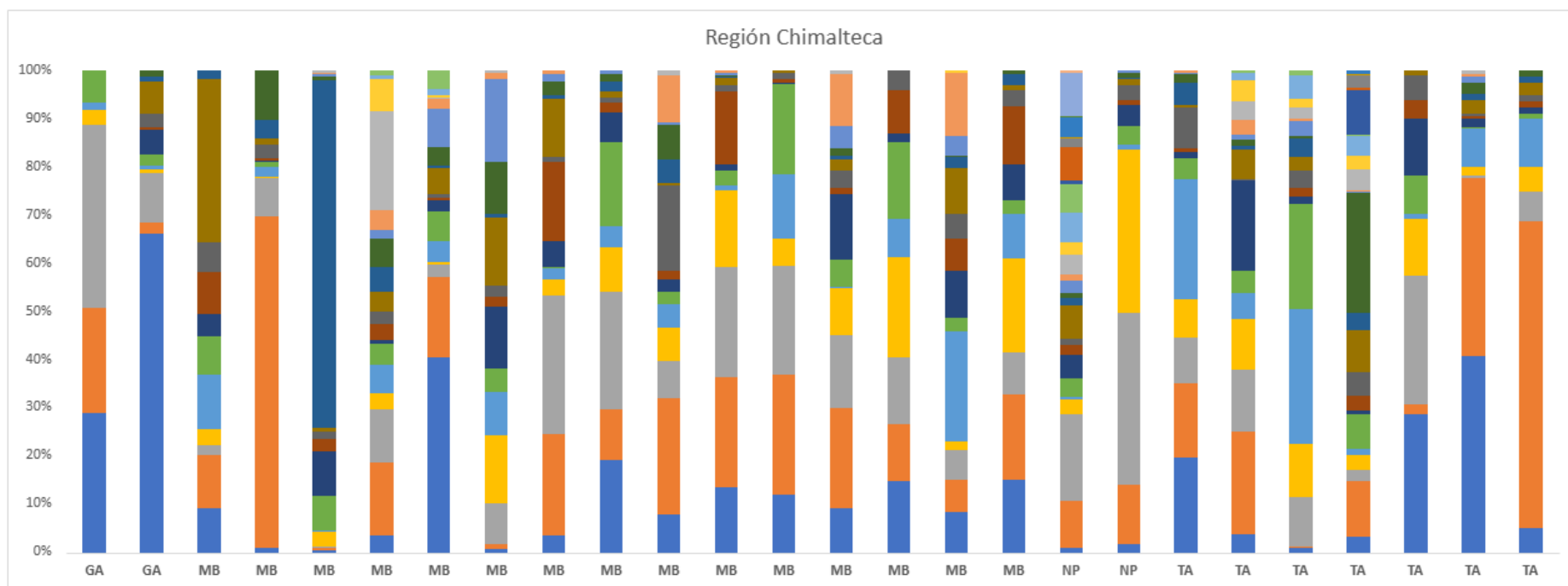


Figura 1. Frecuencia relativa de tipos polínicos en mieles de cuatro especies de abejas sin aguijón manejadas, en la región Chimalteca de Guatemala. Especies representadas: MB = *Melipona beecheii*, TA = *Tetragonisca angustula*, GA = *Geotrigona acapulconis* y NP = *Nannotrigona perilampoides*.

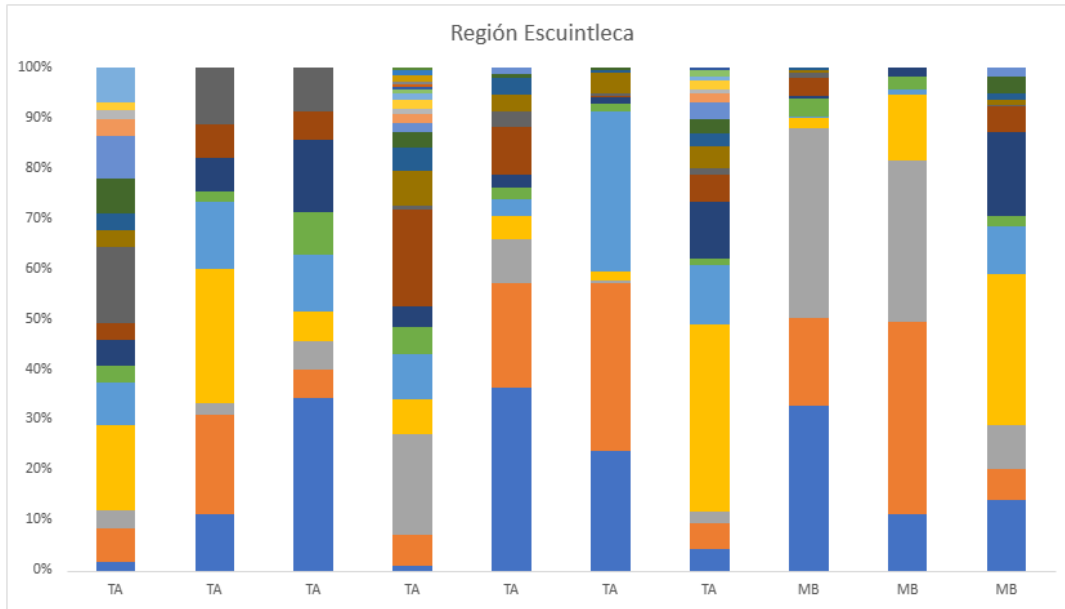


Figura 2. Frecuencia relativa de tipos polínicos en mieles de dos especies de abejas sin aguijón manejadas, en la región Escuintleca de Guatemala. Especies representadas: MB = *Melipona beecheii*, y TA = *Tetragonisca angustula*.

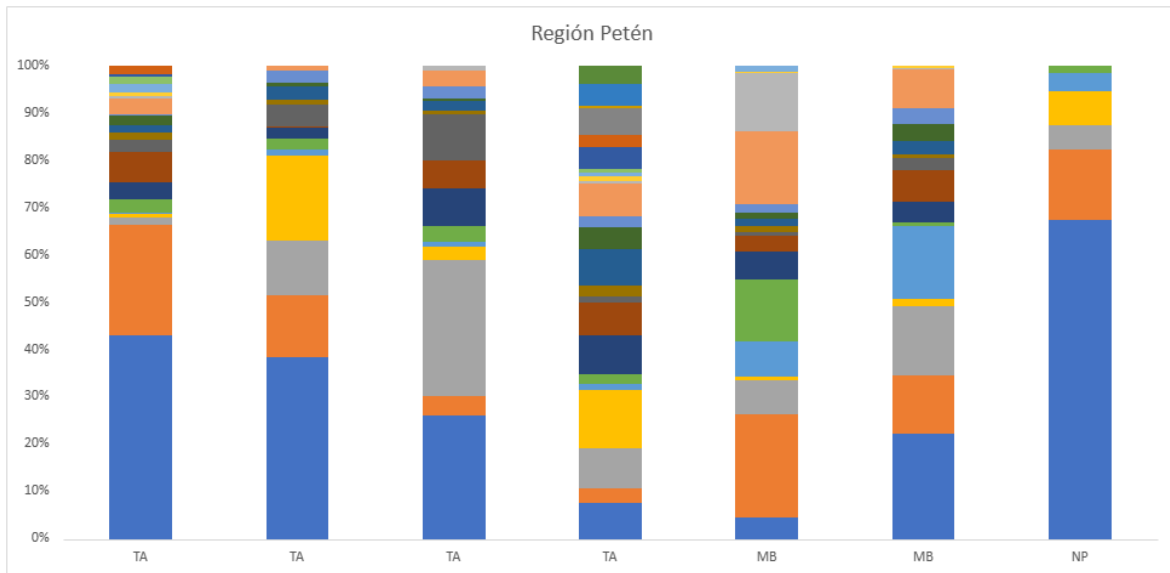


Figura 3. Frecuencia relativa de tipos polínicos en mieles de tres especies de abejas sin aguijón manejadas, en la región Petén de Guatemala. Especies representadas: MB = *Melipona beecheii*, TA = *Tetragonisca angustula* y NP = *Nannotrigona perilampoides*.

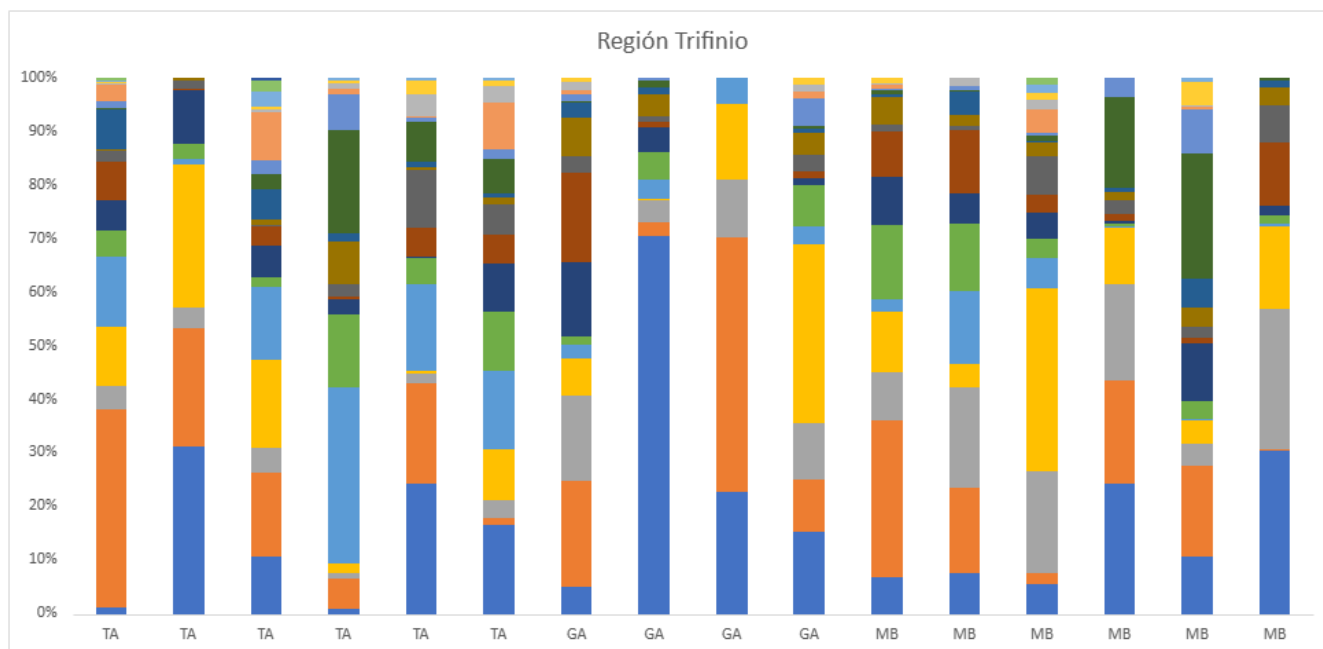


Figura 4. Frecuencia relativa de tipos polínicos en mieles de tres especies de abejas sin aguijón manejadas, en la región Trifinio de Guatemala. Especies representadas: MB = *Melipona beecheii*, TA = *Tetragonisca angustula* y GA = *Geotrigona acapulconis*.

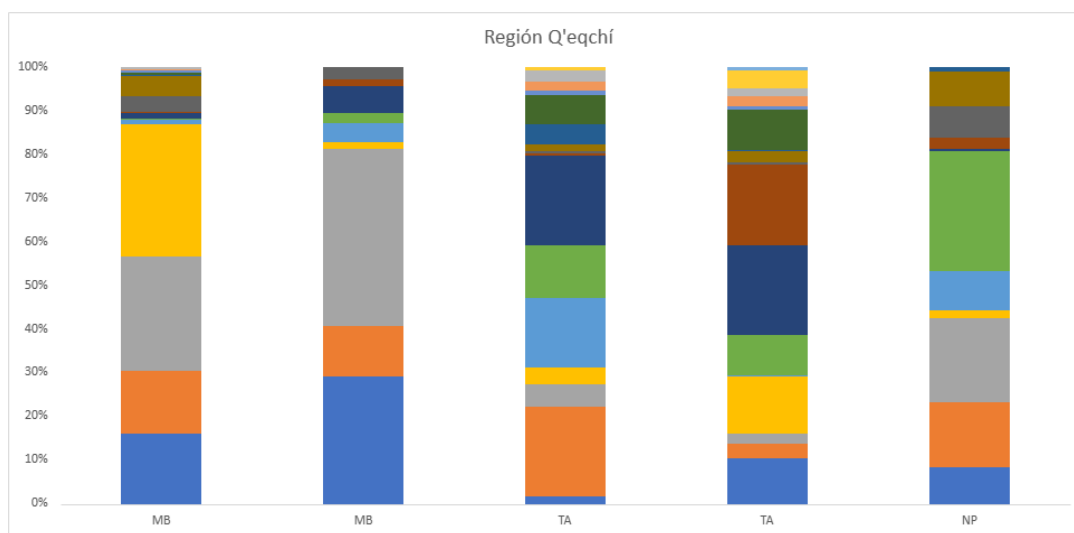


Figura 5. Frecuencia relativa de tipos polínicos en mieles de tres abejas sin aguijón manejadas, en la región Q'eqchi' de Guatemala. Especies representadas: MB = *Melipona beecheii*, y TA = *Tetragonisca angustula* y NA = *Nannotrigona perilampoides*.

Tabla 3

Diversidad y similitud ecológica de tipos polínicos en mieles de Melipona beecheii en cinco regiones geográficas de Guatemala.

Región	N	Riqueza cruda		Riqueza Chao-1		Diversidad Shannon		Equidad Pielou	
		\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
		CH	15	13.73	0.67	14.89	1.67	2.05	0.10
T	6	14.83	1.01	15.89	0.99	2.14	0.08	0.58	0.03
ESC	3	10.33	1.76	10.44	1.79	1.69	0.19	0.55	0.07
P	2	16.50	0.50	16.75	0.25	2.34	0.02	0.63	0.006
Q	2	12.00	3.00	15.74	0.99	1.71	0.09	0.48	0.075

Regiones representadas: CH = Chimalteca, T = Trifinio, ESC = Escuintleca, P = Petén y Q = Q'eqchi'. Se reporta el promedio (\bar{x}) y error estándar (SE) para cada métrica de diversidad y similitud ecológica. N = número de muestra. Al aplicar una prueba de hipótesis utilizando únicamente las regiones con N > 5, no se encontró diferencias significativas entre las medias de las cuatro métricas reportadas en la tabla (ANOVA de una vía, P > 0.5).

Tabla 4

Diversidad y similitud ecológica de tipos polínicos en mieles de Tetragonisca angustula en cinco regiones geográficas de Guatemala.

Región	N	Riqueza cruda		Riqueza Chao-1		Diversidad Shannon		Equidad Pielou	
		\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
		CH	7	15.57	1.62	17.28	1.60	2.04	0.15
T	6	16.33	1.30	19.46	2.96	2.19	0.13	0.57	0.04
ESC	7	14.71	2.10	15.08	2.04	2.19	0.24	0.67	0.08
P	4	18.25	2.32	18.50	2.39	2.23	0.24	0.54	0.09
Q	2	16.5	0.50	16.25	0.63	2.29	0.02	0.59	0.003

Regiones representadas: CH = Chimalteca, T = Trifinio, ESC = Escuintleca, P = Petén y Q = Q'eqchi'. Se reporta el promedio (\bar{x}) y error estándar (ES) para cada métrica de diversidad y similitud ecológica. N = número de muestra. Al aplicar una prueba de hipótesis utilizando únicamente las regiones con N > 5, no se encontró diferencias significativas entre las medias de las cuatro métricas reportadas en la tabla (ANOVA de una vía, P > 0.5).

Tabla 5

Diversidad y similitud ecológica de tipos polínicos en mieles de Geotrigona acapulconis en dos regiones geográficas de Guatemala.

Región	N	Riqueza cruda		Riqueza Chao-1		Diversidad Shannon		Equidad Pielou	
		\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
CH	2	9.00	3.00	9.00	3.00	1.38	0.04	0.50	0.18
T	4	12.50	2.60	12.75	2.63	1.78	0.26	0.56	0.11

Regiones representadas: CH = Chimalteca y T = Trifinio. Se reporta el promedio (\bar{x}) y error estándar (ES) para cada métrica de diversidad y similitud ecológica. N = número de muestra.

Tabla 6

Diversidad y similitud ecológica de tipos polínicos en mieles de Nannotrigona perilampoides en tres regiones geográficas de Guatemala.

Región	N	Riqueza cruda		Riqueza Chao-1		Diversidad Shannon		Equidad Pielou	
		\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE	\bar{x}	SE
CH	2	19.5	6.5	20.50	2.5	2.85	0.59	0.67	0.13
T	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ESC	1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

Regiones representadas: CH = Chimalteca, T = Trifinio y ESC = Escuintleca. Se reporta el promedio (\bar{x}) y error estándar (ES) para cada métrica de diversidad y similitud ecológica. N = número de muestra. NA = no aplica por insuficiente número de muestra.

11.2 Discusión de resultados

En su mayoría, la composición de los tipos polínicos en las mieles de las abejas fue variada. Se observó que la mayoría de los ensambles de pólenes están conformados por diversos tipos polínicos, formando ensambles con abundancias repartidas de manera similar entre las muestras observadas. Sin embargo, aunque fue menos frecuente, en algunas muestras se observó la dominancia de uno o pocos tipos. En los siguientes párrafos se discute más a fondo estos hallazgos.

Las especies de abeja *M. becheeii* y *T. angustula*, aportaron un mayor número de muestras entre las analizadas en el proyecto. A la vez, se contó con muestras de estas especies para las cinco regiones geográficas abarcadas en el proyecto. Para ambas especies, se observó que las mieles son

predominantemente multiflorales. Esto es debido a que la frecuencia relativa de un único tipo polínico no supera el 45% sobre los demás tipos de pólenes en las muestras analizadas (Fig. 1 y 2). De forma interesante, a pesar de que se contó con pocas muestras de mieles de *G. acapulconis* y *N. perilampoides*, sí se observaron mieles uniflorales. Esto quiere decir que un único tipo polínico es dominante, en más de 45% de frecuencia relativa, frente a los demás tipos (Córdova-Córdova et al., 2013). Este patrón sugiere que *M. becheii* y *T. angustula* elaboraron sus mieles durante una época floración de plantas vasta y diversa. El caso contrario podría estar ocurriendo para *G. acapulconis* y *N. perilampoides*, lo que puede indicar que en las regiones de donde provienen las mieles uniflorales las abejas dependen de un recurso de floración masiva. En menor medida, nuestros resultados también sugieren *M. becheii* y *T. angustula* elaboran sus mieles a partir de visitas a una composición variada de plantas, en comparación a *G. acapulconis* y *N. perilampoides*. No obstante, se requiere de estudios específicos para falsar esta hipótesis, lo que se encuentra más allá de los alcances de este proyecto.

En cuanto a las diferencias entre regiones para las mieles de cada especie de abeja, la mayor riqueza y diversidad de tipos polínicos en mieles de *M. becheii* en la región Petén sugieren un consumo más abundante de especies florales. En contraste, la región con la menor riqueza polínica para esta abeja fue la Escuintleca. De forma interesante, este resultado puede reflejar la diferencia en recursos florales que provee una región con áreas extensas dedicadas a la conservación de los ecosistemas, como es Petén (ver Sousa Pinto et al., 2021), en comparación con un área dedicada principalmente a monocultivos extensivos, como la región Escuintleca. En las regiones Chimalteca y Trifinio, las mieles de *M. becheii* presentaron una diversidad similar, un poco menor que en la región Petén

Un patrón similar se observó para las mieles de *T. angustula*, a pesar de que esta especie presentó la mayor riqueza y diversidad en todas las regiones. En cuanto a *G. acapulconis*, las mieles de la región Trifinio mostraron los valores de diversidad más alto, en comparación con la región Chimalteca, siendo que solamente se contó con muestras de estas dos regiones. Cabe mencionar que esta especie es sujeto de preocupación en cuanto a su estado de conservación en Guatemala, como lo reportado por Escobedo-Kenefic y colaboradores (2021), y su miel es difícil de conseguir debido a que anidan en el suelo, a varios metros de profundidad (Enríquez et al., 2005). Considerando lo

anterior, la obtención y análisis de muestras de esta especie resulta especialmente valioso y de interés para la conservación de esta especie.

En cuanto a *N. perilampoides*, es necesario mencionar que, aunque fue posible analizar muestras provenientes de tres regiones, de las regiones Trifinio y Chimalteca solamente se contó con una muestra. Por esta razón no fue posible calcular medidas de diversidad o comparar los resultados para esta especie entre regiones. En cualquier caso, para esta especie la región con mayor riqueza de tipos polínicos fue la Chimalteca.

Desde el punto de vista de cada región, para la Chimalteca, la miel de *N. perilampoides* presentó los mayores valores de riqueza, diversidad y equidad de tipos polínicos, a pesar de contarse con pocas muestras. En contraste, las mieles de *G. acapulconis* presentaron los valores más bajos de estas métricas, para la región. En la región Trifinio, la miel de *T. angustula* presentó la mayor riqueza de tipos polínicos y la miel de *G. acapulconis* volvió a presentar los valores más bajos en las métricas de diversidad. Para las regiones Escuintleca, Queqchí y Petén, solamente fue posible comparar la diversidad de tipos polínicos en la miel de *T. angustula* y *M. beecheii*. En concordancia con lo mencionado anteriormente, las mieles de *T. angustula* produjeron los valores más altos de en las métricas de diversidad para estas tres regiones. Otros estudios han reportado una mayor diversidad de recursos florales utilizados por abejas del género *Tetragonisca* en comparación con *Melipona*. Por ejemplo, da Silva Rodrigues y colaboradores (2019) proponen que esto pueda deberse a que, por tener un mayor rango de vuelo, las abejas del género *Melipona* puedan desplazarse más lejos para buscar recursos florales de su preferencia. Esto se reflejaría en un uso menos diverso de recursos florales.

En términos generales, al comparar entre los ensambles polínicos en las mieles de las distintas especies, la mayor riqueza esperada y diversidad fue reportada por *T. angustula*, seguida por *N. perilampoides* y *M. beecheii*, mientras que en las mieles de *G. acapulconis* se observó la menor riqueza esperada y diversidad de tipos polínicos. Sumando a esto, la similitud ecológica de los ensambles polínicos en las mieles de todas las abejas es moderada, es decir, la abundancia de los tipos polínicos presentes en las mieles no es homogénea. A nuestro conocimiento, este es el primer esfuerzo por documentar y comparar la diversidad y similitud ecológica del polen en mieles de abejas sin aguijón en Guatemala, y uno de los pocos trabajos en la región neotropical (da Silva Rodrigues et al., 2019; Gaona et al., 2019; Souza Pinto et al., 2021; Ocaña-Cabrera et al., 2022). Dejando este antecedente,

nuestros resultados sugieren que las abejas *T. angustula*, *N. perilampoides* y *M. becheiii* tienen un comportamiento poliléctico, esto al usar una gran variedad y diversidad de recursos florales durante la elaboración de la miel. Al contrario, se sugiere que la abeja *G. acapulconis* podría presentar un comportamiento menos poliléctico, esto al emplear una menor variedad y riqueza de recursos florales para la elaboración de la miel (Michener, 2007). Sin embargo, más investigación es necesaria para esclarecer esta hipótesis.

Cabe mencionar que para realizar esta investigación fijamos las láminas de polen en fresco, es decir, el polen no fue sometido a un proceso químico como la acetólisis (Erdtman, 1969), que permite una mejor visualización de las estructuras de la exina del polen, y también permite una mayor duración de las muestras al eliminar la mayoría de la materia orgánica. Se optó por este método en atención a que el rendimiento del sedimento de polen de las mieles fue escaso, y se prefirió no arriesgar las muestras al someterlas al proceso químico. Esto pudo haber limitado la calidad de la identificación de los tipos de granos de polen. Sin embargo, resaltamos que nuestros resultados contemplan la caracterización y descripción de los atributos ecológicos del polen en mieles de abejas sin aguijón con escasa información, como *N. perilampoides* y *G. acapulconis*, de distintas regiones geográficas de Guatemala. En el caso de *N. perilampoides*, esta abeja no está considerada como escasa (Escobedo-Kenefic et al., 2021) pero no es una abeja que suele cultivarse en los meliponarios, posiblemente debido a que la producción de miel es baja con relación a la de otras especies. Por su parte, *G. acapulconis* es una abeja escasa en su medio natural y no suele adaptarse a cajas tecnificadas para su crianza en meliponarios.

Finalmente, esta investigación es una de las pocas en la región documentando y comparando el polen de las mieles de abejas sin aguijón. En este sentido, los resultados de este proyecto están llenando un vacío de información en un área donde convergen la ecología de las abejas sin aguijón y la meliponicultura. Asimismo, los insumos y muestras obtenidas en esta investigación servirán de base para futuros estudios en los que se pueda profundizar en la identificación botánica de los tipos polínicos, y en el estudio de otros atributos ecológicos como análisis de similitud y de redes de interacción utilizando datos palinológicos.

11.2.1. Recomendaciones para el manejo de la vegetación asociada a meliponarios

Los resultados obtenidos en este estudio muestran que las mieles de las cuatro especies de abejas consideradas dentro de este estudio utilizan diversos recursos florales. En el caso de *T. angustula*, el polen de las mieles evidencia que para la elaboración de la miel fueron utilizadas entre 15 y 20 especies botánicas, *M. becheii* utilizó entre 7 y 18 especies, *N. perilampoides* entre 6 y 26, y *G. acapulconis* entre 5 y 16 (ver Apéndice C, Tabla 1A).

Sobre la base de estos hallazgos, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Mantener áreas de vegetación natural circundantes a los meliponarios. Para esto es necesario establecer un radio medido a partir del meliponario (área circular utilizando meliponario como centro) cuya longitud dependerá del tamaño de las especies de abejas presentes. Dentro de esta área (radio) se deberá dejar crecer las plantas naturales de la localidad, tanto hierbas como plantas leñosas, y no solamente especies cultivadas. El mantenimiento de la vegetación natural también implica evitar aplicación de herbicidas y otras técnicas de deshierbe. Asimismo, se deberá evitar la aplicación de otros agroquímicos, como insecticidas, sobre las flores que las abejas visitan dentro de dicho radio para evitar que las abejas se intoxiquen o lleven néctar y polen contaminado a sus colmenas.
2. El establecimiento del radio (distancia a partir del meliponario) en el cual se recomienda permitir el crecimiento de vegetación natural debe establecerse según el tamaño de la especie de abeja. Sobre la base de estudios del rango de vuelo de abejas manejadas (e. g. Roubik & Aluja, 1983), proponemos la guía que se presenta en el cuadro 1.

Cabe mencionar que lo anterior está basado en los rangos de vuelo que las abejas pueden alcanzar, pero siempre preferirán buscar alimento cerca de su colmena. Por esta razón, un radio menor al máximo recomendado (de unos 200 a 500 metros) podría ser suficiente si se procura la existencia de los recursos florales a través de la conservación de la flora natural en los alrededores del meliponario.

Cuadro 1.

Rangos de vuelo de las abejas sin aguijón, en función de su tamaño corporal.

Especies	Tamaño	Rango de vuelo
Grandes, por ejemplo: <i>Melipona beecheii</i> , <i>M. solani</i> ,	8-15 mm de longitud	2 km
Medianas, por ejemplo: los géneros <i>Trigona</i> y <i>Scaptotrigona</i>	5-7.5 mm de longitud	1.5 km
Pequeñas, por ejemplo: los géneros <i>Tetragonisca</i> , <i>Plebeia</i> y <i>Nannotrigona</i>	Menos de 5 mm	0.5-1 km

- Priorizar la vegetación herbácea nativa de la zona. Según otros estudios realizados por la Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad (e.g. Escobedo-Kenefic et al. 2020), así como lo reportado por otros autores (ver sección de estado del arte), las plantas herbáceas locales son una fuente de alimento frecuente de muchas abejas nativas sin aguijón. Entre las familias botánicas más reportadas se encuentran las familias Asteraceae y Fabaceae, a las cuales pertenece una gran cantidad de hierbas nativas de las distintas regiones de Guatemala, sin embargo, existen otras hierbas importantes pertenecientes a otras familias botánicas. A continuación, se listan algunos ejemplos plantas silvestres frecuentemente mencionadas en la literatura y que se encuentran de forma silvestre en el país, así como algunos de sus nombres comunes:

Cuadro 2.

Ejemplos de plantas silvestres utilizadas como recurso floral por las abejas nativas.

Familia	Género o especie	Nombres comunes
Asteraceae		
	<i>Senecio</i>	
	<i>Baccharis</i>	
	<i>Vernonia</i>	Suquinay
	<i>Dahlia</i>	Dalia
	<i>Tithonia</i>	Girasol de monte
	<i>Bidens</i>	Mozote
	<i>Melanthera</i>	Botón blanco
	<i>Perimenium grande</i>	Taxiscobo
	<i>Galinsoga</i>	Olla nueva
	<i>Taraxacum</i>	Amargón, diente de león, mishito
	<i>Verbesina</i>	
	<i>Simsia</i>	Flor amarilla
	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>	Chilca
Fabaceae		
	<i>Gliricida sepium</i>	Madrecacao, matarratón
	<i>Mimosa</i>	Mimosa, dormilona
	<i>Crotalaria</i>	Chipilín
	<i>Andira inermis</i>	
	<i>Caesalpinia</i>	
	<i>Senna</i>	
	<i>Diphysa americana</i>	Guachipilín

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Familia	Género o especie	Nombres comunes
Verbenaceae	<i>Lantana</i>	Cinco negritos
Malvaceae	<i>Sida</i>	Escobillo
	<i>Dombeya</i>	
	<i>Waltheria</i>	Escobillo blanco, mozote de caballo
Solanaceae	<i>Solanum</i>	Macuy, Hierbamora
Polygonaceae	<i>Antigonon leptopus</i>	Corona de reina, confite
Convolvulaceae	<i>Ipomoea</i>	Quebracajete, campanilla
Amaranthaceae	<i>Iresine</i>	Pie de paloma
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i>	Timboco, timboque
Lamiaceae	<i>Salvia</i>	Salvia
Namaceae/ Hydrophyllaceae/ Boraginaceae	<i>Wigandia urens</i>	Chocón

12 Referencias

- Absy, M. L., Camargo, J. M. F., Kerr, W.E., & Miranda, I. P. A. (1984). Espécies de plantas visitadas por Meliponinae (Hymenoptera; Apoidea), para coleta de pólen na região do médio Amazonas. *Revista Brasileira de Biologia*, 44, 227-237.
- Amaya-Marquez, M. (2009). Floral constancy in bees: A revision of theories and comparisons with other pollinators. *Revista Colombiana de Entomología*, 35(2), 206-216.
- Antonini, Y., Costa, R. G., & Martins, R. P. (2006). Floral preferences of neotropical stingless bee *Melipona quadrifasciata* Lepelletier (Apidae: Meliponina) in an urban forest fragment. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2a), 463-471. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000300012>
- Avendaño, C., Woodfill, B., Sánchez, S., Cowling, S., & Finkelstein, S. (2012). Paleoecología, etnografía, & Desarrollo Comunitario de la Región Nueve Cerros. In B. Arroyo & L. Méndez (Eds.), XXVI Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (Issue 2012, pp. 819–824).
- Ávila, R., Pérez, M., Cajás, J., & Morales, J. (2006). Análisis de la lluvia de polen y su relación con la vegetación natural: Estudio preliminar para la reconstrucción del paisaje local en la Reserva de Bosque Nuboso Chelemhá, Alta Verapaz, Guatemala (p. 94). Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYT.
- Ayala, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 106, 1-123.
- Balestieri, F. C. L. M., & Machado, V. L. L. (1998). Entomofauna visitante de Sibipiruna (*Caesalpinia peltophoroides* Benth) Leguminosae durante o seu período de floração. *Revista Brasileira de Entomologia*, 4(2-4), 547-554.
- Barrientos, M. (2006). *Atlas palinológico de las especies más abundantes de la sucesión vegetal en la Zona de Influencia de la Ecorregión Lachuá*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Behm F., von der Ohe K., Henrich W. (1996) Zuverlässigkeit der Pollenanalyse von Honig. Bestimmung der Pollenhäufigkeit, *Deutsche Lebensmittel-rundschau*, 92,183–187

- Biesmeijer, J. C., & Tóth, E. (1998). Individual foraging, activity level and longevity in the stingless bee *Melipona beecheii* in Costa Rica (Hymenoptera, Apidae, Meliponinae). *Insectes Sociaux*, 45, 427-443.
- Burjachs, F. (2006). Palinología y restitución paleoecológica. Ecosistemas. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 15(1), 7–16.
- Camargo, J. M. F., & Moure, J. S. (1996). Meliponini Neotropicasi; o gênero Geotrigona Moure, 1943 (Apinae, Apidae, Hymenoptera), com especial referência à filogenia e biogeografia. *Arquivos de Zoologia*, 33(3), 95-161
- Carabalí-Banguero, D., Montoya-Lerna, J., & Carabali-Muñoz, A. (2020). Cargas polínicas en entomofauna visitante floral de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass. *Caldasia* 2, 42(1), 105–114.
- Carvalho, C. A. L., Marques, O. M., & Sampaio, H. S. V. (1995). Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) em Cruz das Almas-Bahia: 1. Espécies coletadas em fruteiras. *Insecta*, 4(1): 11-17.
- Cockerell, T. D. A. (1904). IV Description and records of bees. *The Annals and Magazine of Natural History*, 14(7), 22-23.
- Cockerell, T. D. A. (1912). Description and records of bees –XLVI. *The Annals and Magazine of Natural History*, 10(8), 311-320.
- Cockerell, T. D. A (1928). Bees collected by Dr. W. M. Wheeler at flowers of *Triplaris*, *Psyche*, 35, 170-172.
- Cockerell, T. D. A (1949). Bees from Central America, principally Honduras. *Proceedings of the United States Natural Museum*, 98, 429-490.
- Córdova-Córdova, C. I., Ramirez-Arriaga, E., Martínez-Hernández, E., & Zaldívar-Cruz, J. M. (2013). Caracterización botánica de miel de abeja (*Apis mellifera* L.) de cuatro regiones del estado de Tabasco, México, mediante técnicas melisopalínológicas. *Universidad y ciencia*, 29(2), 163-178. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792013000200006&lng=es&tlng=es.
- Cortopassi-Laurino, M. (2005). A abelha jataí: uma espécie bandeira? (*Tetragonisca angustula* Latreille, 1881), *Mensagem Doce*, 80, 34-38.
- Crane, P. R., Frills, E. M., & Pedersen, K. R. (1995). The origin and early diversification of angiosperms. *Science*, 374, 27-33.

- Da Silva, C. I., Nunes Radaeski, J. N., Nicolosi Arena, M. V., & Bauermann, S. G. (2020). *Atlas of pollen and plants used by bees*. Consultoria Inteligente em Serviços Ecosistêmicos-CISE, Rio Claro, São Paulo. 256 pp.
- Da Silva Rodrigues, C, Ferasso, D. C., Mossi, A. J., & Ceni Coelho, G. (2020). Pollen resources partitioning of stingless bees (Hymenoptera: Apidae) from the southern Atlantic Forest. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 42, 1-9. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v42i1.48714>
- Engel, M. S., & Dingemans-Bakels, F. (1980). Nectar and pollen resources for stingless bees (Meliponinae, Hymenoptera) in Surinam (South America). *Apidologie*, 11(4): 341-350.
- Enríquez, E., & Dardón, M. J. (2006). Caracterización de la Miel de Meliponinos de Distintas Regiones Biogeográficas de Guatemala (Inf-2006-027). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Enríquez, E., & Maldonado, C. (2008). Miel de abejas nativas de Guatemala (Inf-2008-079). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Enríquez, E., Monroy, C., & Solis, A. (2001). Situación actual de la meliponicultura de Pueblo Nuevo Viñas, Santa Rosa, Guatemala. Trabajo presentado en II Seminario mexicano sobre abejas sin aguijón. Realizado por Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Depto. de Apicultura, en Mérida, Yucatán, México.
- Enríquez, E., Yurrita, C., Aldana, C., Ocheíta, J., Jáuregui, R., & Chau, P. (2005). Conocimiento tradicional acerca de la biología y manejo de las abejas nativas sin aguijón en Chiquimula. *Revista Agricultura*, 69, 27-30.
- Enríquez, E., Yurrita, C. L., Dardón, M. J., Armas, G., Vásquez, M., & Escobedo, N. (2014). *Manual de Meliponicultura. Biología y Reproducción de Abejas Nativas sin Aguijón*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Erdtman, G. (1969). *Handbook of palynology. An introduction to the study of pollen grains and spores*. Hafner Publishing Co., New York. 486 p.
- Escobedo-Kenefic, N., Escobar, D., Martínez-López, O., Casiá-Ajché, Q., Cardona, E., & Enríquez, E. (2021). Evaluación preliminar del estado de conservación de cinco especies de abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de importancia económica y cultural en Guatemala,

- según los criterios de la Lista Roja de la UICN. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Guatemala.
- Escobedo-Kenefic, N., Landaverde-González, P., Theodorou, Cardona, E., Dardón, M. J., Martínez, O., & Domínguez, C. A. (2020). Disentangling the effects of local resources, landscape heterogeneity and climatic seasonality on bee diversity and plant-pollinator networks in tropical highlands. *Oecologia*, *194*, 333–344. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04715-8>
- Escobedo, N. (2010). *Estacionalidad del uso del Polen de Cardamomo (Elettaria cardamomum) por la Apifauna (Himenoptera: Apoidea) de la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- EURECNA (2014). Perfil comercial miel. Dirección de planeamiento, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Gobierno de Guatemala.
- Freitas, B. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Medina, L. M., Peixoto Kleinert, A. M., Galetto, L., Nates-Parra, G., & Quezada-Euán, J. G. (2009). Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. *Apidologie*, *40*, 332-246. <https://doi.org/10.1051/apido/2009012>
- Fuentes y Guzmán, F. A., (ca. 1643-1699 o 1700). Historia de Guatemala: o Recordación Florida / Escrita el Siglo XVII por el Capitán D. Francisco Antonio de Fuentes y Guzmán; que fue publicado por vez primera con notas e ilustraciones D. Justo Zaragoza. Madrid: L. Navarro, 1882-1883.
- Gaglianone, M. C. (2000). Biología floral de especies simpátricas de Malvaceae e suas abelhas visitantes. *Biociências*, *8*(1): 13-31.
- Gaona, F. P., Guerrero, A., Guzmán, E., & Espinoza, C. I. (2019). Pollen resources used by two species of stingless bees (Meliponini) in a Tropical Dry Forest of Southern Ecuador. *Journal of Insect Science*, *19*(6):22; 1-5. <https://doi.org/10.1093/jisesa/iez125>
- Grimaldi, D. (1999). The co-radiation of pollination insect and angiosperms in the Cretaceous. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, *86*(2), 373-406. <https://doi.org/10.2307/2666181>
- Guimarães, J. T. F., Costa, L., Zappi, D. C., Junior, W. F. B., da Silva Lopes, K., de Oliveira Alves, R. C., ... & Barth, O. M. (2019). Melissopalynology reveals the foraging preferences of the stingless bee *Melipona seminigra pernigra* Moure & Kerr 1950 (Apidae: Meliponini) in cangas of Serra dos Carajás, southeastern Amazonia. [Preprint] 11 de octubre de 2019. <https://www.preprints.org/manuscript/201910.0134/v1>

- Guzmán, V. H. (2016). Diagnóstico de la cadena de miel: identificación de cadenas productivas y su potencial, acceso a mercados, en la zona del proyecto: Proyecto Paisajes Productivos Resilientes al Cambio Climático y Redes Socioeconómicas Fortalecidas en Guatemala. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Harvey, W., Nogué, S., Stansell, N., Adol, C., Long, P., & Willis, K. (2020). A palynological perspective on the impacts of European contact: Historic deforestation, ranching and agriculture surrounding the Cuchumatanes Highlands, Guatemala. *Vegetation History and Archaeobotany*, 30, 395–408. <https://doi.org/10.1007/s00334-020-00790-2>
- Heithaus, E. R. (1979). Flower visitation records and resource overlap of bees and wasps in northwest Costa Rica. *Brenesia*, 16, 9-52. <http://www.theplantlist.org/1.1/browse/A/>
- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, A. F., Castañeda-Vildózola, A., & Gazit, S. (1999). Avocado (*Persea Americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 137-143.
- Johnson, L. K., & Hubbell, S. P. (1975). Contrasting foraging strategies and coexistence of two bee species on a single resource. *Ecology*, 56, 1398-1406.
- Jones G. D., & Bryant, V.M. (1996). Melissopalynology. In Jansonius J., & McGregor D., C. *Palynology: principles and applications*. Dallas: American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 933–938.
- Kristy, G. (2017). Beekeeping from Antiquity through the middle ages. *Annual Review of Entomology*, 62(1), 249-264. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-031616-035115>
- Li, H. T., Yi, T. S., Gao, L. M., Ma, P. F., Zhang, T., Yang, J. B., Gitzendanner, M. A., Frislich, P. W., Cai, J., Luo, Y., Wang, H., van der Bank, M., Zhang, S. D., Wang, Q. F., Wang, J., Zhang, Z. R., Fu, C. N., Yang, J., Hollingsworth, P. M., ... & Li, D. Z. (2019). Origin of angiosperms and the puzzle of the Jurassic gap. *Nature Plants*, 5, 461-470. <https://doi.org/10.1038/s41477-019-0421-0>
- Lopes, A. V., & Machado, I. C. (1998). Floral biology and reproductive ecology of *Clusia nemorosa* (Clusiaceae) in northeastern Brazil. *Plant Systematics and Evolution*, 213, 71-90.
- Meléndez-Ramírez, V., Magaña-Rueda, S., Parra-Tabla, V., Ayala, R., & Navarro, J. (2002). Diversity of native bee visitors of cucurbit crops (Cucurbitaceae) in Yucatán, México. *Journal of Insect Conservation*, 6, 135-147.

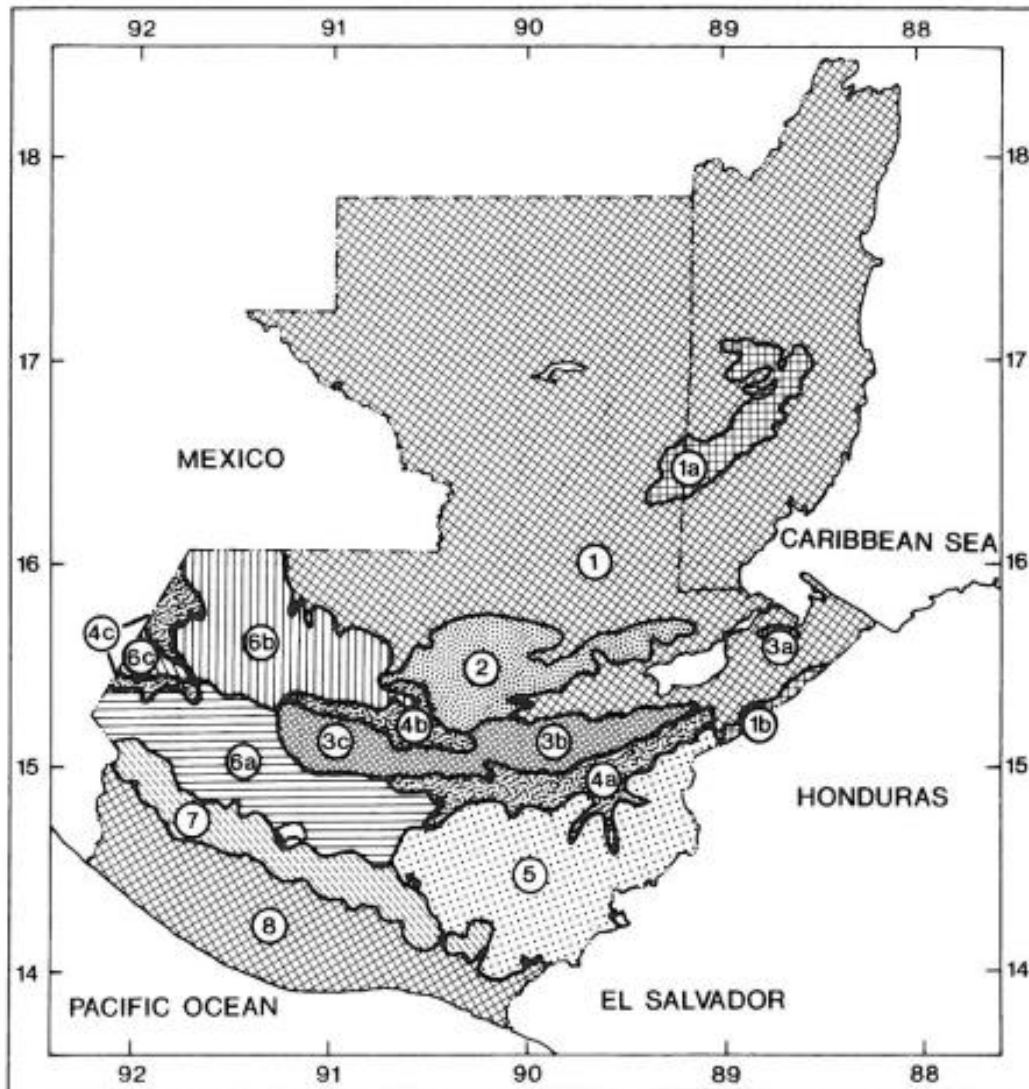
- Michener, C. (1946). Notes on the habits of some panamanian stingless bees (Hymenoptera, Apidae). *Journal of New York Entomological Society*, 54(3), 179-197.
- Michener, C. (2000). *The bees of the world*. Estados Unidos: Johns Hopkins University press.
- Michener, C. (2007). *The bees of the world*, Second Edition. Baltimore: The John Hopkins University Press.
- Mondragón, A. (2006). Caracterización morfológica de la exina del polen de siete especies del género *Sterculia* L. *Bioagro*, 18(3), 139–143.
- Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120, 321-326.
- Ocaña-Cabrera, J. S., Liria, J., Vizúete, K., Cholota-Iza, C., Espinoza-Zurita, F., et al. (2022) Pollen preferences of stingless bees in the Amazon region and southern highlands of Ecuador by scanning electron microscopy and morphometry. *PLOS ONE* 17(9): e0272580. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0272580>
- Paris, H. E., Briseño Castrejon, V., Walker, D. S., & Peraza Lope, C. (2020). The origins of Maya stingless beekeeping. *Journal of Ethnobiology*, 40(3), 386-405. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-40.3.386>
- Pedro, S. R. M., & Camargo, J. M. F. (1991). Interactions on floral resources between the africanized honey bee *Apis mellifera* L. and the native bee community (Hymenoptera: Apoidea) in a natural "cerrado" ecosystem in southeast Brazil. *Apidologie*, 22, 397-415
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Newman, P., Schweiger, O., & Kuin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*. 25, 345-353.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (18 de junio de 2021). Objetivos de desarrollo sostenible. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Quezada-Euán, J. (2018). *Stingless bees of Mexico: The biology and conservation of an ancient heritage*. Cham: Springer.
- Quesada-Euán, J. J. G., Nates-Parra, G., Maués, M. M., Imperatriz-Fonseca, V. L., Roubik, D. W. (2018). Economic and cultural values of stingless bees (Hymenoptera: Meliponini) among ethnic group of tropical America. *Sociobiology*, 65(4), 534-537. <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v65i4.3447>

- Regal, L. (1977). Ecology and evolution of flowering plant dominance. *Science*, 196(4290), 622-629.
doi: <https://doi.org/10.1126/science.196.4290.622>
- Roubik, D. W. (1981). Comparative foraging behavior of *Apis mellifera* and *Trigona corvina* (Hymenoptera: Apidae) on *Baltimora recta* (Compositae). *Revista de Biología Tropical*, 29(2): 177-183.
- Roubik, D. W. (1989). *Ecology and natural history of tropical bees*. Estados Unidos: Cambridge, University press.
- Roubik, D. W., & Aluja, M. (1983). Flight Ranges of *Melipona* and *Trigona* in Tropical Forest. *J Kans Entomol Soc*, 56(2):217-222
- Roubik, D. W., Enrique Moreno, J., Vergara, C., & Wittmann, D. (1986). Sporadic food competition with the African honey bee: projected impact on neotropical social bees. *Journal of Tropical Ecology*, 2, 97-111.
- Ruiz-Sanchez, E., Peredo, L. C., Santacruz, J. B., & Ayala-Barajas, R. (2017). Bamboo flowers visited by insects: do insects play a role in the pollination of bamboo flowers? *Plant Systematics and Evolution*, 303, 51–59. <https://doi.org/10.1007/s00606-016-1351-1>
- Schuster, J., & Bonis, S. (2008). Biodiversidad de Guatemala en relación con su II. historia geológica y biogeografía. In C. Azurdia, F. García, & M. Ríos (Eds.), *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (pp. 21–54). Consejo Nacional de Áreas Protegidas – CONAP, Oficina Técnica de Biodiversidad.
- Silveira-Silveira, R. (1991). La planta de miel o *Lipia* (*Lippia virgata*). Una extranjera que llegó para quedarse. *U T'an Yik'el Kab*, 2, 10-11.
- Slaa, E. J., Sánchez Chavez, L. A., Malagodi-Braga, K. S., & Hofstede, F. E. (2006). Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, 37, 293-315.
- Soltis, P. S., Folk, R. A., & Soltis, D. E. (2019). Darwin review: angiosperm phylogeny and evolutionary radiations. *Proceedings of the royal society B*, 286, 20190099. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2019.0099>
- Sousa Pinto, R., Corrêa Rêgo, M. M., & Correia De Albuquerque, P. M. (2021). Honey pollen spectra of two species of stingless bee (Apidae: Meliponini) in Lencóis Maranhenses National Park, Brazil. *Grana*, 60:3, 217-230. doi: 10.1080/00173134.2020.1821088

- Stuart, L. C. (1943). Taxonomic and geographic comments on Guatemalan salamanders of the genus *Oedipus*. *Miscellaneous Publication Museum of Zoology*. University of Michigan 56. <https://hdl.handle.net/2027.42/56301>
- Toledo, V. A. A., Fritzen, A. E. T., Neves, C. A., Ruvolo-Takasusuki, M. C. C., Sofia, S. H., & Terada, Y. (2003). Plants and pollinating bees in Maringá, state of Paraná, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(4): 705-710
- Von der Hoe, W., Persano Odd, L., Piana, M. L., Morlot, M., & Martín, P. (2004). Harmonized methods of melissopalynology. *Apidologie*, 35, S18-125.
- Weaver, N., & Weaver, E. C. (1981). Beekeeping with the stingless bee *Melipona beecheii*, by the yucatecan maya. *Bee World*, 62(1), 7-19.
- Wille, A. (1963). Behavioral adaptations of bees for pollen collecting from Cassia flowers. *Revista de Biología Tropical*, 11(2), 205-210.
- Wille, A. (1976). Las abejas Jicotes del género *Melipona* (Apidae: Meliponini) de Costa Rica. *Revista Biología Tropical*, 24, 123-147.
- Wille, A., Orozco, E., & Raabe, C. (1983). Polinización del chayote *Sechium edule* (Jacq.) Swartz en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 31(1), 145-154.
- Ximénez, F. 1967 [1722]. *Historia natural del reino de Guatemala*. Compuesta por el reverendo padre predicador general Fray Francisco Ximénez, de la Orden de Predicadores escrita en el pueblo de Sacapulas en el año de 1722. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra.
- Yurrita, C., & Vásquez, M. (2013). Taxonomy and distribution of stingless bees in Guatemala. En P., Vit, S., Pedro, & D., Roubik. (Eds.), *Pot-Honey: a legacy of stingless bees* (pp. 100-111). Nueva York, Estados Unidos: Springer, New York. USA.
- Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4(1), 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>
- Żrałka, J., & Hermes, B. (2014). Excavation in Nakum structure 99: new data on Protoclassic rituals and Precolumbian Maya beekeeping. *Estudios de Cultura Maya*, 44(44), 85-117. [https://doi.org/10.1016/S0185-2574\(14\)71396-6](https://doi.org/10.1016/S0185-2574(14)71396-6)

13 Apéndice

A. Regiones biogeográficas de Guatemala extraído de Campbell y Vanini, 1989.



B.

Figura 1A. Mapa de las regiones (áreas de fauna) de Guatemala delimitadas por Campbell y Vanini (1989). 1 = Petén, 2 = Q'equchi', 3 = Sierra, 4 = Zacapaneca, 5 = Jalapaneca, 6 = Huehuetenango, 7 = Fuego (Volcánica), 8 = Escuintleca.

C. *Tabla 1A.*

Datos obtenidos de las observaciones y conteos de granos de polen por cada muestra de miel incluida en el estudio.

Región	Especie	Código Lámina	S (Polen)	Promedio <i>n/S</i>	SD	Diversidad <i>H'</i>
CH	GA	92.A	6	50.67	46.17	1.417
CH	GA	122.A	12	26.42	58.57	1.333
CH	MB	79.A	11	28.09	27.56	2.082
CH	MB	82.A	12	25.42	58.91	1.226
CH	MB	80.A	15	21.73	59.92	1.146
CH	MB	81.A	18	6.56	6.10	2.625
CH	MB	100.A	18	17.44	30.12	2.074
CH	MB	90.A	15	20.20	18.21	2.313
CH	MB	78.A	14	22.64	28.45	2.029
CH	MB	101.A	13	23.77	24.62	2.113
CH	MB	114.A	15	16.27	16.18	2.324
CH	MB	111.A	14	23.14	28.65	1.954
CH	MB	103.A	10	30.10	29.15	1.826
CH	MB	57.A	15	21.67	20.36	2.313
CH	MB	60.A	9	11.22	6.06	2.09
CH	MB	106.A	15	17.06	15.91	2.406
CH	MB	108.A	12	24.75	19.56	2.193
CH	NP	124.A	26	13.12	13.71	2.858
CH	NP	56.A	13	23.69	38.47	1.679
CH	TA	127.A	14	20.93	23.10	2.115
CH	TA	18.A	17	12.17	13.84	2.393
CH	TA	46.A	18	17.44	24.21	2.257
CH	TA	49.A	23	13.74	17.36	2.612
CH	TA	91.A	10	10.10	10.27	1.908
CH	TA	61.A	15	21.07	41.87	1.554
CH	TA	55.A	12	6.67	14.14	1.48
ESC	MB	27.A	11	28.27	43.30	1.513
ESC	MB	28.A	7	16.43	17.43	1.477
ESC	MB	54.A	13	24.00	26.52	2.094
ESC	TA	19.A	17	3.47	2.62	2.736
ESC	TA	24.A	9	5.00	3.64	2.05
ESC	TA	77.A	9	3.89	3.22	2.083
ESC	TA	71.A	24	12.46	16.17	2.614

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

Región	Especie	Código Lámina	S (Polen)	Promedio n/S	SD	Diversidad H'
ESC	TA	47.A	13	20.31	26.74	2.015
ESC	TA	25.A	12	26.75	42.12	1.53
ESC	TA	30.A	19	12.47	19.81	2.295
P	MB	3.A	17	19.82	21.21	2.369
P	MB	62.A	16	22.00	23.07	2.311
P	NP	2.A	6	56.00	85.17	1.084
P	TA	4.A	20	15.65	32.16	1.976
P	TA	7.A	14	22.00	32.43	1.923
P	TA	12.A	15	21.47	28.55	2.115
P	TA	11.A	24	12.58	9.65	2.932
Q	MB	10.A	15	21.07	32.13	1.81
Q	MB	32.A	9	34.33	43.49	1.614
Q	NP	30.A	11	29.55	27.65	2.018
Q	TA	86.A	16	19.19	21.64	2.263
Q	TA	26.A	17	20.94	23.23	2.311
T	GA	39.A	16	19.44	20.38	2.311
T	GA	38.A	13	22.92	56.43	1.285
T	GA	97.A	5	42.40	35.51	1.361
T	GA	7.A	16	19.44	26.24	2.183
T	MB	36.A	16	20.31	24.69	2.2
T	MB	37.A	13	19.93	17.48	2.234
T	MB	4.A	18	18.22	27.20	2.252
T	MB	2.A	13	24.00	27.63	1.963
T	MB	42.A	17	18.53	20.27	2.36
T	MB	40.A	12	26.00	32.96	1.825
T	TA	9.A	18	20.00	31.53	2.125
T	TA	99.A	10	30.40	36.51	1.675
T	TA	1.A	19	17.32	17.40	2.521
T	TA	35.A	17	17.71	26.22	2.109
T	TA	38.A	17	18.18	22.77	2.206
T	TA	41.A	17	15.53	13.32	2.51

S = riqueza (número de palinomorfos por muestra), promedio n/S = promedio de granos de polen contados de cada palinomorfo, SD = desviación estándar.

MB = *Melipona beechei*, GA = *Geotrigona acapulconis*, TA = *Tetragonisca angustula*, NP = *Nannotrigona perilampoides*

CH = Región chimalteca: Quiché, Sacatepéquez, Guatemala, Santa Rosa, Jutiapa

ESC = Región escuintleca: zonas de costa de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla

P = Región Petén: Petén incluye Izabal

Q = Región Q'eqchi': Alta Verapaz y Baja Verapaz

T = Región Trifinio: Parte de Chiquimula

D. Fotografías que ejemplifican los morfotipos polínicos encontrados en muestras de miel de las especies de abejas estudiadas.

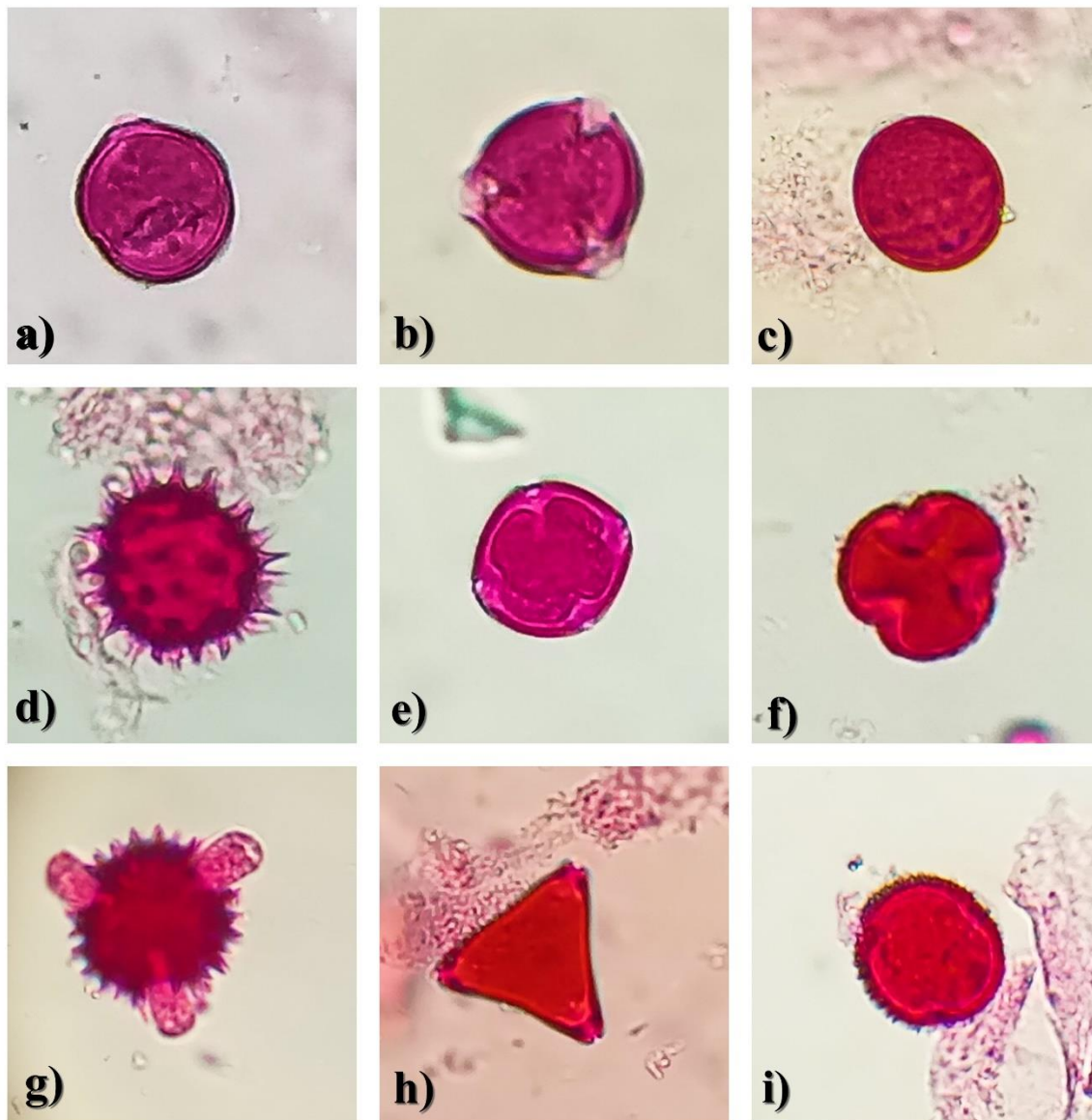


Figura 2A. Algunos tipos de polen encontrado en miel de *Melipona beecheii* Bennett, 1831. a), b) y c) Palinomorfos procedentes de la región Chimalteca (CH), d), e) y f) Palinomorfos procedentes de la región Trifinio (T), g) Palinomorfo procedente de la región Escuintleca (E), h) Palinomorfo procedente de la región Petén (P), i) Palinomorfo proveniente de la región Q'eqchi (Q).

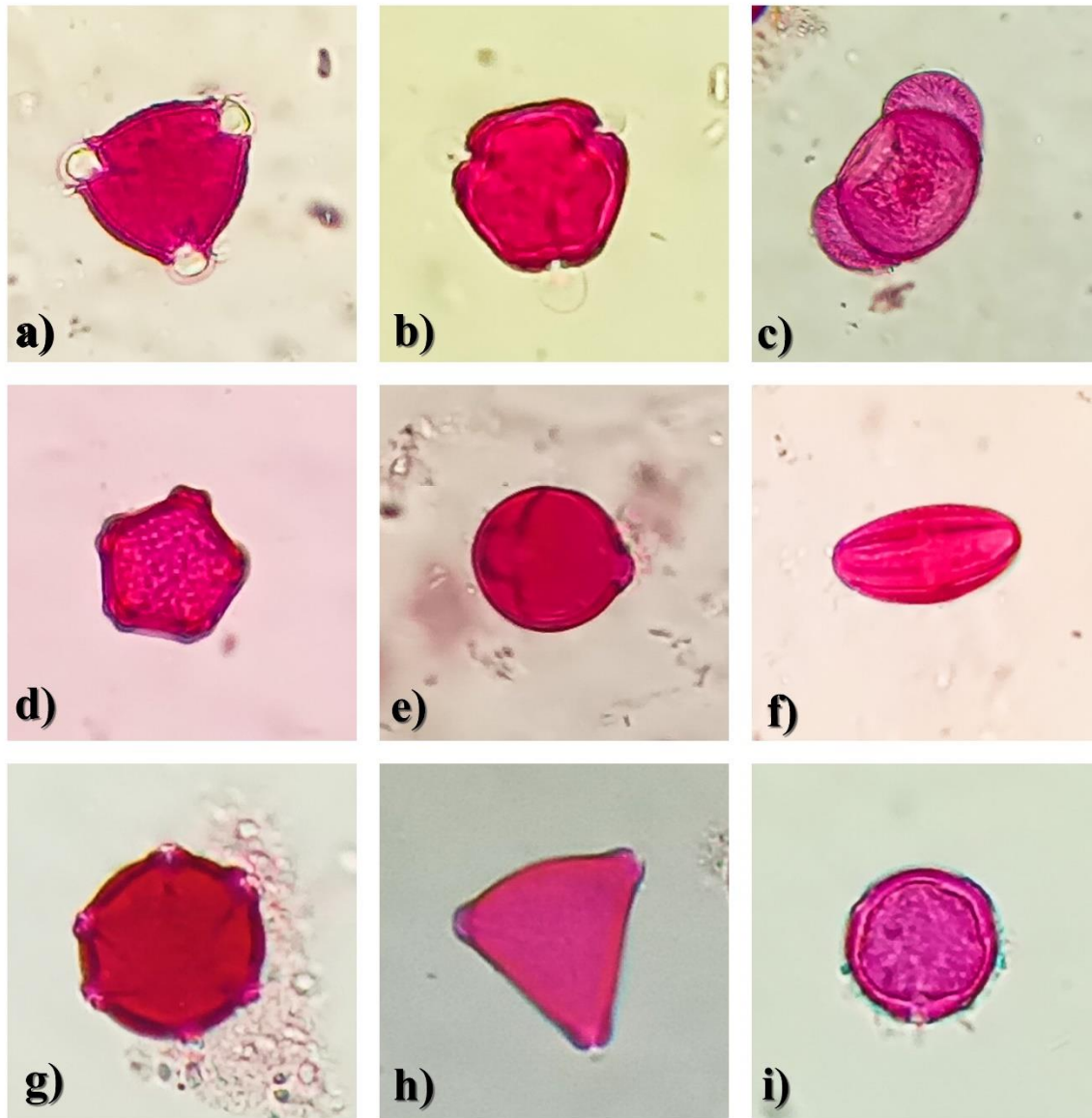


Figura 3A. Algunos tipos de polen encontrado en miel de *Tetragonisca angustula* (Latreille, 1811). a) y b) Palinomorfos procedentes de la región Chimalteca (CH), c) Palinomorfo procedente de la región Trifinio (T), d), e), f) y g) Palinomorfos procedentes de la región Escuintleca (E), h) Palinomorfo procedente de la región Petén (P), i) Palinomorfo procedente de la región Q’eqchi (Q).

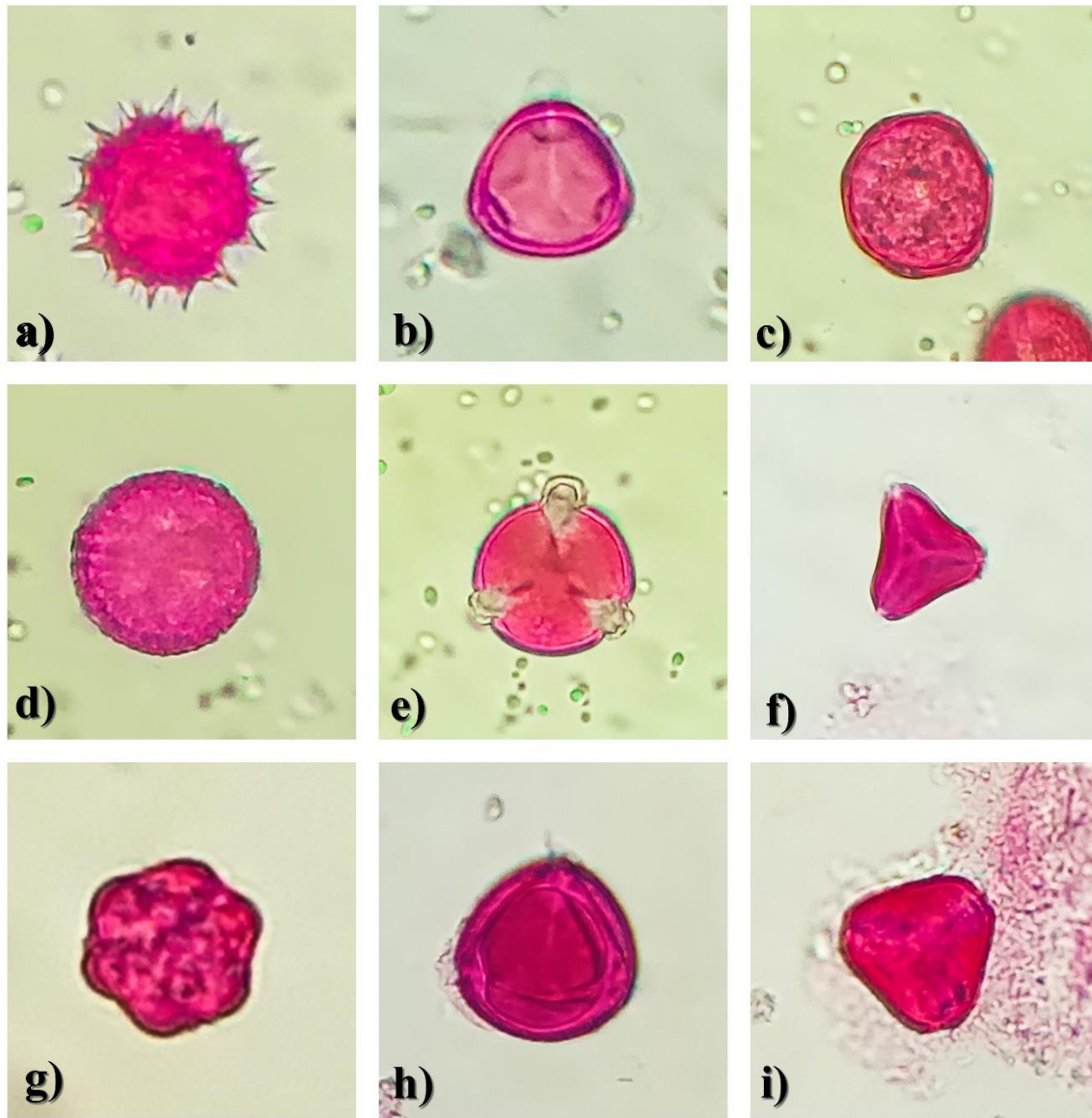


Figura 4A. Algunos tipos de polen encontrado en miel de *Nannotrigona perilampoides* (Cresson, 1878). a), b), c), d), e) y f) Palinomorfos procedentes de la región Chimalteca (CH), g) Palinomorfo procedente de la región Petén (P), h) & i) Palinomorfos procedente de la región Q'eqchi (Q).

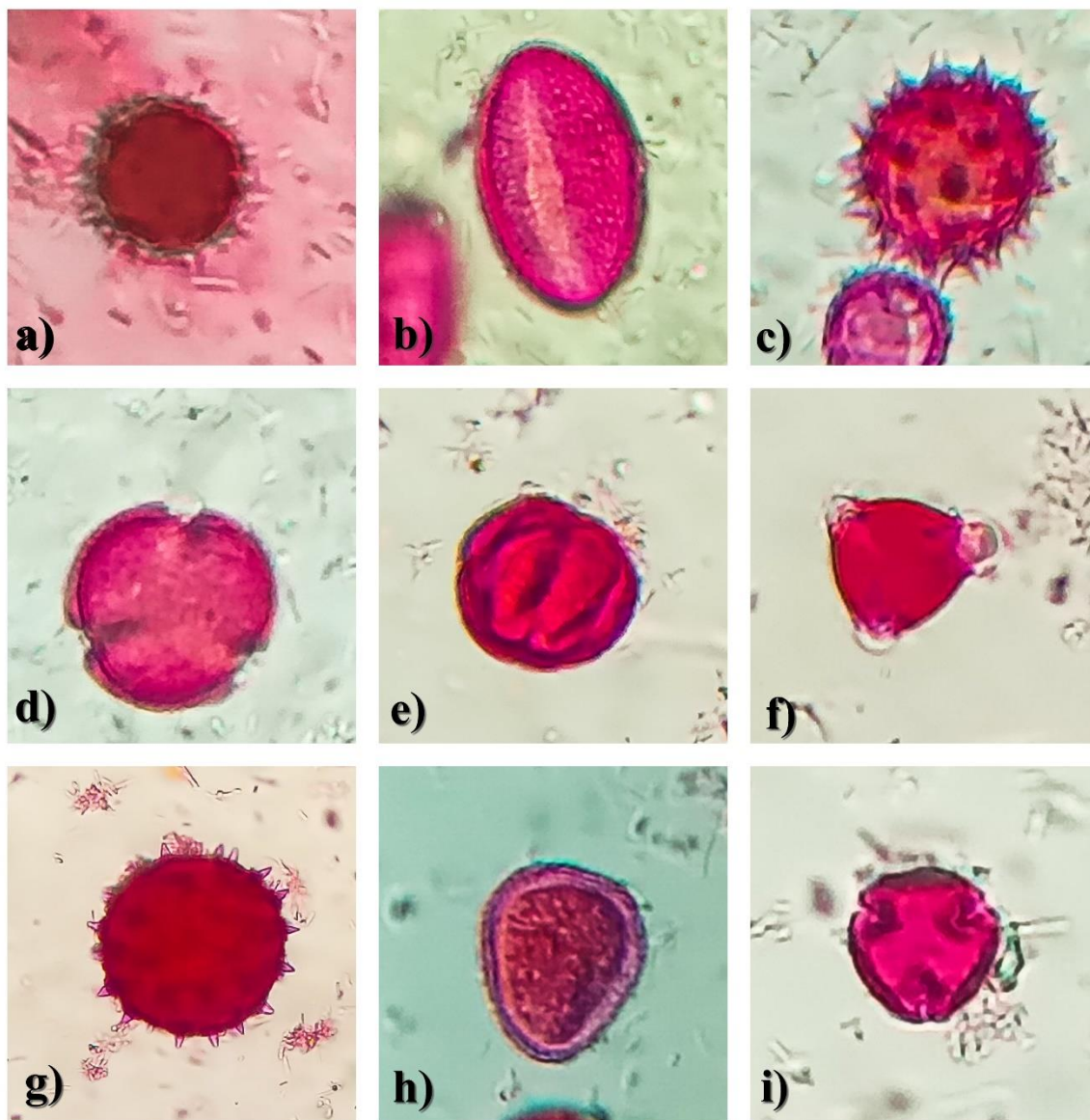


Figura 5A. Algunos tipos de polen encontrado en miel de *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1919). a), b), c) y d) Palinomorfos procedentes de la región Chimalteca (CH), e), f), g), h) & i) Palinomorfos procedente de la región Trifinio (T).

E. Taller de socialización y retroalimentación

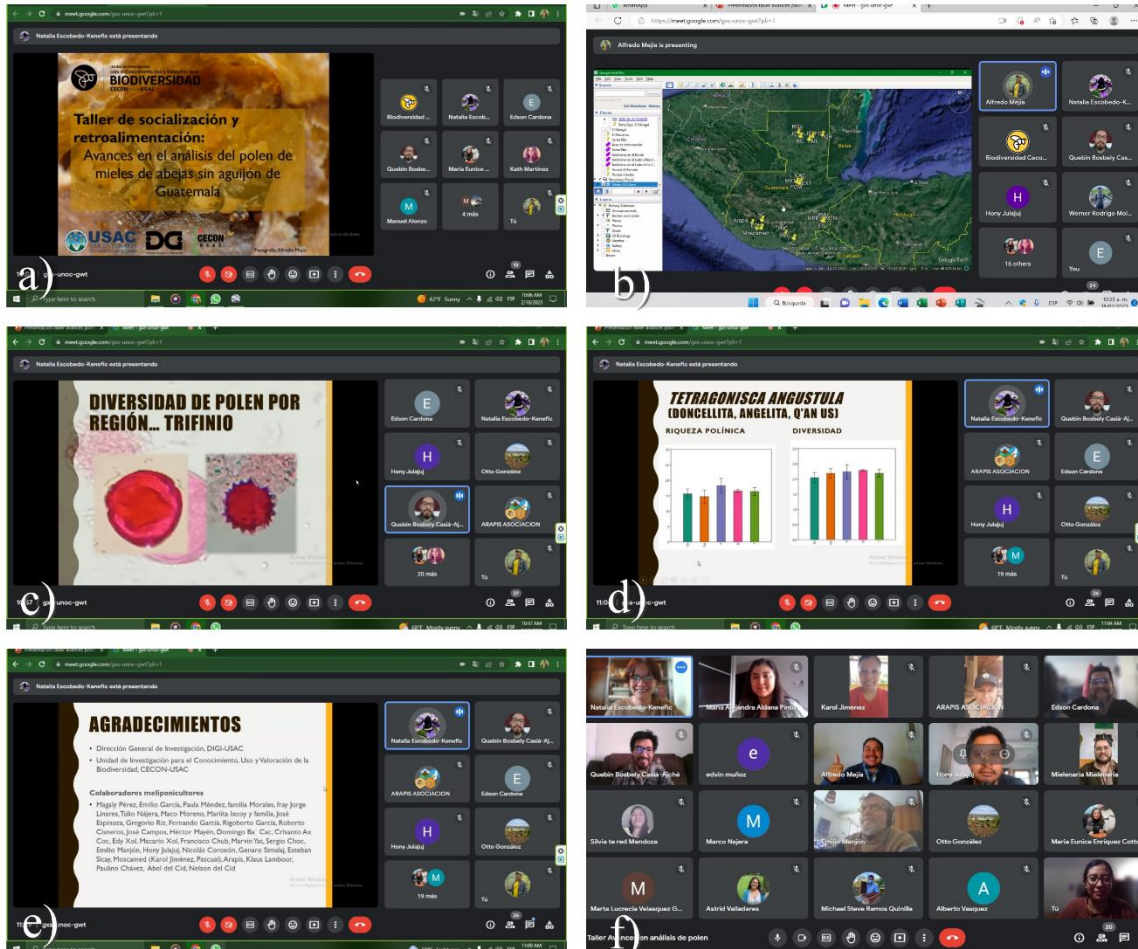


Figura 6A. Capturas de pantalla durante el “Taller de Socialización y Retroalimentación. a) Dra. Natalia Escobedo Kenefic en el uso de la palabra brindando palabras de bienvenida y aspectos generales del proyecto DIGI B-18 2022, b) El Ing. Agr. Alfredo Mejía exponiendo sobre la fase de campo en términos de alcance y colecta de muestras de miel, c) El colaborador del proyecto Quebin Casiá exponiendo sobre el proceso en general llevado a cabo en laboratorio, d) y e) Dra. Natalia Escobedo Kenefic exponiendo sobre aspectos de la diversidad de polen encontrado y los agradecimientos respectivamente, f) Captura de pantalla al finalizar la actividad con los meliponicultores y representantes de entidades asistentes.

F. Ejemplos de esquemas utilizados para caracterizar morfotipos.

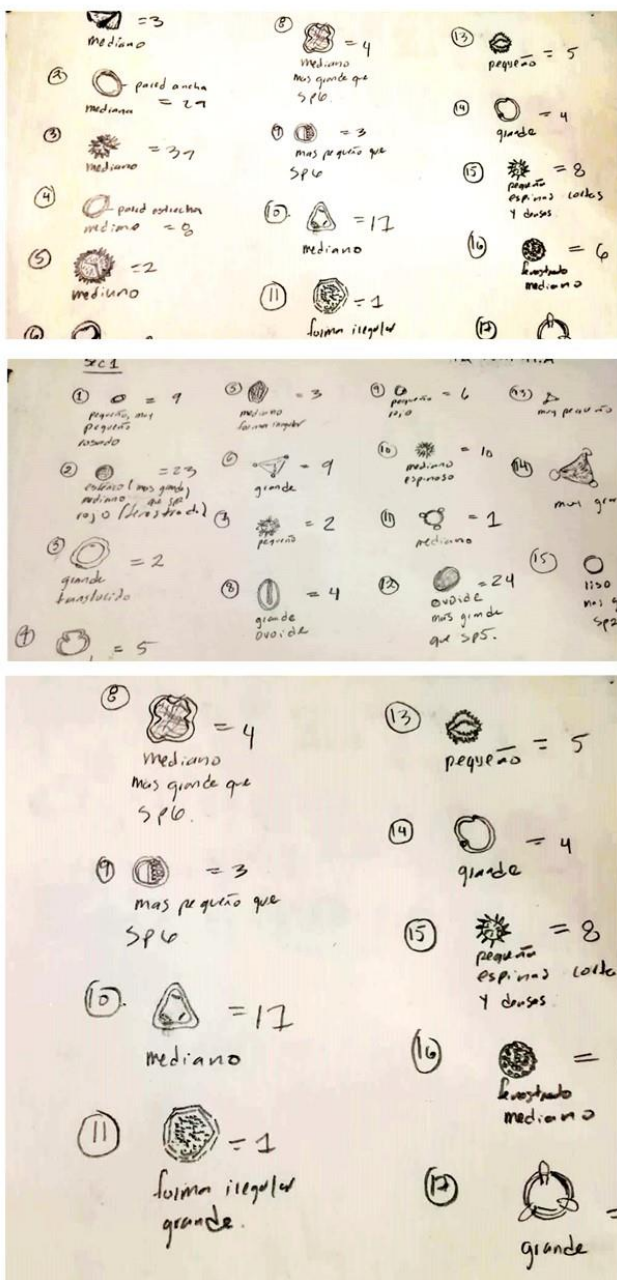


Figura 7A. Ejemplos de esquemas realizados para caracterizar y clasificar los morfotipos polínicos. Se realizó un esquema similar para cada muestra analizada.

G. Resolución de trámite de la solicitud de colecta de licencia para colecta de abejas y sus productos derivados, y el expediente entregado durante el 2022.



GOBIERNO de
GUATEMALA
DR. ALEJANDRO CIAMMITTEI

CONSEJO NACIONAL
DE ÁREAS PROTEGIDAS




**VENTANILLA ÚNICA DEL CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS,
CONAP. QUINTA AVENIDA SEIS GUION CERO SEIS ZONA UNO, EDIFICIO
IPM, SEXTO NIVEL.-----**

Guatemala, 03 de Octubre del año 2022

RESOLUCIÓN DE TRÁMITE No. 131/2022.

I) Con el formulario de solicitud que antecede y documentos adjuntos, inicie la formación del expediente respectivo de la SOLICITUD DE LICENCIA DE INVESTIGACIÓN Y COLECTA presentado por MARIA EUNICE ENRIQUEZ COTTON II) Se tienen por presentados los documentos relacionados descritos en el formulario de solicitud. III) Cumplidos todos los requisitos se admite para su trámite la SOLICITUD DE LICENCIA DE INVESTIGACIÓN Y COLECTA ante CONAP denominada "DISTRIBUCION E HISTORIA NATURAL DE LAS ABEJAS NATIVAS DE GUATEMALA" IV) El presente expediente se identifica con el número **2022-77185** se trasladan 1 expediente original, con **22** folios incluyendo la presente. V) El solicitante está de acuerdo a recibir notificaciones electrónicas para que el Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP- pueda requerir cualquier ampliación que sea necesaria relacionada con la solicitud presentada, euniceenriquez@profesir.usac.edu.gt VI) Concluido el trámite de revisión, remítase el expediente a la DIRECCIÓN DE VALORACION Y CONSERVACION DEL LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA del Consejo Nacional de Áreas Protegidas. VII) NOTIFÍQUESE-----


Luisa Fernanda Muñoz Paiz
Ventanilla Única




Usuario

14 Aspectos éticos y legales (si aplica)

Se gestionó una licencia de colecta para abejas y productos derivados, por medio del proyecto “Distribución e Historia Natural de las Abejas Nativas de Guatemala” (ver Apéndice G).

15 Vinculación

Durante la realización de este proyecto se logró ampliar la red de meliponicultores de la Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad. Se estableció contactos con personas individuales (meliponicultores) y empresas que tienen interés en el cultivo, aprovechamiento y/o conservación de las abejas nativas sin aguijón. Asimismo, se fortaleció la comunicación y colaboración con entidades como Agrocadena Apícola, Moscamed, y empresas como Arapis y especialmente con la cooperativa Chikach. Durante las visitas a las personas o entidades se distribuyó material educativo elaborado por la Unidad, y también gracias a ellos fue posible ampliar la red de contactos, en beneficio de futuras colaboraciones académicas.

16 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Se realizó una actividad divulgativa en la que se socializó los resultados del proyecto con meliponicultores y actores de las entidades y empresas que colaboraron el proyecto, y estuvo abierta para cualquier persona interesada en el tema. La actividad consistió en una reunión por videoconferencia utilizando la plataforma Google Meet. La actividad se divulgó por medio de los grupos en redes sociales y listados de contactos.

Durante la actividad se presentaron los resultados alcanzados durante el proyecto, se dio una descripción del trabajo realizado y se tuvo un segmento sobre perspectivas donde se solicitó la participación de los asistentes. Se procuró un espacio para la conversación y aportes por parte de los

asistentes, así como sugerencias. Asimismo, se plantearon y pusieron a consideración opciones para la realización de futuras actividades (Apéndice E).

17 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

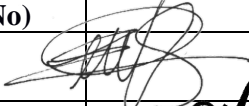

Por medio de los aportes de esta investigación al conocimiento de la biología y ecología de 4 especies de abejas sin aguijón que son manejadas y aprovechadas en Guatemala, se espera que aporte a los siguientes objetivos:

- **Objetivo 3:** Hambre cero, al aportar al conocimiento de la biología de cuatro especies de insectos con potencial para proveer alimento y recursos económicos a las familias, especialmente en el interior del país.
- **Objetivo 4:** Salud y bienestar, ya que los productos de la colmena de las especies estudiadas constituyen alimentos de alto valor nutritivo y con potencial en usos medicinales.
- **Objetivo 10:** Reducción de las desigualdades, ya que aporta información útil para el manejo de las abejas sin aguijón, que es una actividad que puede ser realizada en familia, y constituye una potencial fuente de ingresos para mujeres.
- **Objetivo 12:** Producción y consumo responsable, al aportar al conocimiento de la ecología de cuatro especies de abejas sin aguijón, lo cual puede ser utilizado para promover prácticas sustentables en la meliponicultura.
- **Objetivo 15:** Vida de ecosistemas terrestres, ya que contribuye al conocimiento de la biología de las cuatro especies de abejas incluidas, y por lo tanto constituye insumos que pueden ser utilizados en planes de manejo y otras actividades a favor de su conservación. Asimismo, por tratarse de insectos polinizadores nativos, su conservación es primordial para el mantenimiento de los ecosistemas naturales.

Informe final proyecto de investigación 2022


Dirección General de Investigación –DIGI-

18 Orden de pago final (incluir únicamente al personal con contrato vigente)

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Natalia Escobedo Kenefic	Investigadora (Coordinadora)	20070196	Sí	
Osbel Alfredo Mejía Coroy	Investigador	20191263	Sí	



19 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

Dra. Natalia Escobedo Kenefic Nombre del coordinador del proyecto de investigación	 Firma
Fecha: 28/02/2023	

20 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.


Vo.Bo. Dra. María Eunice Enríquez Cotton Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	  Dra. María Eunice Enríquez Cotton Directora Firma
Fecha: 28/02/2023	

Informe final proyecto de investigación 2022

Dirección General de Investigación –DIGI-

21 Visado de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. M. Sc. Andrea Rodas Coordinadora del Programa Universitario de Investigación</p>	 Firma
<p>Fecha: 28/02/2023</p>	

<p>Vo.Bo. Ing. Agr. Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación</p>	 Firma <small>Ing. MARIANO Julio Rufino Salazar Pérez Coordinador General de programas de Investigación, Digi-Usac</small>
<p>Fecha: 28/02/2023</p>	