



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

INSTITUTO DE CIENCIAS

CENTRO DE AGROECOLOGÍA

MAESTRÍA EN MANEJO SOSTENIBLE DE AGROECOSISTEMAS

TESIS

Para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Manejo Sostenible de Agroecosistemas

“Influencia del manejo y la disponibilidad de alimentos en la salud de colmenas de
Scaptotrigona mexicana en la región de la Sierra Norte de Puebla”

PRESENTA

Ing. Brandon García Rodríguez

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Osvaldo Eric Ramírez Bravo

ASESORES

Dr. Jesús Francisco López Olguín

Dr. Daniel Jiménez García

Dr. Héctor Bernal Mendoza

Dr. Daniel Dzul Uuh

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi esposa Laura y mi familia, por su apoyo incondicional y motivación constante a lo largo de este proceso. A mis asesores en especial al Dr. Osvaldo Eric Ramírez Bravo, por su guía académica y sus valiosas recomendaciones que enriquecieron este trabajo. A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, al Centro de Agroecología y a SECIHTI, por la formación y el respaldo brindado para desarrollar este estudio. A mis amigos y colegas, en especial a Toño por su apoyo y palabras de ánimo en los momentos más desafiantes. A los meliponicultores participantes, por compartir su conocimiento y colaboración. Finalmente, a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a la culminación de este proyecto.

Índice General

Índice de Tablas.....	5
Índice de Figuras.....	6
Resumen.....	7
I. Introducción.....	8
II. Antecedentes.....	11
III. Marco teórico.....	12
IV. Justificación.....	14
V. Metodología.....	16
5.1. Área de Estudio.....	16
5.1.1. Análisis estadístico.....	19
5.2. Identificación la flora melífera circundante a los meliponarios de <i>S. mexicana</i>	19
5.2.1. Trabajo de campo.....	19
5.2.2. Técnicas de laboratorio.....	20
5.2.3. Análisis estadístico.....	22
5.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de <i>S. mexicana</i> en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.	24
5.3.1. Examen clínico.....	24
5.3.2. Inspección externa.....	24
5.3.3. Análisis estadístico.....	26
VI. Resultados.....	26
6.1. Caracterización el manejo de producción de miel en las colmenas de <i>S. mexicana</i>	26
6.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de <i>S. mexicana</i>	30
6.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de <i>S. mexicana</i> en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.	34
VII. Discusión.....	37
7.1. Caracterización del manejo de producción de miel en las colmenas de <i>S. mexicana</i>	37
7.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de <i>S. mexicana</i>	40
7.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de <i>S. mexicana</i> en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.	42
VIII. Conclusiones.....	47
8.1. Caracterización del manejo de producción de miel en las colmenas de <i>S. mexicana</i>	47
8.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de <i>S. mexicana</i>	47

8.3.	Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de <i>S. mexicana</i> en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.	48
IX.	Recomendaciones	49
X.	Literatura Citada	50
XI.	Anexos	58

Índice de Tablas

Tabla 1. Especies de abejas sin aguijón más notables en México.....	10
Tabla 2. Coordenadas de los meliponarios en estudio.	18
Tabla 3. Descripción de las especies más representativas.....	30
Tabla 4. Resumen de perfiles de diversidad basado en los meliponario de muestreo.....	34
Tabla 5. Análisis clínico de los meliponarios en estudio.....	61
Tabla 6. Polen identificado en los meliponarios estudiados.....	62

Índice de Figuras

Figura 1. Área Natural Protegida, Cuenca Hidrológica del Río Necaxa en el Estado de Puebla, México.....	16
Figura 2. Localización de los puntos de estudio.	18
Figura 3. Aplicación de entrevistas a meliponicultores.	26
Figura 4. Gráfica de frecuencia de los motivos por los cuales se iniciaron los meliponicultores. ...	27
Figura 5. Gráfica de frecuencia de los meses del año donde es cosechan la miel y floraciones importantes según los meliponicultores.	28
Figura 6. Enemigos naturales de la <i>S. mexicana</i>	29
Figura 7. Granos de polen de los principales tipos polínicos: A) <i>Bursera simaruba</i> , B) <i>Pimenta dioica</i> , C) <i>Conostegia xalapensis</i> , D) <i>Chamaedorea sp</i> , E) <i>Diphysa americana</i>	31
Figura 8. Especies que comparten los meliponarios de estudios.	32
Figura 9. Análisis comparativo de los índices de diversidad entre las muestras.....	33
Figura 10. Piquera de <i>S. mexicana</i>	34
Figura 11. Distribución de la fortaleza por meliponario.	35
Figura 12. Distribución del peso manual por meliponario.....	35
Figura 13. Distribución de torales de polen por colmenas y meliponario.....	36
Figura 14. Distribución de torales de miel por colmenas y meliponario.	36

Resumen

Se evaluó la influencia del manejo y la disponibilidad de alimentos sobre la salud de colmenas de *Scaptotrigona mexicana* en la Sierra Norte de Puebla, durante 2024. El estudio se realizó en tres meliponarios ubicados en el Área Natural Protegida Cuenca Hidrológica del Río Necaxa. Se aplicaron entrevistas a 20 meliponicultores, se realizó análisis melisopalinológico de muestras de miel y evaluación clínica de 32 colmenas. El 92% de las colmenas son tecnificadas, con una producción anual promedio de 0.53 L/colmena, destinada principalmente al autoconsumo. Entre los factores limitantes identificados estuvieron el uso de agroquímicos, la variabilidad climática y la presencia de *Pseudohyocera kerteszi*. El análisis polínico reveló diferencias en la diversidad floral: el meliponario “Las Palmas” presentó 25 tipos polínicos ($H'=2.33$) y el dos, 17 ($H'=1.45$), con dominancia de *Chamaedorea* sp. La mayor riqueza floral se asoció con una mejor uniformidad de pecoreo. En la inspección clínica, el 53.13% de las colmenas fueron clasificadas como “Fuerdes” y el resto como “Medianas”, sin registros de colmenas “Ligeras” ni depredadores relevantes. Los resultados muestran que una mayor diversidad y disponibilidad de recursos florales favorece la salud y productividad de *S. mexicana*, aportando bases para estrategias de manejo sostenible y conservación de esta especie en la región.

I. Introducción

La polinización es un servicio ecosistémico esencial, ya que es, un factor clave para el mantenimiento de la vida vegetal y, por tanto, la estabilidad de muchos entornos naturales (Daily, 2013; IPBES, 2016). En este sentido, los polinizadores juegan un papel importante en el mantenimiento de la biodiversidad (Potts *et al.*, 2010). En general, el papel de los polinizadores se ha destacado por su aporte en la polinización de cultivos de interés humano, tanto para consumo, medicinal o estético, ya que mejoran significativamente la calidad del fruto (Garibaldi *et al.*, 2017). En este sentido, se estima que la fertilidad de alrededor del 75% de los cultivos del mundo depende de la polinización (Kremen *et al.*, 2007).

Entre los polinizadores más estudiados del ecosistema están las abejas (Greenleaf *et al.*, 2007; Kremen *et al.*, 2007; Ollerton, 2017), pertenecientes al orden Hymenoptera, cuyo número global se estima en 20,000 especies (Plant y Paulus, 2016). La mayoría de estas abejas llevan un estilo de vida solitario, y alrededor del 5% de ellas forman comunidades más complejas, entre las que destacan las abejas del género *Apis*, por ejemplo, la abeja *Apis mellifera*. *Linnaeus mellifera*, 1758, así como abejorros y abejas sin aguijón o abejas meliponinos.

Más del 40% de la superficie de la Tierra, excluidas las zonas glaciares, ha sido transformada por la intervención humana, especialmente con fines agrícolas (Ellis *et al.*, 2010). En ambientes alterados, muchos polinizadores enfrentan desafíos debido a la falta de alimentos o recursos para anidar. Lázaro y Tour (2018) detallan cómo la pérdida y fragmentación del hábitat perjudica a diferentes grupos de polinizadores, destacando impactos significativos en los agroecosistemas donde algunas especies pueden encontrar recursos, pero a costa de la exposición a diversos productos químicos agrícolas.

Aunado a esto, las poblaciones de polinizadores presentan diferentes amenazas debido a la destrucción de su hábitat, la contaminación, el cambio climático y las enfermedades (Kearns *et al.*, 1998; Steffan-Deventer *et al.*, 2005; Potts *et al.*, 2010; Sosenski y Domínguez, 2018). Esto ha generado la llamada “crisis de la polinización”, que se caracteriza por la extinción masiva de colonias de *A. mellifera* en Europa y Estados Unidos, así como por la disminución de otros polinizadores tales como las abejas nativas (IPBES, 2016).

Los polinizadores enfrentan múltiples amenazas derivadas del uso de agroquímicos en los sistemas agrícolas. Entre ellos, los insecticidas representan un riesgo directo, ya que tienen

la capacidad de afectar el sistema nervioso de las abejas, provocando su muerte. Botías y Sánchez-Bayo (2018) señalan que estos compuestos pueden ingresar al organismo de los polinizadores por diversas vías: contacto directo con aerosoles o partículas suspendidas en el aire, superficies vegetales tratadas, o por ingestión de polen, néctar y agua contaminados.

Asimismo, otros agroquímicos como los fungicidas y herbicidas también generan efectos negativos. Los primeros alteran la microflora esencial para la salud de las abejas, mientras que los segundos reducen la disponibilidad de recursos florales, limitando así su nutrición (Bartomeus y Bosch, 2018).

Además, el cambio climático también está afectando a estos de forma directa; por ejemplo, el tiempo de actividad de muchas especies de abejas ha aumentado aproximadamente dos semanas en comparación con hace 50 años esto debido a las temperaturas extremas de los últimos años, precipitaciones y sequías anormales (Bartomeus *et al.*, 2011), y el área de distribución geográfica de los abejorros ha disminuido significativamente en Europa y Estados Unidos, esto como resultado de la disminución de plantas que florecen a causa del estrés climático (Kerr *et al.*, 2015).

Por otro lado, en el caso de las regiones tropicales y subtropicales, se distribuyen diferentes especies de abejas sin aguijón, también conocidas como meliponinos. Estas abejas se encuentran desde México hasta Argentina, incluidas varias islas del Caribe y se pueden encontrar en una variedad de altitudes, desde el nivel del mar hasta los 4,000 msnm (Nates *et al.*, 2013).

Taxonómicamente, las abejas sin aguijón pertenecen a la Familia Apidae, Tribu Meliponini, y se han identificado aproximadamente 552 especies de abejas nativas (Gruter, 2020). Estas abejas exhiben una variedad de comportamientos biológicos, desde celptobiosis hasta diferentes hábitos de anidación y recolección de recursos, lo que significa que el manejo y crianza de cada especie puede variar mucho dependiendo de sus características específicas (Reyes, 2013).

En el contexto mexicano, se encontró que el 85% de 316 especies de cultivos dependían de los polinizadores y, al menos, el 60% de ellas eran alta o moderadamente dependientes de estas especies (Ashworth *et al.*, 2009). A pesar de esta importancia, para muchas especies de

plantas de interés humano o económico, la comprensión de los sistemas de polinización y la identificación de los polinizadores sigue siendo limitada. En México las abejas sin aguijón se asocian principalmente con las regiones tropicales y los registros históricos y actuales de su manejo se centran en las áreas del sureste, golfo y la costa del Pacífico, sin embargo, hay una escasez notable de investigaciones sobre la distribución de las especies de este grupo (Ayala *et al.*, 2013; Yurrita *et al.*, 2017; Arnold, 2018; Contreras-Escareño *et al.*, 2019).

Su manejo y cuidado se realiza en diversas regiones, un bagaje cultural o tradicional respecto a otras regiones tales como en la península de Yucatán, la sierra nororiental de Puebla y la región totonaca de Veracruz, donde las especies principales son la *Melipona beecheii* y la *Scaptotrigona mexicana* (González y De Araújo, 2005; Guzmán *et al.*, 2011).

Entre los trabajos existentes cabe destacar la revisión de la distribución de especies de meliponinos de Ayala (1999), el análisis de patrones de distribución de 11 especies en México y Centroamérica de Yurrita *et al.*, (2017), y muestras específicas de Contreras-Escareño *et al.*, (2019), describiendo diferentes especies de meliponinos en Jalisco con 9 especies y Oaxaca con 35 especies (Arnold, 2018).

Los datos recopilados en GBIF (2020) incluyen 46 especies que se encuentran en México, siendo las especies más notables con cerca de 100 registros cada una de las que se muestran en la Tabla 1. Sin embargo, la mayoría de las especies cuentan con menos de 50 registros.

Tabla 1. Especies de abejas sin aguijón más notables en México.

<i>Nombres Científicos</i>	
<i>Especies</i>	<i>Nannotrigona perilalampoides</i> Cresson, 1878
<i>más</i>	<i>Trigona Fulviventris</i> Guérin-Méneville, 1844
<i>notables</i>	<i>Partamona bilineata</i> Say, 1837
	<i>Frieseomelitta nigra</i> Cresson, 1878
	<i>Melipona beecheii</i> Bennett, 1831
	<i>Plebeia frontalis</i> Friese, 1911
	<i>Scaptotrigona pectoralis</i> Dalla Torre, 1896
	<i>Scaptotrigona mexicana</i> Guérin-Méneville, 1844

II. Antecedentes

La meliponicultura es una práctica orientada a la cría de abejas sin aguijón, comúnmente desarrollada en los bosques tropicales. A diferencia de la apicultura convencional, esta actividad se enfoca en el manejo de diversas especies de abejas nativas sin aguijón (Barona Ramírez, 2020). Esta práctica puede integrarse de manera armónica en los agroecosistemas, al contribuir con servicios ecosistémicos como la polinización, además de la producción de miel y otros subproductos (Conway, 1987). Un ejemplo representativo es su presencia en el solar maya, donde la meliponicultura forma parte de un sistema productivo diversificado que combina saberes tradicionales y manejo sustentable de los recursos naturales, en beneficio de las comunidades locales.

La meliponicultura no solo representa una actividad económica relevante, sino que también constituye un componente esencial del patrimonio biocultural, transmitido de generación en generación. Diversas comunidades indígenas de México, como los totonacas y nahuas que habitan las montañas del norte de Puebla, San Luis Potosí y Veracruz, han desarrollado conocimientos y técnicas ancestrales para el manejo de estas abejas, utilizando métodos tradicionales como las "mancuernas" de barro. Esta práctica, que entrelaza la tradición con la conservación de la biodiversidad, es un ejemplo valioso de la convivencia armónica entre el ser humano y la naturaleza (González-Acereto, 2008).

La conservación de estas especies está estrechamente ligada a la preservación de los bosques, lo que establece un vínculo crucial entre la meliponicultura y la seguridad alimentaria de las comunidades. Este nexo se vuelve aún más relevante ante el avance de nuevos sistemas de producción y los efectos del cambio climático sobre los ecosistemas (Verde, 2014). Desde una perspectiva histórica, las abejas sin aguijón fueron las únicas capaces de almacenar miel en colonias, una característica que fue ampliamente aprovechada por diversas culturas indígenas de Centro y Sudamérica, quienes también utilizaban el cerumen y el polen como recursos (Baquero y Stamatti, 2007).

El conocimiento sobre el aprovechamiento de recursos tróficos por parte de las abejas es clave para identificar las especies vegetales que aportan néctar y polen. Esta información permite elaborar listados florísticos y calendarios fenológicos, herramientas fundamentales para optimizar la gestión de las colmenas por parte de los productores (Flores et al., 2015).

El manejo sistematizado de las abejas nativas sin aguijón parece haber sido una práctica de las culturas prehispánicas avanzadas de Mesoamérica (González, 2012). La cultura maya, en particular, encontró en la meliponicultura recursos cruciales para nutrición, curación, comercio y rituales religiosos (González, 2008; Guzmán *et al.*, 2011), sentando las bases para la cría racional moderna (Baquero y Stamatti, 2007).

En México, Costa Rica y Guatemala, existen evidencias de un sistema cultural relacionado con el aprovechamiento sistemático de las abejas nativas sin aguijón. Diversas técnicas de manejo han permitido el crecimiento del inventario original de especies seleccionadas para su aprovechamiento y explotación racional (Baquero y Stamatti, 2007; González, 2012). Estas comunidades mantienen los nidos en troncos donde las abejas los construyen, trasladándolos de los bosques a las proximidades de sus viviendas para aprovechar sus productos (Baquero y Stamatti, 2007).

La cosecha de *S. mexicana* implica sopesar las ollas para determinar su llenado. Las mancuernas, colocadas sobre una mesa, se separan con un cuchillo o machete. La cosecha se centra en la olla que originalmente estaba arriba. Los torales de miel o polen se separan de los panales de cría y se cosechan. Si los torales están llenos de miel, se realiza una pequeña abertura, se voltean y se escurren en un colador. La cera se separa y se almacena por separado. Si los torales contienen polen, se separan manualmente, se depositan en plástico limpio y se tapan para evitar contaminación. Todas las reservas de miel que se encuentran en el alza mielera se cosechan (Guzmán *et al.*, 2011).

III. Marco teórico

S. mexicana se caracteriza por su exoesqueleto de tonalidad negra, con una estatura mediana que oscila entre 5.0 y 5.3 mm de longitud corporal, y alas que miden aproximadamente de 5.1 a 5.4 mm. Las que predominan en Chiapas se caracterizan por las alas que presentan un tono naranja, mientras que las de la Sierra Norte de Puebla y Papantla son de color hialino (transparente) (González, 2008). Esta especie exhibe una carena preoccipital continua sin una muesca pronunciada en el extremo superior de los ojos. El clipeo y la región paraocular presentan un exoesqueleto liso y brillante con escaso punteado, similar a *S. pectoralis*. Con frecuencia, se observan dos manchas claras a los lados del clipeo, en el área paraocular,

aunque algunos individuos del Estado de México y Zihuatanejo muestran una cara completamente negra. El escutelo, de forma paraboloide, tiene un ligero truncamiento en la parte media del margen posterior o es redondeado, con una pequeña muesca en la parte media del margen anterior, que tiene un ancho inferior a un tercio del mismo margen (Ayala, 1999).

La salud de una colmena se caracteriza por su capacidad para alcanzar su máximo potencial productivo y mantener condiciones de bienestar, lo cual se evalúa mediante indicadores como la cantidad de abejas en relación con el volumen del habitáculo, la presencia de cría y reservas de alimento, y la ausencia de signos de enfermedad (Verde *et al.*, 2013). La ubicación de los meliponarios, lugar donde residen las colmenas, desempeña un papel fundamental al garantizar una base alimentaria estable durante todo el año.

Al igual que otros animales, las abejas tienen necesidades nutricionales específicas, y es crucial mantener un equilibrio adecuado para asegurar su salud y funciones vitales (Girou, 2003). Estos nutrientes esenciales incluyen agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales y vitaminas (Couto, 1998). Un entendimiento detallado de estos requisitos nutricionales resulta crucial para mantener la salud y el rendimiento óptimo de las colonias de *S. mexicana*.

La práctica ancestral de la meliponicultura, la cría y manejo de abejas sin aguijón, ha perdurado a lo largo de generaciones en las familias mayas. Los productos derivados de estas colmenas, como la miel virgen, el propóleo y la cera, son ampliamente utilizados en tratamientos de diversas enfermedades. Además, la miel desempeña un papel crucial en ceremonias y creencias mayas, transmitidas y adaptadas a lo largo del tiempo (Pat *et al.*, 2016). La meliponicultura no solo representa una tradición cultural arraigada, sino también una fuente potencial de ingresos económicos permanentes, mejorando así la producción de alimentos y la nutrición en las comunidades indígenas (Guzmán *et al.*, 2011).

En términos biológicos, los seres vivos dependen de elementos nutricionales para mantener sus procesos vitales. En el caso de las abejas meliponas, el polen almacenado, la miel y el alimento larval se destacan como componentes esenciales. El polen, vital para el desarrollo larval y la longevidad de las abejas adultas, se posiciona como uno de los principales elementos nutricionales (Andrada y Tellería, 2005).

Algunas especies de meliponinos se alimentan especialmente de familias vegetales como Melastomataceae, Myrtaceae, Solanaceae y Fabaceae se presentan como fuentes cruciales de néctar y polen. Ejemplos de estas plantas incluyen, *Psidium guajava*, *Mimosa pudica*, *Laurus Nobilis*, *Cedrela odorata*, *Prunus sp.*, entre otras (Demedio et al., 2011). Investigaciones realizadas en Costa Rica identifican a *Mimosa púdica* y *Solanum asperum* como las principales fuentes de alimentación polinífera (Landaverde et al., 2006).

Conocer las fuentes botánicas de recursos alimenticios son altamente relevantes para determinar índices ecológicos con relativo poco esfuerzo de muestreo los cuales además de mostrarnos datos relevantes sobre la diversidad de flora de un área dada, también resultan útiles para comprender los patrones de forrajeo y preferencias alimentarias. Estos índices pueden ser el índice Shannon-Wiener y el índice de Pielou, El primero mide la diversidad de especies en la base alimentaria, mientras que el segundo evalúa la proporción de diversidad observada con respecto a la máxima diversidad esperada (Magurran, 1988).

IV. Justificación

La Sierra Nororiental de Puebla es una región clave para la meliponicultura en México, destacándose por la crianza intensiva de *Scaptotrigona mexicana*. En particular, el municipio de Cuetzalan, el cual superó a la Península de Yucatán en la producción de miel virgen en 2011, consolidándose como el líder en este sector a nivel nacional (Guzmán et al., 2011). Sin embargo, existe un vacío significativo en el conocimiento sobre la situación en otras áreas de la Sierra Norte de Puebla. Esta investigación se enfoca en dichas áreas, aprovechando contactos previos con productores locales, lo que facilitó la identificación y colaboración con apicultores de *S. mexicana*.

Este vacío de conocimiento no solo se limita a la geografía, sino también a la especie estudiada. La mayor parte de la literatura existente sobre el manejo y la salud de los meliponinos se centra en *Melipona beecheii*, dejando a *S. mexicana* menos explorada en términos científicos. Esta falta de información es especialmente preocupante considerando la importancia ecológica y económica de *S. mexicana* en la región.

En México, el manejo de abejas nativas representa una práctica con múltiples beneficios, particularmente por su potencial en la polinización de cultivos agrícolas, lo que podría traducirse en un impacto económico considerable (Ayala, 2010). En regiones como Europa y Estados Unidos, la industria relacionada con la polinización mediante abejas genera cientos de millones de dólares, tanto a nivel local como en exportaciones.

La producción de miel por colmena varía significativamente en función de diversos factores, como la disponibilidad de recursos florales, el tamaño de las colmenas, la vitalidad de las colonias y su estado de salud general (Martínez-Machado et al., 2019). Investigaciones anteriores han demostrado que las reservas alimenticias están vinculadas a la producción de individuos sexuados, siendo el polen un factor clave en la generación de zánganos (Moo-Valle et al., 2004; Pech-May, 2012). Este patrón también se ha observado en especies como *Melipona flavolineata*, en las que la escasez de polen reduce tanto el número como el tamaño corporal de los zánganos, así como su producción espermática (Pech-May, 2012).

Además, la calidad de la miel recolectada está directamente vinculada al manejo de las colmenas, proceso influenciado por factores como las condiciones climáticas, la ubicación del meliponario, el área de forrajeo y la diversidad de plantas circundantes (Guzmán et al., 2011). Comprender cómo estas variables afectan a *S. mexicana* es crucial para mejorar las prácticas de manejo apícola y garantizar la sostenibilidad y productividad de la apicultura en la Sierra Norte de Puebla.

Objetivo general: Evaluar el desarrollo de colmenas de *S. mexicana* inducidas por el manejo y la disponibilidad de alimentos y su relación con el estado de salud de las colonias.

Objetivos específicos:

- Caracterizar el manejo de producción de miel en las colmenas de *S. mexicana*.
- Identificar la flora melífera circundante a los meliponarios de *S. mexicana*.
- Analizar las variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.

Hipótesis: Existen variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* de la región de la Cuenca Hidrológica del Río Necaxa del Estado de Puebla por factores como el manejo y la disponibilidad de alimento.

V. Metodología

5.1. Área de Estudio

El proyecto se desarrolló en la región de la Sierra Norte, específicamente en el Área Natural Protegida, Cuenca Hidrológica del Río Necaxa en el Estado de Puebla, México (ANP-CHRN) (figura 1). El área cuenta con un mosaico de bosque mesófilo de montaña, fragmentos de selvas y agroecosistemas, sus coordenadas geográficas son los paralelos 20° 12' 18" y 20° 23' 12" latitud norte y los meridianos 97° 43' 54" y 97° 56' 36" longitud occidental.

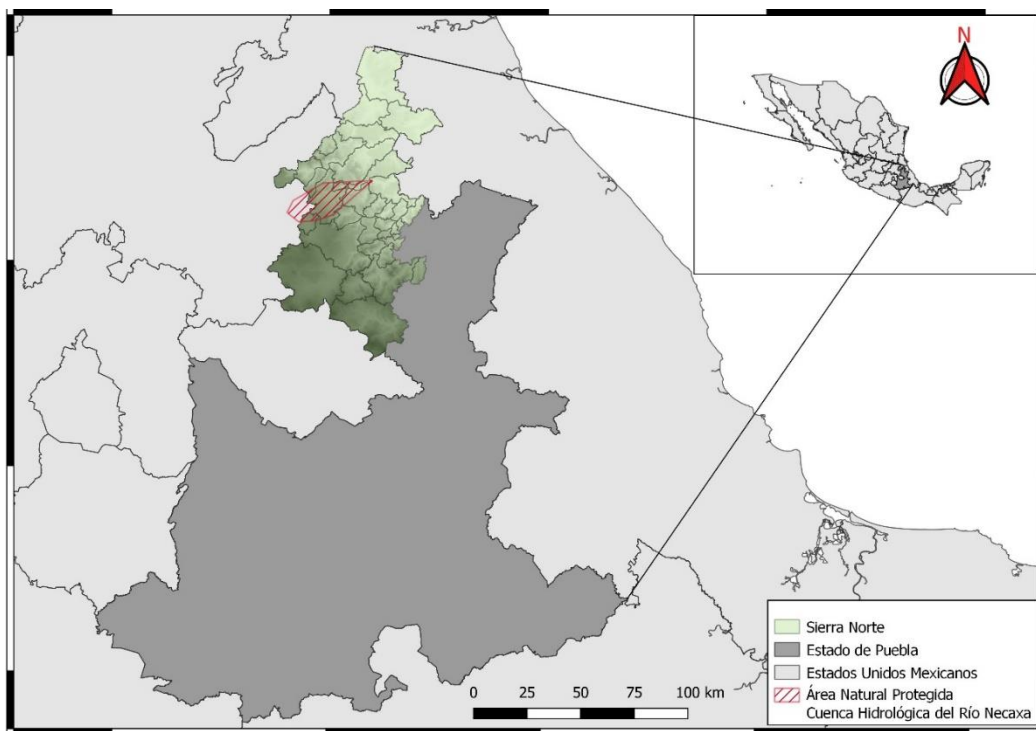


Figura 1. Área Natural Protegida, Cuenca Hidrológica del Río Necaxa en el Estado de Puebla, México.

La región protegida ANP-CHRN, en Puebla, cubre 32,630 hectáreas y se extiende desde los 560 hasta los 2,323 metros sobre el nivel del mar, incluyendo planicies y valles intermontanos. Esta zona, constituida por formaciones del Cenozoico y Mesozoico, está dominada por basaltos y calizas, con lutitas presentes en algunas áreas. La geología inestable, combinada con altas precipitaciones influenciadas por el Golfo de México, ha creado profundas barrancas y un sistema hidrológico caracterizado por numerosos cuerpos de agua como las presas Tejocotal, Los Reyes, Nexapa, Necaxa y Tenango (INAFED 2009).

El clima de la región es templado húmedo, con lluvias todo el año y veranos frescos y largos. Existen dos subtipos climáticos que se distribuyen alrededor de las represas. Los suelos de la zona corresponden a Andosoles, Litosoles y Acrisoles húmicos, siendo representativos de las regiones montañosas templadas. En el municipio de Zihuateutla, el suelo predominante es el Phaeozem, representando el 54.68% de la superficie, seguido por el Acrisol, que comprende el 39.94%. En menor proporción se encuentran el Kastañozem (2.05%), Leptosol (1.96%), Fluvisol (0.95%) y Cambisol (0.20%). Estas variaciones en la composición del suelo pueden influir en la productividad agrícola, la capacidad de retención de agua y otros aspectos importantes para la actividad agraria y la conservación del medio ambiente en Zihuateutla (INEGI, 2010).

En Xicotepec, se registra un rango de temperatura que oscila entre los 16 y los 26 grados Celsius, acompañado por precipitaciones anuales que varían de 1900 a 2600 mm. Este municipio se caracteriza por un clima semicálido húmedo, con lluvias a lo largo de todo el año (83.52%), además de presentar un clima cálido húmedo con lluvias durante todo el año (16.00%) y una pequeña fracción de clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (0.48%). Por otro lado, en Zihuateutla, se registra un rango de temperatura ligeramente más elevado, fluctuando entre los 18 y los 26 grados Celsius, con precipitaciones anuales que van desde 2400 hasta 2600 mm. Este municipio exhibe un clima predominantemente semicálido húmedo, con lluvias distribuidas a lo largo del año (53.88%), junto con un clima cálido húmedo con lluvias durante todo el año (45.87%) y una pequeña proporción de clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (0.25%) (INEGI.2010).

La biodiversidad del es resultado de la combinación de un clima variado y un entorno físico diverso, creando un mosaico complejo de asociaciones vegetales. El 47% de la superficie se utiliza para la agricultura de temporal, cultivándose maíz, café y frutales (INEGI.2010). A pesar de la actividad agrícola, persisten manchones de bosques parcialmente conservados. Las zonas boscosas mejor conservadas se encuentran en áreas de difícil acceso, mientras que las asociaciones vegetales más perturbadas incluyen el bosque mesófilo de montaña y las selvas medianas, que presentan alta proporción de vegetación secundaria (Cerón-Carpio et al. 2012).

Los puntos de estudio, tal como se muestran en la Figura 2, se encuentran ubicados dentro del área natural protegida. Las coordenadas de estos puntos están detalladas en la Tabla 2. Esta localización garantiza una homogeneidad en el entorno, lo que es crucial para evitar que factores externos, como la variabilidad en la vegetación, introduzcan sesgos en el desarrollo del estudio. Al situar todos los puntos de muestreo dentro de un área controlada y protegida, se asegura que las condiciones ambientales sean lo más uniformes posible, permitiendo obtener datos más precisos y fiables sobre el objeto de investigación.

Tabla 2. Coordenadas de los meliponarios en estudio.

NOMBRE DE LOS MELIPONARIOS	LON.	LAT.
FINCA "LAS PALMAS"	-97.928873	20.237352
CANFLOR	-97.891224	20.240665
CENTRO COMUNITARIO DE OCOMANTLA	-97.89528	20.244822

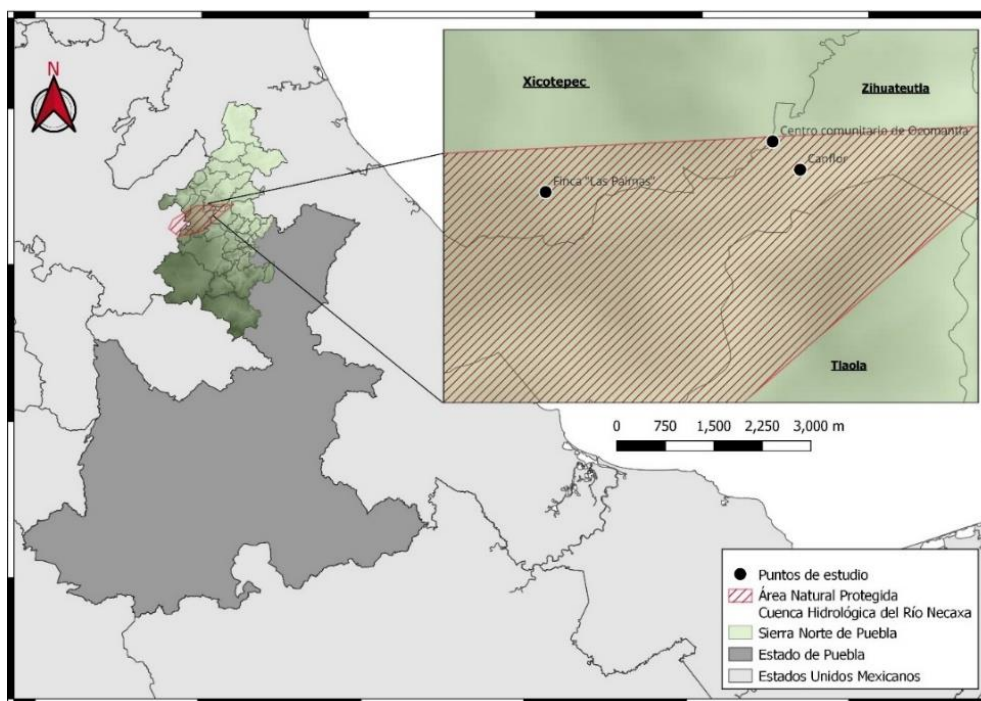


Figura 2. Localización de los puntos de estudio.

Para caracterizar el manejo de producción de miel en las colmenas de *Scaptotrigona mexicana*, se realizó un estudio descriptivo y exploratorio en la región de estudio durante el período de enero a julio de 2024. El diseño muestral fue no probabilístico, enfocándose en todos los meliponicultores disponibles, debido a la falta de un registro exacto de productores en la zona.

Se utilizó una entrevista semiestructurada diseñada para recopilar información detallada sobre el manejo de las colmenas, producción de miel, factores de productividad, floraciones melíferas, modelos de colmena y aspectos sociales. La entrevista incluyó preguntas sobre datos personales, tiempo de experiencia, procedencia de las colmenas, sistemas de colmenas utilizadas, conocimiento sobre multiplicación y alimentación de colmenas, rendimientos de miel, usos de la miel, y factores que influyen en la productividad. Para consultar el instrumento dirigirse al apartado de anexos.

El procedimiento del estudio incluyó la identificación y censo de meliponicultores, el diseño y validación del instrumento, la aplicación de entrevistas, la recolección y organización de datos, y el análisis estadístico descriptivo e inferencial. Este enfoque metodológico asegura una recolección de datos exhaustiva y un análisis robusto, permitiendo una caracterización detallada del manejo de producción de miel en las colmenas de *Scaptotrigona mexicana*, identificando y analizando los factores que influyen en su productividad.

5.1.1. Análisis estadístico

Para analizar las variables obtenidas, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva se utilizó para calcular medidas de tendencia central y dispersión, así como frecuencias y gráficos para variables categóricas. El software STATGRAPHICS Centurion, versión XVI.I, se utilizó para los cálculos y análisis.

5.2. Identificación la flora melífera circundante a los meliponarios de *S. mexicana*.

5.2.1. Trabajo de campo

Se eligió a tres productores de miel de abeja de la especie *S. mexicana*. Los criterios para seleccionar a estos productores se incluyen consideraciones sobre la ubicación de sus colmenas, su disponibilidad y su disposición para colaborar en el estudio. El objetivo

principal será que las áreas bajo estudio presenten condiciones y características similares u homogéneas para minimizar, en la medida de lo posible, la influencia de otros factores que puedan afectar de alguna manera los resultados del estudio.

Además, se recolectó una muestra de 80 ml de miel con cada productor participante, tanto en la cosecha del mes de abril como en la de octubre del 2024. Las muestras resultantes se almacenaron en frascos de vidrio con una capacidad de 100 ml, almacenándola a 8 °C para evitar la fermentación hasta el momento de su análisis (Bicudo de Almeida-Muradian et al., 2020). Cada frasco estuvo debidamente etiquetado con una clave de tabulación de la recolección, que contenía información sobre el productor, el lugar de recolección, así como las coordenadas y altitud. Estos datos geográficos se registraron utilizando la aplicación de teléfono celular AlpineQuest versión Pro, garantizando así una precisión y trazabilidad adecuadas en el proceso de recolección y análisis de las muestras de miel.

5.2.2. Técnicas de laboratorio

Para procesar las muestras de miel, se utilizó la técnica de a Louveaux et al. (1970) en las instalaciones del laboratorio de Biodiversidad del Centro de Agroecología (CENAGRO), perteneciente al Instituto de Ciencias (ICUAP) de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP). El proceso consiste en separar el polen presente en la miel para que pueda ser identificado y posteriormente comparado con el polen identificado en una palinoteca digital de referencia. Este método permite descomponer las estructuras celulares de la muestra de polen, lo que facilita su análisis y la identificación de especies específicas. El método es ampliamente utilizado en estudios de palinología para investigar la diversidad y los patrones de distribución del polen en diferentes muestras ambientales. El uso de la palinoteca digital de referencia proporciona un marco de comparación confiable y permite una identificación precisa de los tipos de polen presentes en la muestra de miel.

El proceso de preparación de las muestras es el siguiente:

Metodología para la preparación de sedimentos de miel siguiendo a Louveaux et al. (1970)

1. Pesar 10 g de miel en un vaso de precipitados.
2. Agregue 20 ml de agua destilada y disuelva bien revolviendo (10-15 minutos).
3. Si la miel está cristalizada, calienta la mezcla durante unos segundos en un horno microondas para completar el proceso de disolución de los cristales de azúcar.

4. Divida la solución finalmente entre dos tubos de centrifuga cónicos de 15 ml de capacidad.
5. Centrifugar al menos 252 RCF (fuerza centrífuga relativa o G) que, según un modelo de centrífuga, puede comprender en promedio 1500 rpm (revoluciones por minuto), durante 15 minutos.
6. Deseche el sobrenadante e invierta rápidamente los tubos durante aproximadamente 30 segundos antes de volver a la posición normal.
7. Agregue 10 ml de agua destilada al gránulo.
8. Centrifugar a 1500rpm durante 15min.
9. Deseche el sobrenadante e invierta rápidamente los tubos del centrifuga durante aproximadamente 30 segundos antes de volver a su posición normal.
10. Agregue 5 ml de agua de glicerina (solución 1: 1 con agua destilada y glicerina) al gránulo.
11. Espere 30 minutos y luego centrifugue al menos 1500 rpm durante 15 minutos.
12. Deseche el sobrenadante e invierta rápidamente el tubo sobre papel absorbente (nunca vuelva a la posición normal) para permitir que drene todo el líquido.
13. Prepara dos porta objetos de microscópio.
14. Coloque un pequeño trozo de gelatina de glicerina (0,5 mm³) en la punta de una aguja y recoja parte del sedimento en el tubo de la centrífuga.
15. Coloque el sedimento en el centro del portaobjetos del microscopio, caliéntelo suavemente en una placa caliente, solo para disolver la gelatina de glicerina.
16. Cubra con un cubreobjetos y selle con parafina.
17. La identificación del grano de polen se basa en la biblioteca de diapositivas de polen de referencia de la vegetación regional/nacional y con la ayuda de catálogos de referencia (por ejemplo, Roubik y Moreno, 1991).

Análisis de laminillas y cuantificación de granos de polen.

La inspección y conteo de los granos de polen en las laminillas se llevó a cabo mediante un microscopio de luz, utilizando el objetivo de inmersión (100X). Se basará en los estudios y recomendaciones de Romalho y Kleinert-Giovannini (1986), Quiroz (1993) y Acosta-Castellanos y Palacio-Chavez (2001) en cuanto al número de laminillas y granos de polen

necesarios para la cuantificación en estudios de enfoque ecológico y melisopalinológico. Se examinó dos laminillas y se contará un total de 250 granos de polen en cada una, lo que resultará en un recuento total de 500 granos por muestra.

5.2.3. Análisis estadístico

Las especies encontradas serán sometidas a evaluación utilizando los índices de Shannon-Wiener, Pielou y los números de Hill. Esta evaluación se llevará a cabo mediante el uso del paquete estadístico PAST 4.03. Además de calcular estos índices, se generarán gráficas de rango de abundancia. El índice de Shannon-Wiener proporcionará información sobre la diversidad de especies presentes en las muestras de miel, mientras que el índice de Pielou indicará la equitatividad en la distribución de las especies. Por otro lado, los números de Hill ofrecerán una perspectiva más detallada sobre la diversidad en diferentes escalas de abundancia. Este análisis estadístico y visualización de datos permitirá comprender la composición y estructura de las comunidades de polen presentes en las muestras de miel, lo que es fundamental para la interpretación de los resultados.

Para evaluar la diversidad polínica de las muestras de miel de *S. mexicana* se utilizó el índice de Shannon- Wiener (Quiroz y Palacios, 1999), calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$H = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln p_i$$

donde:

H= Índice de Shannon- Wiener.

p_i =proporción de cada tipo de polen encontrado en las muestras \ln =logaritmo natural.

Para determinar la uniformidad de pecoreo de las abejas en las flores de las plantas se utilizó el índice de equidad de Pielou (Pielou, 1984). Los cálculos se realizarán a partir

de la fórmula de Pielou (J') que varía en valores de 0 a 1, indicando con ello la heterogeneidad (con valores cercanos a 0) y la homogeneidad de la muestra (con valores cercanos a 1) (Quiroz y Palacios, 1999).

$$J' = \frac{H}{H_{max}}$$

en donde:

J' =uniformidad de las muestras.

H = índice de Shannon- Wiener.

H_{max} = logaritmo natural del número total de tipos de polen en las muestras.

Para determinar los patrones de diversidad presentes en las muestras de miel se determinarán los números efectivos de especies utilizando los números de diversidad de Hill de orden 0, 1 y 2 a partir de las siguientes formula (Jost, 2006):

$$D^q = \left(\sum_{i=1}^s p_i^q \right)^{1/(1-q)}$$

donde

q = Indica la sensibilidad de la medida de las especies comunes y raras; siendo $q=0$ insensible a la abundancia de las especies, al ir aumentando el valor de q aumenta el nivel de sensibilidad de la abundancia. Cuando $q=0$, una especie que presenta 200 individuos en el muestreo tiene el mismo peso que una con dos, en cuanto q aumenta, las especies con mayor abundancia tienen mayor peso en el valor de diversidad.

p_i =proporción de cada tipo de polen encontrado en las muestras.

5.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.

5.3.1. Examen clínico.

Es la actividad diagnóstica básica que permite detectar las manifestaciones de enfermedad. La recopilación de estos datos es esencial para comprender la salud y el estado de las colonias de abejas sin aguijón, lo que puede ser crucial para la conservación y la gestión efectiva de estos polinizadores nativos. Consiste en la observación de la colmena (Inspección externa e interna), comprendidos la limpieza y actividad en su piquera, la cantidad de panales, la disponibilidad de miel y polen y la cantidad de cría y sus estadios; utilizado en la *Apis mellifera* (Fonte-Carballo *et al.*, 2021).

Para el proceso de muestreo, se ha determinado tener en cuenta una muestra preliminar de 32 colmenas entre los tres meliponarios. Esta elección se sustenta en la variada distribución de colmenas entre los productores participantes, donde uno posee solamente 4 colmenas, otro 7, y el mayor cuenta con 40. Considerando que la población total comprende 51 colmenas, se ha calculado el tamaño de muestra con un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 0.05. Asegurando una distribución equitativa del total de colmenas por cada meliponicultor involucrado en el estudio. El productor de las 4 colonias representa de la muestra preliminar el 8%, siendo tomada en cuenta 3 colmenas de las suyas, el productor que tiene 7 colonias representa de la muestra preliminar el 14%, siendo tomada en cuenta 5 colmenas de las suyas y del productor de las 40 colonias representa de la muestra preliminar el 78%, siendo tomadas en cuenta 24 de sus colmenas. Este enfoque de muestreo permitirá una representación equitativa de los meliponarios y proporciona una visión amplia para luego calcular el tamaño de muestra verdadero.

5.3.2. Inspección externa

Se inspeccionó la integridad física de las colmenas, examinando las tapas, cuerpos y espacios debajo de estas en busca de posibles depredadores o abejas muertas. Se prestó especial atención a la presencia de guardianas en la entrada de las colmenas, lo cual indicaría actividad defensiva por parte de las abejas.

Dado que la diversidad de especies y el grosor de la madera utilizada en la construcción de las colmenas dificultan el pesaje directo de cada una, se empleó un criterio complementario

subjetivo para evaluar su condición corporal. Los propietarios de las colmenas realizarán una apreciación del peso de estas y las clasificarán en una escala simple de tres categorías: PESADA, MEDIANA y LIGERA. (Fonte-Carballo *et al.*, 2021). Este enfoque permitirá una evaluación general de la salud y vitalidad de las colonias, brindando información valiosa para su manejo y conservación.

Inspección interna:

Según lo utilizado por Fonte-Carballo y colaboradores (2021) los métodos de examen clínico fueron adaptados a las particularidades de la especie en cuestión. Se llevaron a cabo evaluaciones de las colmenas seleccionadas utilizando indicadores cualitativos que reflejan “su robustez” o “condición física”, las cuales fueron clasificadas en distintas categorías según los parámetros establecidos por Lóriga en 2015.

1. Categoría Débil: Se caracteriza por un escaso recubrimiento de los panales y los contenedores de alimentos por parte de las abejas, junto con la presencia de extensas áreas con moho.
2. Categoría Media: En este nivel, se observa un recubrimiento parcial de los panales y los contenedores de alimentos con abejas; es posible que haya pequeñas áreas periféricas con presencia de moho.
3. Categoría Fuerte: Las colmenas que entran en esta categoría muestran un recubrimiento total de los panales y los contenedores de alimentos con abejas, sin ninguna presencia de moho.

Durante la revisión de las alzas donde se almacena la miel, se llevará a cabo un conteo de los panales que contenían miel y polen, así como una evaluación de las reservas de alimentos y los panales donde se encuentra la cría de abejas. En cuanto al primer cuerpo de la colmena, solo se accedió a él cuando no se encontraron discos de cría joven en el cuerpo anterior. En todas las etapas de evaluación y recolección de muestras, se procuró minimizar cualquier impacto negativo en la colonia y se empleó la menor cantidad posible de elementos vivos para llevar a cabo el estudio.

5.3.3. Análisis estadístico

Para analizar las variables obtenidas, se aplicaron técnicas de estadística descriptiva e inferencial. La estadística descriptiva se utilizó para calcular medidas de tendencia central y dispersión, así como frecuencias y gráficos para variables categóricas. El software STATGRAPHICS Centurion, versión XVI.I, se utilizó para los cálculos y análisis.

Posteriormente, se realizó la triangulación de la información entre el método de manejo de las colmenas, la disponibilidad de flora melífera (disponibilidad de alimento) y el desarrollo o fortaleza de la colonia (número de crías, volumen de miel y polen) para estimar su estado sanitario. El procesamiento de los datos se llevará a cabo utilizando el software estadístico STATGRAPHICS Centurion, versión XVI.I.

VI. Resultados

6.1. Caracterización el manejo de producción de miel en las colmenas de *S. mexicana*.

Se aplicó la entrevista a un total de 20 productores, 12 hombres (60%) y 8 mujeres (40%) de los cuales 6 hablan una lengua originaria (náhuatl y totonaco). De estos, 35% cuenta con educación primaria, 30% secundaria, 10% preparatoria y 25% formación profesional. Respecto a la ocupación de los entrevistados, el 60% se dedican a la agricultura, el 25% se dedican a labores del hogar, y el 15% restante trabajan como profesionistas en diversas áreas



Figura 3. Aplicación de entrevistas a meliponicultores.

La información obtenida sobre los motivos por los cuales los entrevistados se iniciaron como meliponicultores, de los 20 meliponicultores, 11 de ellos, representando el 55% del total, comenzaron por iniciativa propia. Los entrevistados mencionaron que en el bosque existían muchas colmenas de *S. mexicana* y en algún momento decidieron extraerlas del medio natural o simplemente compraron colonias ya establecidas para comenzar a aprovechar sus bondades.

Por otro lado, cinco productores, que representan el 25% del total, se iniciaron gracias a talleres organizados por la Reserva Koliijke. En estos talleres se realizaron charlas sobre la importancia de la especie en los ecosistemas de la zona, además de destacar los beneficios nutricionales de su miel.

Asimismo, tres de los entrevistados, es decir, el 15%, comenzaron en la meliponicultura por influencia de otros productores, y solo uno de ellos, que representa el 5% del total, se inició por tradición familiar. Estos datos se ilustran claramente en la Figura 4, la cual muestra la distribución de los motivos que llevaron a los meliponicultores a comenzar con esta actividad. Esta información es fundamental para entender las diferentes motivaciones y antecedentes de los productores en manejo de colmenas.

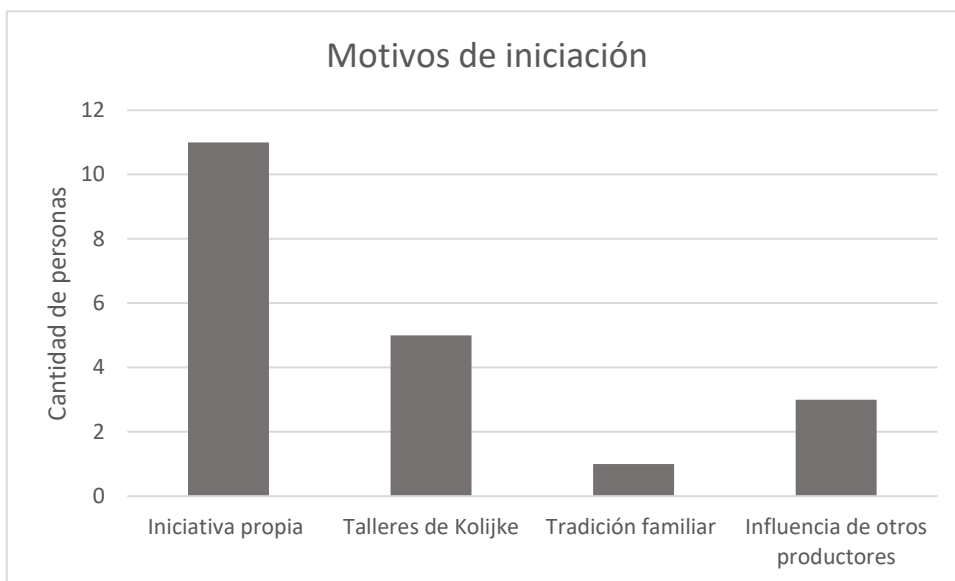


Figura 4. Gráfica de frecuencia de los motivos por los cuales se iniciaron los meliponicultores.

De un total de 442 colmenas mantenidas por todos los meliponicultores, 408 están tecnificadas, modelo INPA lo que representa el 92% total de colmenas. Este alto porcentaje indica que el manejo de las colmenas está altamente tecnificado, lo que implica la adopción de métodos específicos y avanzados para su manejo. En el análisis de la producción de miel, se obtuvo un promedio de producción por colmena de 0.53 litros y una producción anual total de 5.17 litros promedio.

En cuanto a la época de cosecha, más del 70% de los meliponicultores aseguran que, debido a las condiciones climáticas y de floración, los meses óptimos para la recolección de miel son de marzo a mayo como se muestra en la figura 5 donde se representa los 12 meses.

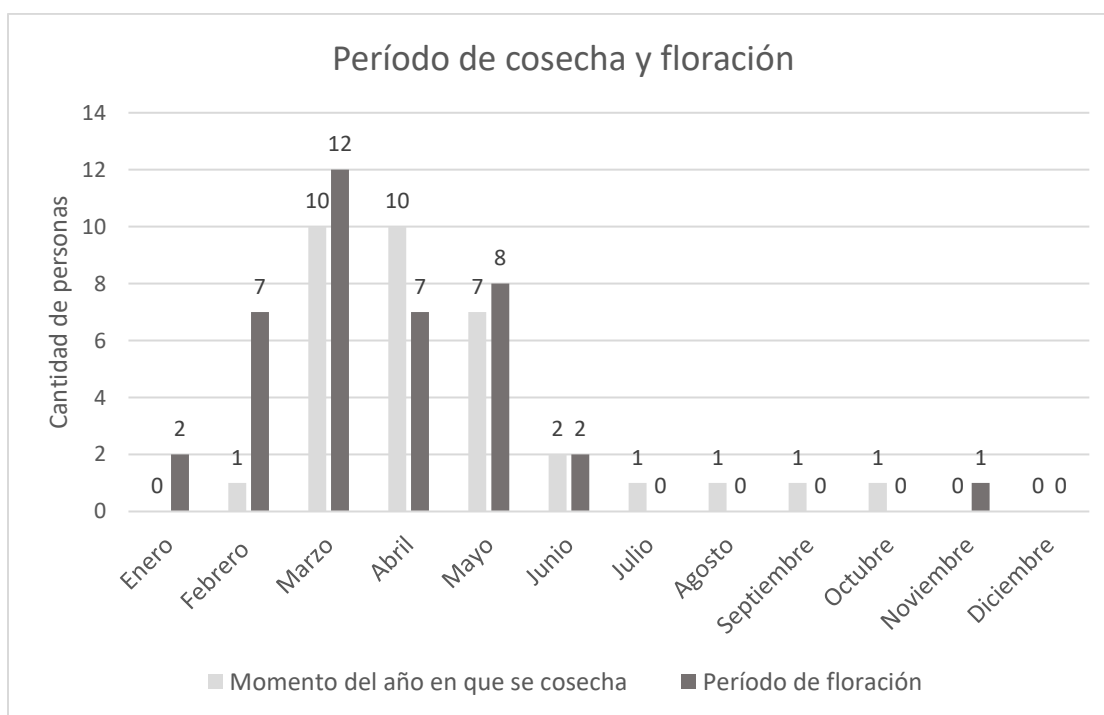


Figura 5. Gráfica de frecuencia de los meses del año donde es cosechan la miel y floraciones importantes según los meliponicultores.

Dentro de los resultados obtenidos, se identificaron varios factores que podrían estar afectando la producción de miel. Un 65% de los productores aseguran que hay factores externos influyendo en los niveles de producción tales como el uso de agroquímicos en las áreas circundantes, la competencia entre otros polinizadores, el cambio climático, entre otros, son los limitantes en la producción de miel. Por otro lado, un 85% de los entrevistados

coinciden en que está existiendo variabilidad en las temporadas de floración, ya sea influenciada por cambios climáticos y prácticas agrícolas.

Con el instrumento aplicado se logró entender cuáles eran los enemigos naturales presentes en el área de estudio. La mosca de vinagre (*Pseudohyocera kerteszi*) es la que más presencia tiene en el lugar, con un 45% como se muestra en la figura 6. Según los meliponicultores, se debe tener un cuidado especial durante la multiplicación de las colmenas, ya que es el momento en que las abejas son más vulnerables a esta mosca. La mosca de vinagre puede infestar las colmenas, poniendo en riesgo la salud y supervivencia de las abejas jóvenes y larvas, lo cual puede afectar significativamente la producción de miel y el crecimiento de las colmenas.

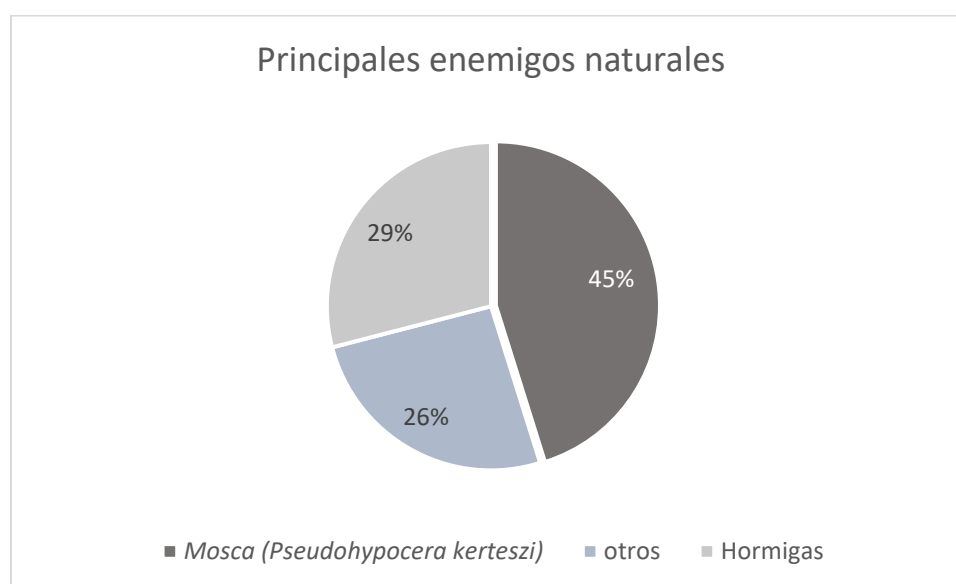


Figura 6. Enemigos naturales de la *S. mexicana*.

Por otro lado, el otro 55% de los enemigos naturales se distribuye entre hormigas, aves y arácnidos. Las hormigas pueden invadir las colmenas en busca de alimento, dañando la estructura interna y reduciendo la cantidad de miel disponible.

De los 20 entrevistados, solo 11 implementan algún tipo de trampa para controlar las posibles plagas que afectan a las colonias. Los 9 restantes no utilizan ninguna trampa ni aplican un manejo específico. Estos últimos argumentan que evitan usar trampas, como las de vinagre contra la mosca *P. kerteszi*, para no atraer a más moscas del vinagre de las que ya existen.

Los resultados muestran que la mayoría de los meliponicultores en la región utilizan métodos tecnificados para el manejo de las colmenas de *S. mexicana*. Sin embargo, existen desafíos como el cambio climático, el uso de agroquímicos y la presencia de enemigos naturales (Mosca, hormigas, aves y otros) que afectan la salud y productividad de las colmenas. Las estrategias de manejo varían entre los productores, con algunos implementando trampas para plagas mientras otros prefieren evitar atraer más plagas con estos métodos.

Además de *S. mexicana*, en la región también se ha documentado la presencia y manejo de otras especies de abejas sin aguijón con fines productivos, como *Melipona beecheii*. Durante un muestreo realizado en la finca "Las Palmas", ubicada dentro del Área Natural Protegida Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, se registraron cuatro colmenas tecnificadas de esta especie, lo que representa una expansión de su distribución conocida hacia el norte de Puebla. Este hallazgo confirma la coexistencia de múltiples especies de meliponinos en ambientes con producción de miel, café y árboles frutales, sin evidencia aparente de competencia por recursos florales.

La coexistencia de *M. beecheii* con *S. mexicana*, *Nannotrigona* y *Plebeia* en un mismo sistema productivo resalta la complejidad y potencial de los sistemas de meliponicultura diversificada, donde el conocimiento técnico y el uso de colmenas racionales permiten mantener poblaciones estables de distintas especies nativas.

6.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de *S. mexicana*.

Descripción palinológica.

A continuación, se describen en la tabla 3. los principales (más del 20% del total) tipos polínicos presentes en las muestras de miel de *S. mexicana* encontrados en la zona de estudio. Para ver el total de las especies botánicas encontradas, dirigirse al anexo 3.

Tabla 3. Descripción de las especies más representativas.

FAMILIA	ESPECIE	TIPO DE ABERTURA	EXINA	SIMETRÍA	FORMA DEL POLEN	DIMENSIONES (µM)
MELASTOMATA CEAE	<i>Conostegi a</i>	Heterocolporado (3 colporos, 3 subsidiarios)	Tectada, psilada (1.0 µm)	Isopolar, radiosimétrica	Prolato	P: 18.8 (18.2- 20.0), E: 13.1 (12.8-15.0)

	<i>xalapensis</i>						
BURSERACEAE	<i>Bursera simaruba</i>	Triporado aspidado	Semitectada, estriada-reticular (2.5-5 μ m)	Isopolar, radiosimétrica	Subprolato esferoidal	P: 34.2 (32.0-38.4), E: 35.0 (28.0-40.0) x 32 (27.0-38.4)	
LEGUMINOSAE	<i>Diphysa americana</i>	Tricolporado	Semitectada, reticulada homobrocada (0.8 μ m)	Isopolar, radiosimétrica	Prolato	P: 14.4 (13.6-15.2), E: 16.0 (14.8-17.2) x 13.6 (12.4-14.8)	
ARECACEAE	<i>Chamaedorea sp.</i>	Monosulcado	Tectada psilada (1.6 μ m)	Heteropolar, bilateral	Suboblato	P: 20.0 (19.2-21.6), E: 14.4 (13.6-16.0)	
MYRTACEAE	<i>Pimenta dioica</i>	Tricolporado, sincolpado, heteropolar	Tectada, psilada, microrreticulada	Isopolar, radiosimétrica	Oblato	P: 20.5 (19.0-22.0), E: 14.5 (11.0-17.0) x 21.6 (20.0-23.0)	

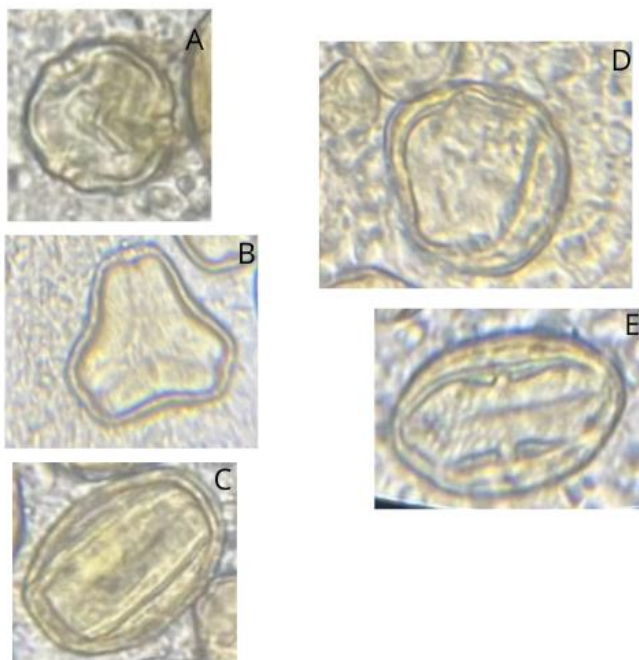


Figura 7. Granos de polen de los principales tipos polínicos: A) *Bursera simaruba*, B) *Pimenta dioica*, C) *Conostegia xalapensis*, D) *Chamaedorea sp.*, E) *Diphysa americana*.

Flora presente en las muestras de miel.

Del meliponario “Las Palmas”, se registraron un total de 25 tipos polínicos (taxas), de los cuales la especie dominante es *Conostegia xalapensis* con una presencia del 24.30%; siendo los tres tipos co-dominantes *Diphysa americana*, *Chamaedorea sp.*, *Bursera simaruba*.

Del meliponario “Canflor”, se registraron un total de 17 tipos polínicos (taxas), de los cuales la especie dominante es *Chamaedorea sp* con una presencia del 40.12%; siendo los dos tipos co-dominantes *Diphysa americana*, *Pimenta dioica*.

Del meliponario “Centro Comunitario de Ocomantla” (CCO), se registraron un total de 18 tipos polínicos (taxas), de los cuales la especie dominante es *Conostegia xalapensis* con una presencia del 52.84%; siendo los dos tipos co-dominantes *Chamaedorea sp*, *Pimenta dioica*. En la figura 8 se muestra la cantidad de especies que comparten los meliponarios de estudios.

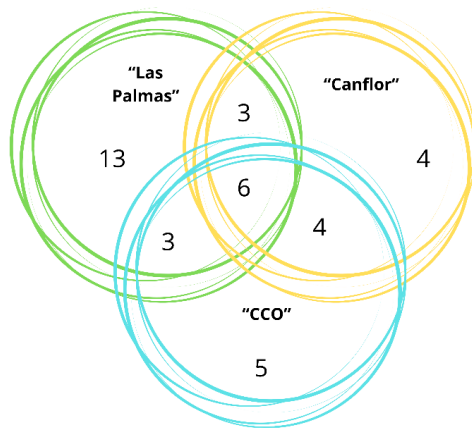


Figura 8. Especies que comparten los meliponarios de estudios.

índice de diversidad:

Tamaño del nicho trófico (H).

El meliponario “Las Palmas”, presenta un nicho trófico de 2.333, siendo el valor más alto, el meliponario “Canflor”, tiene un nicho trófico de 1.454 y el meliponario “CCO”, tiene un valor de 1.679.

índice de uniformidad de forrajeo (J’).

En este caso el meliponario “Las Palmas” con un valor de uniformidad de 0.790, el meliponario “Canflor”, con 0.513 y el meliponario “CCO”, con 0.580.

Análisis comparativo entre H y J’.

Como se muestra en la figura 9 existen ligeras diferencias entre los índices de diversidad y la uniformidad del pecoreo, esto es debido a la naturaleza de los índices a pesar de que ambos

se basan en la uniformidad de las especies presentes en las muestras, en el caso del índice de Pielou (uniformidad del pecoreo) mientras mayor sea la dominancia de una especie sobre las demás tenderán con mayor fuerza hacia cero, lo que indica un comportamiento oligoléctico por parte de la abeja.

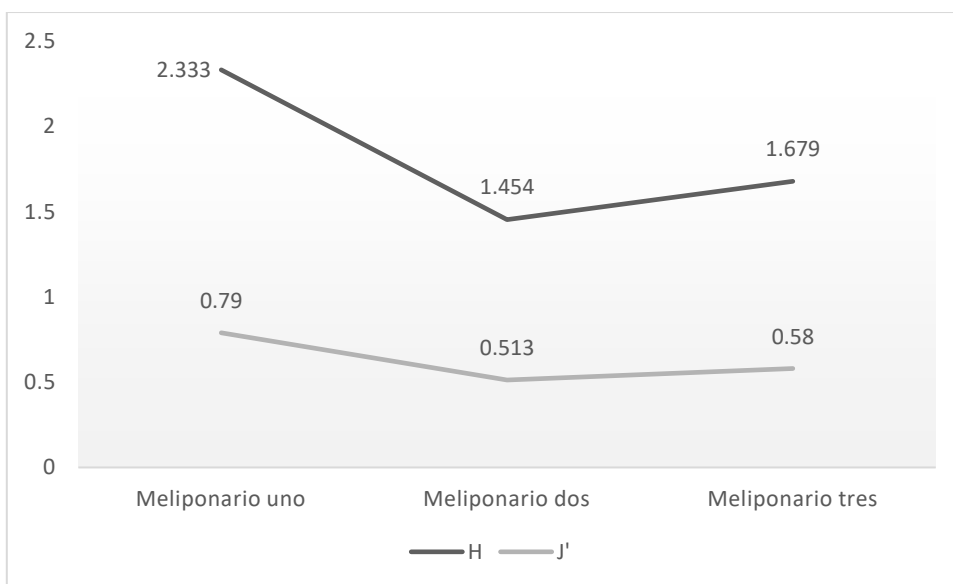


Figura 9. Análisis comparativo de los índices de diversidad entre las muestras.

Perfiles de diversidad:

El meliponario “Las Palmas” mostró la mayor diversidad en todos los índices analizados, indicando una alta riqueza floral (25 especies diferentes identificadas) y una distribución relativamente uniforme en la abundancia de estas especies (diversidad efectiva de 10.31 según Shannon). Además, presentó una dominancia más equilibrada entre especies (7.32 según Simpson).

Los meliponario “Canflor” y “CCO” presentaron valores inferiores en diversidad comparados con el meliponario “Las Palmas”. En particular, el meliponario “Canflor” mostró la diversidad más baja (4.28 en índice de Shannon y 3.36 en Simpson), lo que indica que hay menos especies florales dominantes y una menor equidad en la abundancia de estas, tal como se muestra en la tabla 4.

Tabla 4. Resumen de perfiles de diversidad basado en los meliponario de muestreo.

ORDEN	“LAS PALMAS”	“CANFLOR”	“CCO”
Q0	25	17	18
Q1	10.308	4.280	5.359
Q2	7.323	3.360	3.169

6.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.

El análisis clínico se logró aplicar en tres meliponarios, analizando 32 colmenas totales. Durante la inspección externa, se constató la ausencia de enemigos naturales visibles en las inmediaciones de las colmenas, lo que sugiere un ambiente relativamente seguro y controlado para las abejas. Aunado a esto, no se observaron abejas muertas en la periferia de las colmenas, lo que se interpreta como un indicio del buen desempeño de las abejas encargadas de las tareas de limpieza. En el caso de la presencia de guardianas en la piquera promedió 10 individuos por colmena como se ilustra en la figura 10, destacándose como un indicador esencial de la salud y la funcionalidad de las colonias de *S. mexicana*.



Figura 10. Piquera de *S. mexicana*.

Como resultado de la inspección interna, se observó que el 46.88 % de las colmenas se clasificaron en la categoría de "Medianas" (M), mientras que el 53.13 % se clasificaron como "Fuertes" (F). Este diagnóstico clínico se fundamentó en la completa cobertura de discos de crías en la superficie interna y la ausencia de áreas enmohecidas dentro de las colmenas. De manera congruente, según la evaluación basada en la apreciación del peso manual realizada

por los meliponicultores, 19 colmenas fueron clasificadas como "Medianas" y 13 como "Fuertes", sin registrar ninguna en la categoría de "Ligeras" (L). En relación con las reservas de polen ensilado, se registró un promedio de 10 por colmena, mientras que los torales de miel alcanzaron un promedio de 29 tal como se muestra en la tabla 5.

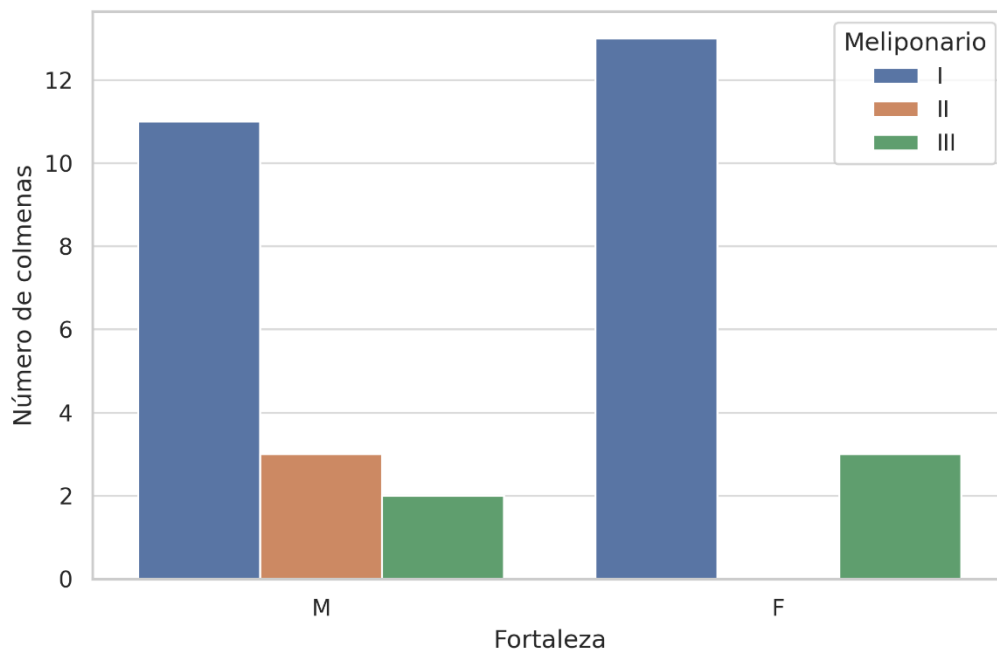


Figura 11. Distribución de la fortaleza por meliponario.

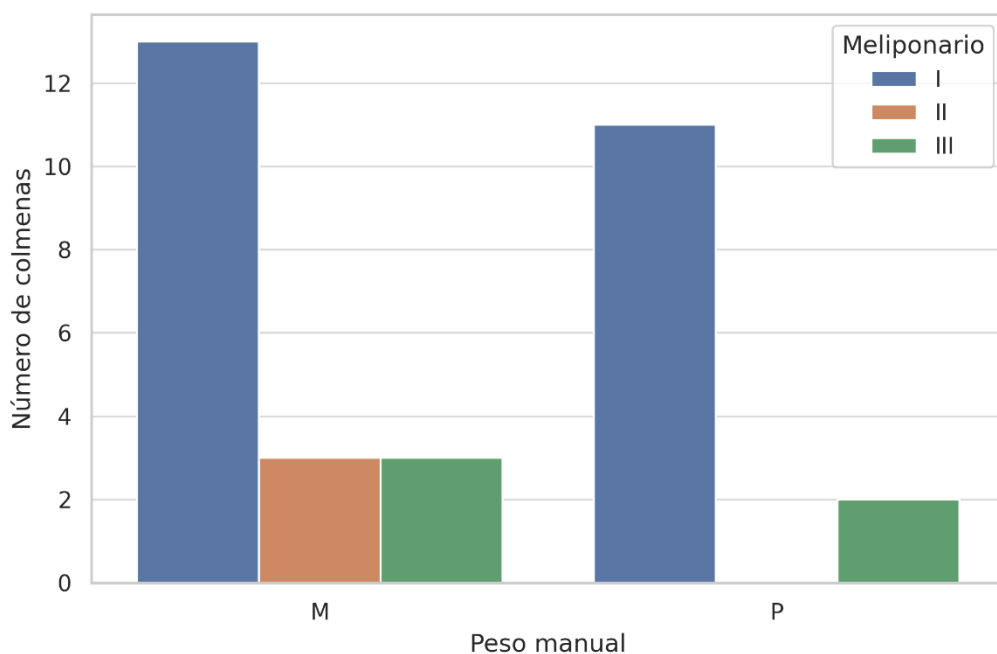


Figura 12. Distribución del peso manual por meliponario.

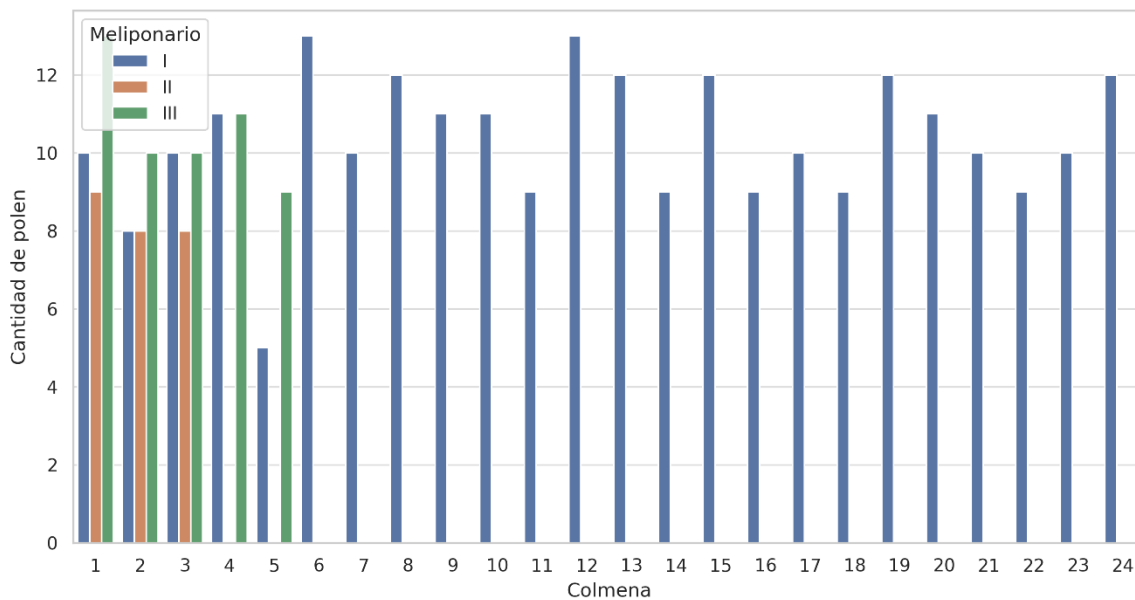


Figura 13. Distribución de torales de polen por colmenas y meliponario.

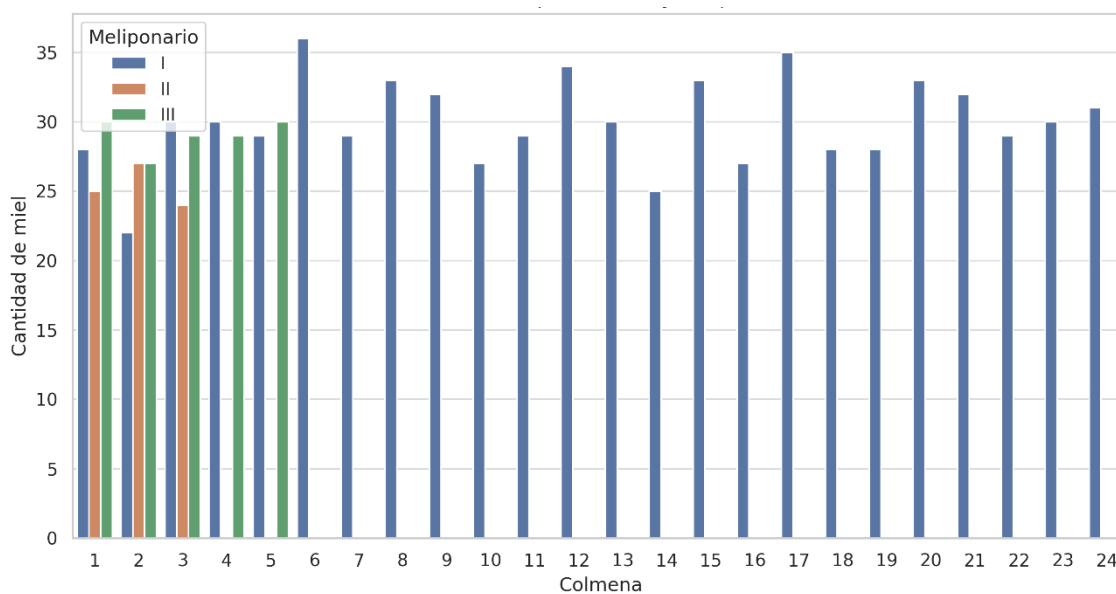


Figura 14. Distribución de torales de miel por colmenas y meliponario.

En el meliponario “Las Palmas” se evaluaron 24 colmenas. De ellas, 12 fueron clasificadas como “Fuertes” (50%) y 12 como “Medianas” (50%) según la inspección interna. En cuanto

al peso manual percibido por los meliponicultores, 13 colmenas se clasificaron como “Pesadas” (54.17%) y 11 como “Medianas” (45.83%). Las reservas alimenticias registraron un promedio de 10.9 torales de polen y 30 torales de miel por colmena. La actividad defensiva, medida a través del número de guardianas en la piquera, osciló entre 4 y 15 individuos, con un promedio de 12 guardianas por colmena. No se reportaron anomalías visibles, ni presencia de depredadores o asociados en la inspección externa.

En el caso del meliponario “Canflor” se inspeccionaron 3 colmenas. Todas fueron clasificadas como “Medianas” tanto en fortaleza interna como en peso manual. En promedio, se contabilizaron 8.3 torales de polen y 25.3 torales de miel por colmena. El número de guardianas varió entre 5 y 15 individuos, con un promedio de 11 guardianas por colmena. No se registraron anomalías ni presencias de depredadores.

Por último, en el meliponario “CCO” se analizaron 5 colmenas. El 80% fueron clasificadas como “Fuertes” según su fortaleza estructural. Con respecto al peso manual, 3 colmenas fueron catalogadas como “Pesadas” (60%) y 2 como “Medianas” (40%). El promedio de torales de polen fue de 11, y el de torales de miel de 29 por colmena. La actividad defensiva fue alta, con un rango de 9 a 15 guardianas en la piquera y un promedio de 11 guardianas por colmena. Tampoco se reportaron anomalías ni presencia de depredadores.

VII. Discusión

7.1. Caracterización del manejo de producción de miel en las colmenas de *S. mexicana*.

La diversidad en el perfil educativo y ocupacional de los meliponicultores proporciona una visión integral de las características sociodemográficas de este grupo, lo cual es fundamental para entender mejor su contexto y las dinámicas de su actividad. En México, la meliponicultura mantiene una fuerte raigambre biocultural, estudios de caso permiten perfilar al meliponicultor como productor de pequeña escala, generalmente hombre y de mayor edad, con débil organización comercial, orientado a usos medicinales y rituales de la miel; tal es el

caso de comunidades mayas en la Reserva de la Biósfera Los Petenes, en Campeche (Pat Fernández et al., 2018).

Teniendo que, en la literatura consultada, existe poca información acerca de las profesiones de las personas que se dedican al cultivo de las abejas sin aguijón, aunque predominan grupos de campesinos y pobladores nativos, como en Costa Rica, donde se encuentran en manos de los grupos indígenas (Aguilar, 2008).

En el presente estudio se observó una mayor representación de hombres que de mujeres entre los meliponicultores entrevistados. Este hallazgo difiere de lo señalado por Delgado et al. (2022) en Nicaragua, donde se reportó una equidad de género, y de lo expuesto por Machado (2023), quien describe que, en Cienfuegos, Cuba, la meliponicultura es ejercida principalmente por hombres. Estas diferencias podrían estar relacionadas con factores culturales, roles de género tradicionales o características demográficas propias de cada región, que influyen en la participación de mujeres y hombres en la actividad. Mientras que en el estudio de Machado el 50% de los encuestados inició en la meliponicultura por influencia de otros productores, en la presente investigación la motivación principal fue la iniciativa propia, lo que sugiere que el contexto local puede desempeñar un papel clave en las formas de incorporación a esta práctica.

El uso de colmenas tecnificadas permite a los meliponicultores optimizar diversos aspectos del manejo melipónico, tales como la recolección de miel, el control sanitario de las colmenas y la maximización de la producción. Esta tecnificación no solo mejora la eficiencia y sostenibilidad de las prácticas melipónica, sino que también facilita la implementación de técnicas de manejo más precisas y adaptadas a las necesidades específicas de la especie *S. mexicana*. De acuerdo con lo reportado por Machado (2023), el mayor porcentaje de modelos de colmenas es el tecnificado, representando para su estudio el 81% del total de colmenas, por lo que coincide con nuestros resultados.

Los datos sugieren que la mayoría de los productores están principalmente enfocados en el crecimiento y mantenimiento de sus colmenas, en lugar de maximizar la producción de miel. Este enfoque se traduce en una extracción limitada de miel, la cual es destinada mayoritariamente para el consumo propio de los productores. La venta de miel se realiza únicamente en ciertas ocasiones, cuando las condiciones lo permiten y existe un excedente

disponible. En el caso de *S. mexicana*, el rendimiento anual por colmena es relativamente bajo, con una producción estimada entre 0.6 y 0.8 litros (Medina et al., 1994). Esta práctica refleja una estrategia de manejo sostenible, priorizando la salud y la expansión de las colmenas por encima de la producción de miel.

Al centrarse en la sostenibilidad y el bienestar de las colmenas, los meliponicultores aseguran que sus prácticas melipónicas no agotan los recursos naturales ni comprometen la salud de las abejas. Como resultado, el mercado de miel de *S. mexicana* se caracteriza por una oferta restringida, lo que puede influir tanto en su valor como en su disponibilidad. La limitada producción de miel, combinada con la alta demanda, puede llevar a precios más elevados y una menor disponibilidad en el mercado.

Aunado a la sostenibilidad y el bienestar de las colmenas está el uso frecuente de diversas clases de plaguicidas durante las tareas de forrajeo de las abejas (David et al., 2016; Hladik et al., 2016; Botías et al., 2017) hace necesario investigar si existen interacciones o sinergias entre estos químicos que puedan poner en riesgo la salud y supervivencia de las abejas. Por ejemplo, ciertos fungicidas, como los inhibidores del ergosterol, podrían tener efectos significativos ya que atacan el sistema digestivo de las abejas provocando la muerte (Goulson, 2015).

Los cambios en la fenología de la floración, derivados del aumento de la temperatura ocasionados por el cambio climático, pueden causar disrupciones significativas en las interacciones entre plantas e insectos polinizadores. Si la floración y la actividad de los polinizadores no son sincrónicas, estas disrupciones pueden tener serias consecuencias para ambos elementos de la interacción. Las plantas pueden florecer de manera más temprana, especialmente aquellas especies que emergen primero en primavera (Fitter y Fitter 2002; Badeck et al. 2004; Miller-Rushing et al. 2008), resultando en la ausencia de polinizadores en el momento crucial para su polinización.

De acuerdo con lo planteado por Cajamarca et al., (2020) uno de los principales imperativos de los meliponicultores es tener floración todo el año y el no uso de agroquímicos en las áreas donde forrajean las abejas, para ello necesitan implementar prácticas agrícolas sostenibles.

La *S. mexicana* tiene enemigos naturales entre los que se incluyen hormigas del género *Solenopsis* y *Paratrechina*, lagartijas como *Anolis* spp., aves insectívoras de los géneros *Turdus* y *Pitangus* y abejas pilladoras (“limoncillo”). Sin embargo, esta especie no es tan susceptible al ataque de sus enemigos como *M. beecheii*, debido a su defensa “agresiva” y a la abundante población que presenta. Para *S. mexicana*, al igual que para la mayoría de las especies de abejas sin aguijón, el enemigo principal es *P. kertzezi*. No obstante, este parásito actualmente causa poco daño a las colonias recién formadas de *S. mexicana* debido al manejo adecuado durante las divisiones y a la rápida organización de las abejas en la nueva colmena. Esta capacidad de defensa y manejo efectivo permite a *S. mexicana* mantener una mayor resiliencia frente a sus enemigos naturales (Díaz *et al.*, 2011)

La defensa más efectiva consiste en mantener las colmenas saludables, limpias y robustas. Asegurándose de que los potes estén completamente cerrados y las alzas aseguradas con cinta de enmascarar. Además, de utilizar resinas naturales o adhesivos de origen natural en los alambres y patas del soporte de las colmenas. Es crucial que al trabajar con las colmenas no se dejen residuos de miel ni de polen en la zona (Nates-Parra y Ramírez, 2022).

7.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de *S. mexicana*.

Los resultados melisopolinológicos evidencian diferencias notables en la diversidad de la flora melífera circundante a los tres meliponarios estudiados. El meliponario “Las Palmas”, ubicado en una zona donde se practica la agricultura y alejado de las áreas urbanizadas, presentó la mayor riqueza polínica, con 25 tipos de polen identificados, y una distribución relativamente equilibrada entre las fuentes forrajeras: su especie dominante *Conostegia xalapensis* (Melastomataceae) constituyó el 24.30% del polen, acompañada de tres co-dominantes (*Diphysa americana*, *Chamaedorea* sp., *Bursera simaruba*). En contraste, el meliponario “Canflor” mostró solo 17 tipos polínicos, con una fuerte dominancia de *Chamaedorea* sp. (Arecaceae) que aportó el 40.12% del polen, seguida de dos co-dominantes con menor incidencia. El meliponario “CCO” fue intermedio en riqueza (18 tipos), pero exhibió la dominancia más marcada: *C. xalapensis* alcanzó un 52.84% del contenido polínico.

Estas diferencias se reflejan en los índices de diversidad. El meliponario “Las Palmas” alcanzó el mayor índice de Shannon ($H' = 2.33$) y de Simpson ($Q2 = 7.32$), indicando alta diversidad y una distribución más homogénea. Por el contrario, el meliponario “Canflor” presentó la menor diversidad efectiva ($Q1 = 4.28$) y equidad de pecoreo ($J' = 0.51$), lo que sugiere una dieta más restringida. Los valores obtenidos con respecto al índice de Shannon son parecidos a lo expuesto por (Padilla Vargas, 2015) en el municipio de Cuetzalan donde sus valores estaban en el orden de 1.56 a 2.31. Los resultados descritos por (Villamar, 2004) en la comunidad de San Miguel Tzinacapan fueron menores (0.55 a 1.77) que los obtenidos en esta investigación. En el caso del índice de Pielou los resultados son muy parecidos a los obtenidos por Villamar (2004) y Padilla Vargas (2015).

Si bien todas las muestras son técnicamente multiflorales, los patrones observados reflejan un comportamiento de pecoreo más especializado en los meliponarios con menor diversidad, consistente con lo señalado por Guzmán et al. (2011) y Villanueva-Gutiérrez et al. (2005).

La importancia de una dieta polínica diversa ha sido ampliamente documentada. Cada tipo de polen ofrece un perfil único de proteínas, lípidos, aminoácidos esenciales y vitaminas (Di Pasquale et al., 2013), por lo que una dieta limitada puede provocar deficiencias nutricionales, afectar el desarrollo larval, reducir la longevidad de las obreras y debilitar la respuesta inmunológica de la colonia (Alaux et al., 2010; Brodschneider & Crailsheim, 2010). Diversos estudios han demostrado que las abejas tienden a recolectar múltiples tipos de polen como estrategia para equilibrar su dieta (Roulston & Cane, 2000; Somme et al., 2015). Esto coincide con la equidad observada en el meliponario “Las Palmas”, donde ninguna especie superó el 25%, lo que sugiere un entorno florísticamente más complejo.

En contraste, la dominancia de *Chamaedorea* en “Canflor” y de *Conostegia* en el meliponario “CCO” podría estar influenciada por floraciones masivas estacionales, una menor oferta floral alternativa, o incluso la proximidad espacial a estas especies (Nates-Parra & Rosso-Londoño, 2013). Las abejas sin aguijón como *S. mexicana* son generalistas en términos ecológicos, pero pueden mostrar comportamientos de fidelidad floral temporal cuando ciertas especies proveen recompensas abundantes (Wilms & Wiechers, 1997). Este comportamiento de pecoreo intensivo en fuentes dominantes puede reflejar una respuesta adaptativa a

floraciones puntuales, tal como lo discuten Ramírez-Arriaga et al. (2011) para mieles monoflorales de *Melipona* sp.

La ubicación de los meliponarios también puede influir en estos resultados. Meliponarios cercanos a ambientes más diversos (bosques secundarios, agroecosistemas diversificados) tienden a mostrar mayor riqueza polínica (Contreras-Escareño et al., 2019), mientras que aquellos rodeados por monocultivos o áreas urbanizadas pueden limitar la oferta disponible. Además, el manejo humano, como la conservación de vegetación nativa o la siembra de plantas melíferas alrededor del meliponario, puede fomentar floraciones complementarias y sostener la dieta de las abejas durante todo el año (González & De Araújo, 2011; Pinto et al., 2009).

Finalmente, estos hallazgos refuerzan la importancia de conservar una flora melífera diversa y de promover prácticas de manejo que integren el conocimiento local y ecológico. Un entorno florísticamente complejo permite que abejas como *S. mexicana* expresen plenamente su comportamiento poliléctico, accediendo a una dieta balanceada que favorece la salud y productividad de la colonia a largo plazo.

7.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.

Durante la inspección externa, la ausencia de enemigos naturales visibles y de abejas muertas en la periferia de las colmenas destacó como un indicador positivo de la salud de las colonias. Este resultado puede atribuirse a las prácticas de manejo limpio implementadas por los meliponicultores, que incluyen medidas efectivas de protección contra depredadores y una adecuada disposición del entorno. Estas observaciones respaldan la eficacia de las estrategias aplicadas para mitigar amenazas externas y mantener un ambiente seguro y saludable para las abejas.

En la inspección interna, las colmenas fueron clasificadas como "Medianas" y "Fuertes" en cuanto a fortaleza, y como "Medianas" y "Pesadas" en relación con el peso manual, reflejando un estado general saludable. Factores como la completa cobertura de discos de crías y la

ausencia de áreas enmohecidas fueron determinantes en este diagnóstico clínico. Estos hallazgos coinciden con los resultados de Fonte-Carballo et al. (2024), quienes reportaron que todas las colmenas de *M. beecheii* analizadas estaban en la categoría de "Fuertes" y ninguna en la de "Ligeras". Asimismo, son consistentes con los datos de Lóriga (2015), quien en un estudio realizado en Cuba evaluó al azar 309 colmenas rústicas y semi-rústicas, clasificando como fuertes al 91.90 % de ellas. Aunado a esto las colonias muestran un equilibrio en las reservas alimenticias, lo cual es crucial para su estabilidad.

Machado et al. (2019) señalan que la producción de miel por colmena es altamente variable y depende de diversos factores, como la disponibilidad de recursos florales, el tamaño de los alojamientos, la fortaleza de la colonia y su estado de salud. Fonte-Carballo et al. (2024) asegura que existe una competencia intrínseca entre la cosecha de polen y néctar, ya que un aumento en la necesidad de uno provoca que un mayor número de obreras se dediquen a su recolección, reduciendo el acopio del otro. Mantener un equilibrio saludable entre estas reservas es crucial para la estabilidad de la colonia.

La cantidad de reservas alimenticias (miel y polen) está directamente relacionada con la fortaleza de la colonia y otros factores, como la especie de abeja, la actividad de pecoreo, las condiciones meteorológicas, la frecuencia de vuelo, la presencia de competidores potenciales y el estado sanitario de la colonia (Verde, 2013). Además, la relación entre las reservas de alimento y la producción de individuos sexuados ha sido documentada en *M. beecheii* (Moo Valle, 2004).

Se ha observado que una disminución en las reservas alimenticias, particularmente de polen, conduce a una menor producción de individuos sexuados, especialmente zánganos, quienes además presentan una reducción en el tamaño corporal y en la cantidad de esperma producido (Pech-May, 2012). Un fenómeno similar ha sido registrado en *Melipona flavolineata*, donde la limitación de recursos también afecta el tamaño de las obreras (Veiga et al., 2013). En este balance, que refleja el estado de salud de la colonia, las abejas deben gestionar instintivamente múltiples factores, como la oferta y atractividad de los recursos, las necesidades de la colonia, la proporción entre población adulta y cría, y las distancias a las fuentes alimenticias.

El número y la actividad de las guardianas no solo reflejan la capacidad defensiva de la colonia, sino también la disponibilidad de recursos internos. En especies de abejas sin aguijón, como *Tetragonisca angustula*, se ha documentado que algunas guardianas mantienen vigilancia nocturna, mientras otras sellan parcialmente las entradas de los nidos para prevenir invasiones nocturnas. Este comportamiento es costoso en términos energéticos, pero crucial para proteger a la colonia de depredadores y saqueadores (Bennett y Baudier, 2021).

Además, estas guardianas no solo son capaces de identificar y rechazar amenazas externas, sino que también regulan la entrada de abejas de otras colonias de la misma especie, un comportamiento que ayuda a prevenir el pillaje por parte de congéneres. Este mecanismo es vital para mantener la integridad de las reservas alimenticias, especialmente durante periodos de escasez de recursos en el ambiente. Por lo tanto, la observación de un número adecuado de guardianas activas puede ser interpretada como un indicador de buena gestión interna y manejo adecuado por parte del meliponicultor.

El manejo de los meliponicultores ha demostrado ser efectivo, gracias al elevado grado de tecnificación aplicado en sus colmenas. Estas prácticas han optimizado tanto la recolección de miel como la reproducción de la especie, promoviendo su conservación a largo plazo. Además, la implementación de un calendario floral ha sido fundamental para sincronizar las actividades apícolas con los periodos de máxima floración, asegurando así una disponibilidad constante de recursos para las abejas. Según Pinto et al. (2009), esta estrategia es clave para mantener colonias fuertes, productivas y saludables, consolidando su importancia como una herramienta indispensable en la meliponicultura sostenible.

A pesar de los resultados positivos, los meliponicultores enfrentan desafíos como la variabilidad en las floraciones, el uso de agroquímicos en áreas circundantes y la competencia con otros polinizadores. No obstante, las estrategias de manejo aplicadas, combinadas con la resiliencia natural de *S. mexicana*, han permitido mitigar estos factores adversos. La ausencia de enemigos naturales significativos y la implementación de prácticas sostenibles refuerzan la capacidad de las colonias para adaptarse a estas condiciones.

Los resultados obtenidos muestran una clara asociación entre las prácticas de manejo implementadas por los meliponicultores, la disponibilidad de recursos florales y el estado

sanitario de las colmenas de *S. mexicana*. El caso del meliponario “Las Palmas” es particularmente ilustrativo, ya que presentó los indicadores más favorables: más del 50% de las colonias fueron clasificadas como “Fuertes” y el resto como “Medianas”, sin presencia de colmenas “Débiles”. Esta condición sanitaria se vio reforzada por la alta actividad defensiva observada en la piquera, con hasta 15 guardianas activas por colmena, lo cual sugiere un comportamiento vigoroso y una buena organización social.

Estas condiciones parecen estar estrechamente relacionadas con dos elementos clave. Por un lado, la aplicación de un manejo técnico más estructurado, que incluyó el uso de colmenas racionales, una estrategia de alimentación suplementaria bien definida y el diseño de un calendario floral específico para la región. Por otro lado, destaca la alta diversidad polínica registrada en este sitio, con 25 tipos polínicos diferentes, y valores altos de diversidad ($H' = 2.33$) y equitatividad ($J' = 0.79$). Estos indicadores sugieren que las abejas contaron con una dieta variada y balanceada, lo que favorece su desarrollo, reproducción y respuesta inmunológica.

En contraste, el meliponario “Canflor” mostró condiciones menos favorables. Aunque todas las colmenas fueron clasificadas como “Medianas”, se observó una menor disponibilidad de recursos alimenticios y una notable dominancia de una sola especie floral (*Chamaedorea* sp.), que constituyó más del 40% del polen colectado. Este resultado plantea interrogantes sobre el valor nutritivo de este polen, particularmente en cuanto a su contenido proteico y diversidad de aminoácidos esenciales, ya que una dieta basada en un recurso floral dominante podría no cubrir de manera óptima los requerimientos nutricionales de las abejas y, en consecuencia, afectar su salud y productividad. La diversidad efectiva ($Q1 = 4.28$) y la equitatividad ($J' = 0.513$) fueron las más bajas entre los tres sitios, lo que indica un comportamiento más oligoléctico y, posiblemente, una mayor dependencia de una fuente floral específica. Esta limitada oferta polínica podría afectar la nutrición de las abejas y, en consecuencia, su capacidad de mantener reservas suficientes y de sostener colmenas con alto vigor.

El meliponario “CCO” presentó resultados intermedios tanto en diversidad florística como en condición sanitaria de las colmenas. Se registraron 18 tipos polínicos y valores moderados en los índices de diversidad ($H' = 1.679$) y equitatividad ($J' = 0.580$). Las colmenas se

distribuyeron entre las categorías “Fuertes” y “Medianas”, con una cantidad de reservas alimenticias aceptable, aunque inferior a la observada en el meliponario “Las Palmas”.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos que han señalado la influencia directa de la diversidad floral en la salud y productividad de las colonias de abejas nativas (Pech-May, 2012; Martínez-Machado et al., 2019). Una dieta rica en variedad polínica aporta no solo una mayor gama de nutrientes esenciales como proteínas y lípidos, sino que también incrementa la resiliencia de las colonias frente a factores de estrés ambientales y patológicos. Además, el manejo técnico adecuado que incluye el monitoreo sanitario regular, la suplementación alimenticia estratégica y el control de enemigos naturales se confirma como un componente esencial para mantener la estabilidad de las colonias y garantizar la sostenibilidad del sistema productivo.

VIII. Conclusiones

8.1. Caracterización del manejo de producción de miel en las colmenas de *S. mexicana*.

El manejo aplicado por los meliponicultores evidencia una tendencia hacia la tecnificación, con prácticas orientadas a mejorar el control y mantenimiento de las colmenas. Aunque la producción de miel es limitada, se observa una prioridad por mantener la estabilidad y conservación de las colonias, más que por maximizar el rendimiento. A su vez, los meliponicultores enfrentan desafíos vinculados al entorno, como la variabilidad floral, el uso de agroquímicos y la presencia de enemigos naturales, lo cual influye directamente en la productividad y el bienestar de las abejas. A pesar de ello, se destaca el conocimiento empírico que poseen, así como su interés en fortalecer prácticas sostenibles.

8.2. Identificación de la flora melífera circundante a los meliponarios de *S. mexicana*.

La composición y diversidad de la flora melífera mostró variaciones significativas entre los meliponarios evaluados, lo que repercute directamente en la dieta de las abejas y en sus patrones de pecoreo. En ambientes con mayor heterogeneidad vegetal, las colonias tuvieron acceso a una amplia gama de recursos florales, lo que favorece una nutrición más equilibrada y, por ende, un mejor desarrollo y mantenimiento de las colmenas. En contraste, en sitios donde se registró la dominancia de unas pocas especies vegetales, la dieta potencial de las abejas se vio más limitada, lo que podría restringir la calidad y diversidad de nutrientes disponibles. Estas diferencias se encuentran estrechamente relacionadas con las características del paisaje, la estacionalidad de las floraciones y las prácticas de manejo aplicadas por los meliponicultores. De manera particular, en el meliponario “Las Palmas” se identificaron 25 grupos polínicos, mientras que en “CCO” y “Canflor” se registraron 18 y 17 grupos respectivamente, evidenciando contrastes notables en la disponibilidad y diversidad floral entre los sitios de estudio.

8.3. Análisis de las variaciones en la salud de las colmenas de *S. mexicana* en relación con diferentes prácticas de manejo y niveles de disponibilidad de alimentos.

Las colonias con manejo más tecnificado y ubicadas en ambientes florísticamente diversos presentaron mejores indicadores (reservas adecuadas y defensas activas); en ambientes menos diversos, las condiciones fueron estables, pero menos favorables. En el muestreo, 53.13% de las colonias se clasificaron como “Fuertes” y el resto “Medianas”; el promedio fue de 10 guardianas por colmena en piquera. Todo confirma que manejo integral más una oferta floral variada sostienen colmenas saludables y resilientes.

IX. Recomendaciones

9.1. Se recomienda implementar un sistema estandarizado de monitoreo mediante hojas de campo que incluyan variables diagnósticas clave: fortaleza de la colonia, peso manual de la colmena, número de abejas guardianas en piquera, cantidad de torales de polen y miel, así como la presencia de plagas o enfermedades. Este esquema permitirá la construcción de una base de datos longitudinal que facilite la detección de tendencias y anomalías. Como meta operativa, se sugiere mantener un promedio 10 abejas guardianas en piquera y una condición modal de fortaleza “Mediana–Fuerte” por meliponario, garantizando así la estabilidad funcional de las colonias bajo condiciones de variabilidad ambiental

9.2. Es pertinente replicar y ampliar los programas de capacitación dirigidos a meliponicultores, similares a los desarrollados en la Reserva Koliijke, con énfasis en nutrición de abejas nativas, elaboración de calendarios florales, criterios para la selección de sitios y protocolos de cosecha sustentable que eviten el agotamiento de reservas alimenticias. Como indicador de impacto, se plantea la realización de al menos dos talleres anuales y la adopción documentada de prácticas de cosecha regulada en el 100% de los productores capacitados, promoviendo así la homogeneización de criterios técnicos en la región.

9.3. Con el propósito de garantizar una oferta floral escalonada y continua durante el año, se sugiere establecer y proteger parches con especies nativas identificadas en el presente estudio, tales como *Bursera simaruba*, *Pimenta dioica*, *Conostegia xalapensis*, *Chamaedorea* sp. y *Diphysa americana*. Estos núcleos vegetales deberán ubicarse preferentemente en áreas con buena disponibilidad hídrica y resguardo de viento, condiciones que optimizan su supervivencia y productividad. Como indicador de éxito, se establece el incremento de la riqueza polínica a 20 tipos por temporada, acompañado de un aumento progresivo del índice de diversidad de Shannon (H') en los muestreos sucesivos.

X. Literatura Citada

- Acosta-Castellanos, S. and Palacios-Chavez, R. (1996). Plants of apicultural interest in the Pluma Hidalgo zone, Oaxaca, Mexico. *In*: Goodman, D. K. and Clarke, R. T. (eds.), Proceedings of the IX International Palynological Congress. pp 459-469.
- Aguilar, A. (2008). División tecnificada de colonias de “Ko’olelKaab” (*Melipona beecheii*) en el oriente de Yucatán. Memorias del V Congreso Mesoamericano Sobre Abejas sin Aguijón. Mérida, Yucatán, México. Del 2 al 4 octubre. pp. 19-23.
- Andrada, A. C. y Tellería, M. C., (2005). Pollen collected by honey bees (*Apis mellifera* L.) from south of Caldén district (Argentina): botanical origin and protein content. *Grana*. 44 (2):115-22. DOI: <https://doi.org/10.1080/00173130510010459>.
- Arnold, N., Zepeda, R., Vásquez-Dávila, M. A. y Aldasoro Maya, M. (2018) *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México con catálogo de especies*. El Colegio de la Frontera Sur: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: Rémy Benoit Marie Vandame, 147 pp. ISBN: 978-607-8429-79-0.
- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R. y Oyama, K. (2009) Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142 (5), 1050–1057.
- Ayala, B. R. (1999) Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 123 (106), 1–123.
- Ayala, R. (2010). Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. *Ciencia y desarrollo*. 36. 8 - 13.
- Ayala, R., Gonzalez, V. H. y Engel, M. S. (2013) Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): Diversity, distribution, and indigenous knowledge. Pp. 135–152. *In*: P. Vit, S. R. M. Pedro, D. W. Roubik (Eds.). *Pot-Honey. A legacy of stingless bees*. Springer Netherlands.
- Badeck, F.W., Bondeau, A., Böttcher, K., Doktor, D., Lucht, W., Schaber, J., Sitch, S. (2004). Responses of spring phenology to climate change. *New Phytologist* 162: 295-309.
- Baquero, L. y Stamatti, G. (2007). Cría y manejo de abejas sin aguijón. Tucumán, Argentina: Fundación Pro Yungas/Ediciones del Subtrópico.

- Barona Ramírez, N. (2020). La meliponicultura: una práctica en pro de la reforestación y la economía sostenible. from <https://www.elespectador.com/ambiente/la-meliponicultura-una-practica-en-pro-de-la-reforestacion-y-la-economia-sostenible-article/>.
- Bartomeus, I., & Bosch, J. (2018). Pérdida de polinizadores: evidencias, causas y consecuencias. *Ecosistemas*, 27(2), 1-2.
- Bartomeus, I., Ascher, J.S., Wagner, D., Danforth, B.N., Colla, S., Kornbluth, S. y Winfree, R. (2011). Climate-associated phenological advances in bee pollinators and bee-pollinated plants. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(51): 20645-20649.
- Bicudo de Almeida-Muradian, L., Monika Barth, O., Dietemann, V., Eyer, M., Freitas, A. D. S. D., Martel, A. C., ... & Gasparotto Sattler, J. A. (2020). Standard methods for *Apis mellifera* honey research. *Journal of Apicultural Research*, 59(3), 1-62.
- Botías, C. y Sánchez-Bayo F. (2018). Papel de los plaguicidas en la pérdida de polinizadores. *Ecosistemas* 27(1): 34-41. Doi.: 10.7818/ ECOS.1314.
- Botías, C., David, A., Hill, E.M., Goulson, D. (2017). Quantifying exposure of wild bumblebees to mixtures of agrochemicals in agricultural and urban landscapes. *Environmental Pollution* 222: 73–82.
- Cerón-Carpio, A.B., J.L. Contreras-Jiménez y V.H. De Gante-Cabrera. (2012). Inventario pteridoflorístico del Área de Protección de Recursos Naturales “Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa” porción Puebla, México. *Polibotánica*, 33: 41-55.
- Contreras-Escareño, F., Echazarreta, C. M. G., Guzmán-Novoa, E., Macías-Macías, J. O. (2019) Traditional knowledge and potential use of stingless bees (Hymenoptera: Meliponinae) in the Manantlán Sierra, Jalisco, Mexico. *Sociobiology*, 66 (1), 120–125.
- Conway, G. 1987. The properties of agroecosystems. *Agric. Systems*. 24: 95-117.
- Couto. L. A. Nutrição de abelhas, (1998). Análisis del XII Congresso Brasileiro de Apicultura. [CD-ROM]. Salvador, Brasil: Confederação Brasileira de Apicultura.

- Daily, G. C. (2013) *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems (1997)*. Yale University Press. <https://doi.org/10.12987/9780300188479-039>.
- David, A., Botías, C., Abdul-Sada, A., Nicholls, E., Rotheray, E.L., Hill, E.M., Goulson, D. (2016). Widespread contamination of wildflower and bee-collected pollen with complex mixtures of neonicotinoids and fungicides commonly applied to crops. *Environment International* 88: 169-178.
- Delgado, Y., Maya, E. M., Vides, E., Morales, H. y Rosset, P. (2022). Crianza de abejas nativas: una pedagogía agroecológica con raíces. *Revista Brasileira de Educação do Campo*. 7. 1-27. 10.20873/uftrbec.e14508.
- Demedio J.; Verde, M. & Bande, J. M., (2011). La abeja de la tierra *Melipona beecheii* Bennett. En: *Cotos de reserva genética... a favor de la biodiversidad*. La Habana: ACPA. p. 115-132.
- Díaz, G., Maestro, M. Á., Aguilar, B., Maestro, C. C., González, A., Acereto, G., & Ángel, J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México *Melipona beecheii* y *Scaptotrigona mexicana*.
- Ellis, E.C., Klein Goldewijk, K., Siebert, S., Lightman, D. y Ramankutty, N. (2010). Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000. *Global ecology and biogeography* 19(5): 589-606.
- Fernández de Oviedo y Valdés, G. (1851). *Historia general y natural de Las Indias: Islas y tierra-firme del mar océano 1478-1557*. Imprenta de la Real Academia de la Historia.
- Fitter, A.H., Fitter, R.S.R. (2002). Rapid changes in flowering time in British plants. *Science* 296: 1689-1691.
- Flores, F. F.; Lupo, L. C. y Hilgert, N. I., (2015). Recursos tróficos utilizados por *Plebeia intermedia* (Apidae, Meliponini) en la localidad de Baritú, Salta, Argentina. Caracterización botánica de sus mieles. (4):515-529. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851
- Fonte-Carballo, L., Navarro-Boulandier, M., Díaz-Solares, M., Lóriga-Peña, W., Demedio-Lorenzo, J., & Portal-Rodríguez, M. (2021). Relación entre el estatus nutricional y el

inmunológico del ganado meliponícola en dos provincias de Cuba. Pastos y Forrajes, 44.

Garibaldi, L. A., Requier, F., Rollin, O., Andersson, G. K. (2017) Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Current Opinion in Insect Science*, 21 (1), 105–114. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2017.05.016>

GBIF.org (2020) GBIF Occurrence Download. Disponible en: <https://doi.org/10.15468/dl.eqxqu4> (consultado 21 de agosto, 2023).

Girou, N. G., 2003. Fundamentos de la producción apícola moderna. Bahía Blanca, Argentina: Editorial Encestando S.R.L.

González, J. A, De Araujo, C. y González, J. A. (2011). Los productos de las abejas nativas, la salud, la vida y la magia: elementos asociados en la realidad comunitaria entre los campesinos mayas de la Península de Yucatán. VII Seminario Mesoamericano sobre Abejas Nativas, Puebla, México, pp. 18-22.

González, J. A. (2012), La importancia de la meliponicultura en México, con énfasis en la Península de Yucatán. *Bioagrociencias*, 5(1): 34-41.

GOULSON, Dave et al. Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. In: *Science* 2015 vol. 347 no. 6229 p. 125-5957. <https://doi.org/10.1126/science.1255957>.

Greenleaf, S. S., Williams, N. M., Winfree, R. y Kremen, C. (2007) Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia*, 153 (3), 589–596.

Gruter, C. (2020). *Stingless Bees: Their Behavior, Ecology and Evolution*. Springer, Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60090-7>. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>.

Guzmán, M., Balboa, C., Vandame, R., Albores, M. L. y González, J. (2011). Manejo de las abejas nativas sin aguijón en México. *El Colegio de la Frontera Sur*

Hladikdik, M.L., Vandever, M., Smalling, K.L. (2016). Exposure of native bees foraging in an agricultural landscape to current-use pesticides. *Science of The Total Environment* 542: 469-477. Hyvönen, T., Salonen, J. 2002. Weed species di.

- INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) Gobierno del Estado de Puebla. (2009). “Enciclopedia de los municipios de México, Estado de Puebla”, disponible en http://www.E-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_Puebla.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2010. Compendio de información geográfica municipal 2010 Xilotepec y Zihuateutla, Puebla. Compendio de información geográfica municipal 2010. Xicotepec y Zihuateutla, Puebla. (inegi.org.mx)
- IPBES (2016) *The Intergovernmental science-policy platform assessment report on biodiversity and ecosystem services on pollinators, pollination, and food production*. S. G. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, H. T. Ngo (Eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113(2): 363-375
- Kearns, C. A., Inouye, D. W. y Waser, N. M. (1998) Endangered mutualisms: The conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 29, 83–112.
- Kerr, J.T., Pindar, A., Galpern, P., Packer, L., Potts, S.G., Roberts, S.M., Rasmont, P., Schweiger, O., Colla, S.R., Richardson, L.L, Wagner, D.L. (2015). Climate change impacts on bumblebees converge across continents. *Science* 349(6244): 177-180.
- Kremen, C., Williams, N. M., Aizen, M. A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S. G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vázquez, D. P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E. E., Greenleaf, S. S., Keitt, T. H., Klein, A. M., Regetz, J. y Ricketts, R. H. (2007) Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: A conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10 (4), 299–314.
- Landaverde, V.; Zamora, L. G. y Aguilar, I., (2006). Determinación de carga microbiológica y actividad antimicrobiana de mieles de *Melipona beecheii*, en Costa Rica. *Notas Apícolas Costarricenses*. 11:40-42.
- Lázaro, A. y Tur, C. (2018). Los cambios de uso del suelo como responsables del declive de polinizadores. *Ecosistemas* 27(1): 23-33. Doi.: 10.7818/ ECOS.1378.
- Lóriga, W. Caracterización de las abejas, colmenas, sistema de manejo y estado de salud de *Melipona beecheii* Bennett (Apidae, Meliponini) en áreas del Occidente de Cuba.

- Tesis de doctorado. San José de las Lajas, Cuba: Universidad Agraria de La Habana, (2015).
- Louveaux, J., Maurizio, A., & Vorwohl, G. (1970). Internationale Kommission für Bienenbotanik Der I. U. B. S. Methodik Der Melissopalynologie. *Apidologie*, 1(2), 193–209. doi:10.1051/apido:19700205
- Machado, J. A. M. (2023). CHARACTERIZATION OF MELIPONICULTURE IN THE PROVINCE OF CIENFUEGOS, CUBA. *Ingeniería Investigación y Desarrollo*, 23(1), 63-68.
- Magurran, A. E., (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey, USA: Princeton University Press. 179 p.
- Martínez Machado, J. A., Christopher Ward, D., Álvarez Sánchez, A., González Placeres, J. P., y Reyna Reyes, R. D. (2019). Población de crías y reservas de alimentos en colmenas racionales de *Melipona beecheii* Bennett como factores básicos para su salud. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(3),128-133. Recuperado de <https://aes.ucf.edu>.
- MEDINA, M; GUZMÁN, M. A; JA RAMILLO, O. (1994). *Biología y Cultivo de Scaptotrigona mexicana*. Parte VI: Producción de miel en abejas “congo”. Resumen. VIII Seminario Americano de Apicultura. Villahermosa, Tabasco. S/P.
- Miller-Rushing, A.J., Primack, R.B. (2008). Global warming and flowering times in Thoreau’s Concord: a community perspective. *Ecology* 89: 332-341.
- Nates-Parra, G. y Ramírez, B. (2020). Guía para la conservación y manejo de abejas sin aguijón.
- Nates-Parra, G. y Rosso-Londoño, J. (2013). Diversity of Stingless Bees (Hymenoptera: Meliponini) Used in Meliponiculture in Colombia. *Acta biol. Colomb.* vol18.pg 415,426.
- Ollerton, J., Winfree, R. y Tarrant, S. (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos*, 120 (3), 321–326. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0706.2010.18644>.

- Padilla Vargas, P. J. (2015). Etnobotánica de las especies utilizadas por la abeja *Scaptotrigona mexicana* en Cuetzalan del progreso, Puebla, México.
- Pat Fernández, L. A., Anguebes Franceschi, F., Pat Fernández, J. M., Hernández Bahena, P., & Ramos Reyes, R. (2018). Condición y perspectivas de la meliponicultura en comunidades mayas de la reserva de la biósfera Los Petenes, Campeche, México. *Estudios de Cultura Maya*, 52, 227–254. <https://doi.org/10.19130/iifl.ecm.2018.52.939>.
- Pat, L. A., Hernández, P., Pat, J. M. y Guizar, F. (2016). Situación actual y perspectivas de la meliponicultura en comunidades aledañas a la RB, Los Petenes [Informe final]. Campeche: Colegio de la Frontera Sur/ECOSUR.
- Pielou, E. C. The interpretation of ecological data. New York: John Wiley and Sons, Inc., (1984).
- Plant, J. D. y Paulus, H. F. (2016) *Evolution and Phylogeny of Bees*. Schweizerbart Science Publishers. Zoologica, 161, 364 pp. ISBN 978-3-510-55048-7. Disponible en: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510550487/Zoologica_Vol_161?af=featured (consultado 9 de noviembre, 2023).
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. y Kunin, W. E. (2010) Global pollinator declines: Trends, impacts, and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25 (6), 345–353.
- Quiroz, G.D.L. (1993). Patrones estacionales de utilización de recursos florales por *Scaptotrigona hellwegeri* en la Estación de Biología Chamela, Jalisco. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México. p 148.
- Quiroz, G.D.L. y Palacios, C.R. (1999). Determinación palinológica de los recursos florales utilizados por *Centris inermis* Friese (Hymenoptera: Apidae) en Chamela, Jalisco, México. *Polibotánica*. Núm. 10: 59-72.
- Reyes A. (2013). Manejo y conservación de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) en una región de balsas Michoacano, México. VIII Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas, Heredia, Costa Rica. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/273124254> **MANEJO Y CONSERVACION D**

[E_ABEJAS_SIN_AGUIJON_APIDAE_MELIPONINI_EN_UNA_REGION_DEL_BALSAS_MICHOACANO_MEXICO.](#)

- Romalho, M. and Kleinert-Giovannini, A. (1986). Some aspects of the utilization of pollen analysis in ecological research. *Apidologie* 17(2): 159- 174.
- Sosenski, P. y Domínguez, C. A. (2018) El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89 (3), 961–970.
- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. G., Packer, L. y Ghazoul, J. (2005) Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20 (12), 651–652.
- Veiga, F., et al. (2013). Relationship between body size and food stores in the stingless bee *Melipona flavolineata*. *Ecology* (u otro diario relevante si se proporciona). [https://doi.org/\[DOIverificar\]](https://doi.org/[DOIverificar])
- Verde, M. M. (2014). Apicultura y seguridad alimentaria. *Ciencia Agrícola*, 48(1), 25-31.
- Verde, M.; Demedio, J. y Gómez T. Apicultura. (2013). Salud y producción. Tomo II. Guía técnica para el apicultor. 1 ed. La Habana: Editorial Consejo científico Veterinario. 207 p.p.
- Villamar,E.M.I. 2004. Hábitos alimenticios de *Scaptotrigona mexicana* Gurin (Apidae:trigonini) en el municipio de Cuetzalan del Progreso, Sierra Norte de Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. (74)
- Yurrita, C. L., Ortega-Huerta, M. A. y Ayala, R. (2017) Distributional analysis of *Melipona* stingless bees (Apidae: Meliponini) in Central America and Mexico: Setting baseline information for their conservation. *Apidologie*, 48 (2), 247–258. <https://doi.org/10.1007/s13592-016-0469-z>.

XI. Anexos

Anexo 1: Instrumento



ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA PARA PRODUCTORES DE *Scaptotrigona mexicana*.

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Maestría en Manejo Sostenible de Agroecosistemas



Estimado entrevistado, los conocimientos que usted puede brindar son muy importantes para la conservación y uso de la especie ya que, en algunos lugares está amenazada. Apreciaremos la veracidad de sus respuestas.

La información recopilada será tratada de manera anónima o confidencial, garantizando la privacidad de los participantes. Su uso estará exclusivamente destinado a fines académicos, sin divulgación a terceros ni propósitos comerciales.

Nombre del entrevistador: _____

Fecha de la entrevista: _____

Lugar de la entrevista: _____

Hora de inicio de la entrevista: _____

I. Información General.

1. Nombre y apellidos _____ Sexo: M

() F () Otro () Edad _____

2. Dirección _____

3. ¿Habla alguna lengua indígena u originaria? Si () No ()

Si la respuesta es afirmativa. ¿Cuál? _____

4. Nivel de escolaridad

Sin escolaridad () Primaria () Secundaria () Preparatoria () Universitario ()

5. Ocupación laboral

II. Manejo de las colmenas.

1. Tiempo desde que tiene meliponas: _____

2. Se inicia en la actividad por:

Tradición familiar () Influencia de otros productores () otras ()

¿Cuál? _____

3. Cantidad de colmenas que posee _____
4. Procedencia de las colmenas (referir cantidad por categoría):
 Heredadas _____ Regaladas _____ Extraídas del medio natural _____ Compradas _____
 Por multiplicación artificial _____
 Otras _____ ¿Cuál? _____
5. Cantidad por sistemas:
 - En los propios troncos _____
 - En colmenas rústicas _____
 - En colmenas racionales _____
 *En sistema simple _____
 *En sistemas con alzas _____
6. Sabe cómo multiplicarlas: Sí () No ()
7. Las alimenta artificialmente: Sí () No ()
8. Ha cosechado miel de sus colmenas: Si () No ()
9. Rendimiento de miel aproximado por colmena _____ (ml)
10. Producción total por año _____ (l)
11. Usos que le da a esta miel
 Medicinal () Alimenticio () Otros () ¿Cuál? _____
12. Momento del año en que cosecha _____
13. ¿Dónde aprendió a trabajar con este tipo de abeja?

14. Considera que su área de residencia admite más colonias: Sí () No ()
15. ¿Ha notado algún factor que esté influyendo en la productividad de las colmenas? Si () No () ¿Cuál o cuáles?

- III. Impacto Ambiental.
1. Floraciones que considera importantes en su área (a partir de las que las abejas obtengan néctar y polen):

2. ¿Conoce usted cuando comienzan a florecer las principales plantas melíferas de la región? Si () No ()
 En caso de ser afirmativa diga el periodo de tiempo _____
3. ¿Ha observado cambios en la floración en años recientes? No () Si ()
 ¿Qué cambios ha observado? _____

4. ¿Se ha observado algún impacto ambiental en la flora melífera debido a factores externos como cambios climáticos o actividad humana? No () Si ()

5. ¿Conoce usted el principal aporte de estas abejas a la naturaleza y al hombre?: Si () No ().
Si la respuesta es afirmativa. ¿Cuál?

IV. Estado de Salud de las Colmenas.

1. Conoce algún enemigo natural que ocasione daño a sus colonias: Sí () No (). Si la respuesta es afirmativa.
¿Cuál o cuáles? _____

2. ¿Ha notado variaciones notables en la salud de las colmenas en relación con diferentes estaciones del año?
Si () No () Si la respuesta es afirmativa. ¿Cuál o cuáles?

3. ¿Tiene algún tipo de control sobre la presencia de plagas en la colmena? Si () No () Si la respuesta es
afirmativa ¿Cómo?

4. ¿Ha observado variaciones notables en la salud de las colmenas en relación con diferentes prácticas de
manejo? Si () No () Si la respuesta es afirmativa. ¿Cuál o cuáles?

5. ¿Adapta las prácticas de manejo en función de las estaciones y las condiciones cambiantes? Si () No ()
Si la respuesta es afirmativa. ¿Cuál o cuáles?

Nota: Agregar cualquier observación adicional que considere de interés.

¡MUCHAS GRACIAS!

Hora de conclusión de la entrevista: _____

Anexo 2:

Tabla 5. Análisis clínico de los meliponarios en estudio.

Meliponarios/ Colmenas		Fortaleza	Peso manual	Reservas		Asociados	Depredadores	Otras anomalías	Guardianas en la piquera
				Toral de polen	Toral de miel				
Meliponario I	1	M	M	10	28	-	-	-	15
	2	M	M	8	22	-	-	-	10
	3	M	P	10	30	-	-	-	12
	4	F	P	11	30	-	-	-	12
	5	F	P	12	30	-	-	-	14
	6	F	P	13	36	-	-	-	14
	7	M	M	10	29	-	-	-	12
	8	F	M	12	33	-	-	-	12
	9	F	P	11	32	-	-	-	13
	10	M	M	11	27	-	-	-	8
	11	F	M	9	29	-	-	-	15
	12	F	P	13	34	-	-	-	15
	13	F	M	12	30	-	-	-	13
	14	M	M	9	25	-	-	-	10
	15	F	P	12	33	-	-	-	11
	16	M	M	9	27	-	-	-	15
	17	F	P	10	35	-	-	-	15
	18	M	M	9	28	-	-	-	10
	19	M	M	12	28	-	-	-	11
	20	M	M	11	33	-	-	-	8
	21	F	P	10	32	-	-	-	15
	22	M	M	9	29	-	-	-	12
	23	F	P	10	30	-	-	-	10
	24	F	P	12	31	-	-	-	10
Meliponario II	1	M	M	9	25	-	-	-	15
	2	M	M	8	27	-	-	-	5
	3	M	M	8	24	-	-	-	14
	1	F	M	13	30	-	-	-	9
	2	F	P	10	27	-	-	-	13

Meliponario III	3	M	M	10	29	-	-	-	9
	4	F	M	11	29	-	-	-	15
	5	F	P	11	30	-	-	-	13
	X ± EE			10.46 ± 0,26	29.43 ± 0,56	-	-	-	12.03 ± 0.46

Anexo 3:

Tabla 6. Polen identificado en los meliponarios estudiados.

Especies identificadas	Meliponario "Las Palmas"	Meliponario "Canflor"	Meliponario "CCO"
<i>Conostegia xalapensis</i>	243	0	270
<i>Diphysa americana</i>	97	125	1
<i>Chamaedorea sp</i>	128	205	51
<i>Pimenta dioica</i>	34	141	58
<i>Alchornea latifolia</i>	24	1	0
<i>Cordia alliodora</i>	45	2	4
<i>Vitis tiliifolia</i>	8	0	0
<i>Ardisia compressa</i>	7	0	0
<i>Croton draco</i>	6	0	0
<i>Vernonanthura phosphorica</i>	26	0	0
<i>Leucaena leucocephala</i>	4	0	0
<i>Ageratum houstonianum</i>	2	4	12
<i>Paullinia sp</i>	1	0	4
<i>Nicotiana tabacum</i>	1	0	0
<i>Bursera simaruba</i>	201	8	0
<i>Ardisia compressa</i>	47	0	0
<i>Psidium sp</i>	45	5	2
<i>Celastraceae</i>	35	1	0
<i>Brosimum alicastrum</i>	35	0	1
<i>Cecropia obtusifolia</i>	3	0	0
<i>Stigmaphyllon retusum</i>	3	0	0
<i>Zea mays</i>	2	0	0
<i>Sebastiania pavoniana</i>	1	0	0
<i>Salvia sp</i>	1	0	0
<i>Commelinaceae</i>	1	0	0
<i>Sapium lateriflorum</i>	0	4	0
<i>Rosaceae</i>	0	3	0
<i>Vernonia arborescens</i>	0	2	0
<i>Sapindus saponaria</i>	0	1	0
<i>Begonia sp</i>	0	0	20
<i>Heliocarpus sp(group)</i>	0	0	49

<i>Guazuma ulmifolia</i>	0	1	21
<i>Vernonanthura deppeana</i>	0	0	7
<i>Piper sp</i>	0	0	2
<i>Mimosa púdica</i>	0	0	1
<i>Clidemia dentata</i>	0	5	5
<i>Chamissoa altissima</i>	0	2	2
<i>Peperomia sp</i>	0	1	1