



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
POSGRADO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

INSTITUTO DE ECOLOGÍA  
VULNERABILIDAD Y RESPUESTA AL CAMBIO GLOBAL

**Propiedades químicas de la miel producida por *Scaptotrigona mexicana*  
(Guérin-Meneville) (Apidae: Meliponini) y su importancia socioeconómica  
para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD

PRESENTA:  
**JORGE JIMÉNEZ DÍAZ**

TUTOR PRINCIPAL  
DR. ISMAEL ALEJANDRO HINOJOSA DÍAZ  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

COTUTOR  
DR. JOSÉ FAUSTO RIVERO CRUZ  
FACULTAD DE QUÍMICA

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR  
DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ  
CONACYT-UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
DRA. ANDREA MARTÍNEZ BALLESTÉ  
INSTITUTO DE BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2019



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**Coordinación de Estudios de Posgrado**  
**Ciencias de la Sostenibilidad**  
**Oficio: CEP/PCS/693/19**  
**Asunto: Asignación de Jurado**

**Lic. Ivonne Ramírez Wence**  
**Directora General de Administración Escolar**  
**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Presente**

Me permito informar a usted, que el Comité Académico del Programa de Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en séptima sesión extraordinaria del 19 de octubre del 2018, aprobó el jurado para la presentación del examen para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**, del alumno **JIMÉNEZ DÍAZ JORGE** con número de cuenta **307274797** con la tesis titulada "Propiedades químicas de la miel producida por *Scaptotrigona mexicana* (Guérin-Meneville) (Apidae: Meliponini) y su importancia socioeconómica para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla", bajo la dirección del Dr. Ismael Alejandro Hinojosa Díaz y del Dr. José Fausto Rivero Cruz.

PRESIDENTE: DRA. ELENA LAZOS CHAVERO  
VOCAL: DR. RÉMY VANDAME  
SECRETARIO: DR. DANIEL ALFREDO REVOLLO FERNÁNDEZ  
SUPLENTE 1: DRA. ANDREA MARTÍNEZ BALLESTÉ  
SUPLENTE 2: DR. JOSÉ FAUSTO RIVERO CRUZ

Sin más por el momento me permito enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE,**

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
**Cd. Universitaria, Cd. Mx., 22 de enero de 2019.**

  
**Dra. Marisa Mazari Hiriart**  
**Coordinadora**  
**Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, UNAM**

## **AGRADECIMIENTOS A:**

El Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, por darme la oportunidad de estudiar la maestría.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por la beca otorgada durante mi estancia en la maestría.

Mis tutores: Dr. Ismael Alejandro Hinojosa Díaz, Dr. José Fausto Rivero Cruz, Dra. Andrea Martínez Ballesté y al Dr. Daniel Alfredo Revollo Fernández, por su orientación y todo su apoyo durante la elaboración de este proyecto.

Mis sinodales: Dra. Elena Lazos Chavero y Dr. Rémy Vandame, por las correcciones y observaciones para la mejora de este trabajo.

M. en C. Francisco Alberto Basurto Peña, por la identificación de las especies vegetales colectadas.

M. en C. Blanca Verónica Juárez Jaimes, por el préstamo de material para el herborizado de las plantas colectadas.

Dra. Mariana Rojas y M. en C. Juan Carlos Flores Vázquez, por el préstamo de material para trabajo en campo.

M. en C. Margarita Medina Camacho, por la información proporcionada sobre la meliponicultura en Cuetzalan.

Quím. Karen Tatiana Hernández Osorio, por la orientación y el apoyo recibido para los análisis químicos en el laboratorio.

Quím. Sergio Robles Obregón, por la orientación en el escrito de la parte química de este trabajo.

Biól. Ana Celeste Martínez Cervantes y Lic. Ricardo Omar Ramírez Flores, por la ayuda en el análisis de algunos datos estadísticos y la elaboración de las gráficas.

Biól. Laura Cortés Zárraga, por la ayuda en el manejo de bases de datos.

Dra. Irene Sánchez Gallen, por la orientación recibida para la construcción de dendogramas.

Mtra. Mariana Galicia Ramos y Arq. David González Leal, por su apoyo en el trabajo de campo y las aportaciones acertadas al presente trabajo.

Los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón: Agr. Lázaro, Sra. Isela, Sr. Pedro, Sra. Floriberta, Sr. Miguel, Sra. Minerva, Sr. Baudel, Sra. Vicenta y Sra. Martha, por permitirnos trabajar con ellos y con las abejas de la especie *Scaptotrigona mexicana*.

## **DEDICATORIA**

A mi madre, por apoyarme en todo el camino recorrido y que con seguridad seguirá apoyándome en el futuro. Por todo su amor.

A mi padre (Q.E.P.D.) por haberme enseñado lo difícil que es la vida y que uno siempre puede superar las adversidades mediante el esfuerzo y la perseverancia. Por siempre haberme apoyado.

A mis hermanas Micaelina, Virginia, Isabel, María, Paulina, mi hermano Eloy y a mis sobrinos y sobrinas, por todo su apoyo y por alentarme a continuar estudiando y ser mejor persona.

A mis amigos, por todo lo que he aprendido y crecido con ellos, y cuyos nombres tengo que escribir aquí para que no se enojen. Por orden cronológico: Bombero, Jaime, Joyce, Darío, Germán, Gaby, Roy, Óscar Quiroz, Telmo, Fanny, Liz, Nelly, Topacio, Mayra, J.C., Coni, Karen Tatiana, Ale, parce David, Vane y Daniel (Niccolo).

A Mariana Galicia.

A todos los compañeros del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, por buscar maneras de salvar nuestro planeta. Por buscar ser transdisciplinarios.

Sobre todo, a los meliponicultores y para aquellas personas dedicadas al trabajo con las abejas, cuya labor ha sido el proteger y preservar a tan maravillosos insectos.

*Unos pensaron que yo estaba ladrando al árbol equivocado;  
otros que el árbol era el correcto, pero que mi manera era la equivocada;  
otros se preguntaban simplemente si tenía sentido que yo estuviera ladrando;  
y otros más, por fortuna, se incorporaban a la cacería  
y me ayudaban a que mordiera, así como ladraba.*

James C. Scott

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	10
2.	ANTECEDENTES .....	15
3.	OBJETIVOS .....	17
3.1.	Objetivo general.....	17
3.2.	Objetivos particulares .....	17
4.	MATERIAL Y MÉTODOS.....	18
4.1.	TRABAJO DE CAMPO .....	18
4.1.1.	Sitios de estudio.....	18
4.1.2.	Scaptotrigona mexicana .....	19
4.2.	MÉTODOS DE CAMPO.....	20
4.2.1.	Análisis de las entrevistas.....	21
4.3.	MÉTODOS DE LABORATORIO .....	22
4.3.1.	Determinación de la concentración de fenoles totales .....	22
4.3.2.	Determinación de la concentración de flavonoides totales .....	23
4.3.3.	Prueba de actividad antioxidante.....	24
4.3.4.	Análisis conjunto de la concentración de fenoles, flavonoides y CE <sub>50</sub> .....	25
4.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS ECONÓMICOS.....	26
4.4.1.	Costo-beneficio .....	26
4.4.2.	Mercado potencial.....	26
4.4.3.	Análisis costo-beneficio .....	27
4.4.4.	Análisis del mercado potencial.....	27
5.	RESULTADOS .....	28
5.1.	IMPORTANCIA DE LA MELIPONICUTURA Y VEGETACIÓN ASOCIADA.....	28
5.1.1.	Personas entrevistadas y ubicación de sus meliponarios.....	28
5.1.2.	Importancia de la meliponicultura en Cuetzalan del Progreso y San Antonio Rayón .	28
5.1.3.	Reconocimiento de plantas visitadas por Scaptotrigona mexicana .....	31
5.2.	PROPIEDADES QUÍMICAS .....	36
5.2.1.	Contenido de fenoles totales.....	36
5.2.2.	Contenido de flavonoides totales.....	39
5.2.3.	Capacidad de atrapamiento de radicales libres utilizando DPPH.....	41
5.2.4.	Análisis conjunto de los contenidos de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante	44

6.	ANÁLISIS DE DATOS ECONÓMICOS .....	46
6.1.	Análisis de costo beneficio.....	46
6.2.	Análisis de mercado potencial para la venta de miel .....	49
7.	DISCUSIÓN .....	52
8.	CONCLUSIONES.....	67
9.	BIBLIOGRAFÍA.....	70
10.	ANEXOS.....	78
10.1.	Entrevista realizada a los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.	78
10.2.	Cuestionario: Consumo de miel con enfoque en abejas sin aguijón .....	79
10.3.	Meliponicultores entrevistados .....	83



## RESUMEN

*Scaptotrigona mexicana* es una especie de abeja sin aguijón de interés cultural, biológico y económico en diversas regiones de México por la obtención de su miel en diversas regiones de México. La calidad de la miel depende de los recursos vegetales que visitan las abejas y esta es utilizada en las comunidades de Cuetzalan y San Antonio Rayón para tratar enfermedades. Sin embargo, poco se sabe sobre sus propiedades químicas medicinales y cómo estas influyen sobre la valoración económica y cultural dentro de las comunidades. Por tal, en este trabajo se determinaron las propiedades químicas de la miel de *S. mexicana*, tales como la concentración total de fenoles, obteniéndose como resultados la existencia de dichos compuestos en concentraciones de 137.634 a 309.688  $\mu\text{g}$  equivalentes de ácido gálico/g de muestra, la concentración total de flavonoides de 2.935 a 10.216  $\mu\text{g}$  equivalentes de quercetina/g de muestra y su actividad antioxidante en un rango de 0.222 a 6.641  $\mu\text{M}/\text{mL}$  de  $\text{CE}_{50}$ . Mediante ocho entrevistas semiestructuradas a meliponicultores, se registraron 48 especies de plantas visitadas por estas abejas, entre las que destacan *Citrus* spp., *Coffea arabica*, *Pimienta dioica*, *Mangifera indica*, *Bursera simaruba*, *Hamelia patens* y *Sambucus nigra* var. *canadiensis*. La importancia que se da a la miel y a las abejas es de tipo social, familiar, cultural y económico. El análisis de costo-beneficio mostró rentabilidad para la venta de la miel desde el punto de vista financiero y ayudó a reflejar las pérdidas de colonias de abejas (188 en total para las comunidades de Cuetzalan y San Antonio Rayón). A través de una encuesta online para la búsqueda de un mercado potencial, se encontró que hay interés por la compra de la miel de *S. mexicana* por sus cualidades químicas, de acuerdo con el género, la escolaridad, el salario mensual y el número de hijos de los encuestados, donde, además, hubo una disposición de pagar un porcentaje extra del 29.23 % sobre el precio regional de la miel.

Palabras clave: *Scaptotrigona mexicana*, miel, compuestos químicos, valor, costo-beneficio.

## **ALGUNOS CONCEPTOS**

**Multidisciplina:** es un proceso en el que los investigadores de diferentes campos trabajan de manera independiente para abordar una investigación en particular (Stokols, 2006).

**Interdisciplina,** la cual implica un mayor intercambio de información y una coordinación más estrecha entre investigadores y otros actores sociales de diversos campos (Stokols, 2006).

**Transdisciplina** proceso en el que los investigadores trabajan de manera conjunta con otros actores sociales, desarrollando e integrando un marco conceptual en el que se integran y amplían los conceptos, teorías y métodos basados en las distintas disciplinas para abordar un tema de investigación en común, lo cual permite la construcción de nuevas epistemologías y nuevas formas de abordar los problemas socioambientales (Stokols, 2006).

**Meliponicultura:** actividad que recibe el nombre por la crianza de abejas sin aguijón.

**Meliponicultores:** personas dedicadas a la crianza de abejas sin aguijón.

**Servicio ecosistémico:** es un proceso ecológico que beneficia a las sociedades humanas (Dayli, 1997) y puede ser un beneficio tangible e intangible (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Estos servicios provienen de los ecosistemas y de las interacciones bióticas y abióticas que ocurren dentro de ellos (Rosa, et al., 2003; Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

**Polinización:** se refiere a la transferencia de polen desde las anteras (ubicadas en los estambres) hacia el estigma de una flor en las plantas angiospermas (FAO, 2014).

## 1. INTRODUCCIÓN

La sostenibilidad, entendida como el mantenimiento y la gestión adecuada de los recursos naturales para asegurar y satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer el bienestar de las futuras generaciones (Carabias & Provencio, 1992; Smith y Smith, 2007) a través del equilibrio entre la salud ambiental, una alta calidad de vida y la eficiencia económica (Toledo & Ortíz-Espejel, 2014), es una idea muy utilizada en la actualidad debido a la pérdida creciente de los recursos naturales a nivel mundial. Por ello, la preocupación por salvaguardar los recursos naturales del planeta ha llevado a la investigación enfocada en la *multidisciplina*, la *interdisciplina* y la *transdisciplina*. De este modo, dada la pérdida de biodiversidad a nivel mundial, se ha destacado la importancia que proveen ciertos organismos en cuanto a servicios ecosistémicos, tales como las abejas, cuyas poblaciones se encuentran en declive en la actualidad (Biesmeijer, et al., 2006), lo que ha llevado a la necesidad de su conservación desde la preocupación y el estudio de distintos campos de conocimiento, tales como el ambiental, el social y el económico, buscando resolverse a través de la multi, inter o transdisciplina.

Las abejas son insectos que pertenecen al orden Hymenoptera, que incluye también a avispa y hormigas (Michener, 2007). Una de las diferencias entre las abejas con las avispa y hormigas radica en los hábitos alimenticios, ya que las primeras son esencialmente dependientes del polen y del néctar, ambos colectados en flores y cuyos recursos proteínicos también son usados para alimentar a sus larvas (Michener, 2007; Arnold, 2018). Hasta ahora se conocen alrededor de 20,000 especies de abejas a nivel mundial (Amaya-Márquez, 2016), de las cuales se estima que sólo el 5% de todas ellas tiene conductas sociales, mientras que el otro 95% son abejas solitarias (Biesmeijer, 1997; Arnold, 2018), es decir, que no forman colonias. En México se estima que existen alrededor de 2,000 especies (Ayala, 2010), entre las que destaca la tribu Meliponini (abejas con aguijón atrofiado o mayormente conocidas como abejas sin aguijón) por ser abejas eusociales (altamente sociales) (Michener, 2007) y por su importancia en diversas regiones del país.

Las abejas son consideradas de suma importancia debido a los servicios ecosistémicos que proveen, puesto que actúan principalmente como agentes polinizadores para muchas especies vegetales. Así, en el marco del servicio ecosistémico de la polinización (FAO, 2014), estos insectos son los responsables en ayudar a la fecundación de alrededor del 80 % de las plantas con flores (angiospermas) que existen en el planeta y más del 75 % de plantas cultivadas, mismas que son de interés alimenticio y económico (Roubik, 1995; Buchmann & Nabhan, 1996; Klein, et al., 2003). De

este modo, las abejas están estrechamente relacionadas con la seguridad alimentaria de los humanos, así como con el equilibrio ecológico y, a través de la polinización, garantizan la existencia de plantas que son necesarias para la supervivencia de otros seres vivos (Arnold, 2018).

Por lo anterior, la relación estrecha que mantienen las abejas como polinizadores con las plantas se ha conocido como síndrome de melitofilia (Ayala, 2010; Amaya-Márquez, 2016). Esta interacción planta-polinizador se ha estudiado con la finalidad de buscar su aplicación para la agricultura y para la recuperación ambiental, pues representa el ahorro de miles de millones de dólares anualmente para la polinización de cultivos a nivel mundial, al ser un beneficio gratuito provisto por dichos insectos (Gallai, et al., 2009). De hecho, este servicio ecosistémico de la polinización en los cultivos agrícolas se ha calculado en 153 mil millones de euros a nivel mundial, lo que representa alrededor del 9.5 % del valor monetario de los alimentos (Gallai, et al., 2009), por lo cual, la pérdida de las abejas provocaría grandes pérdidas económicas. Para ello, se han valuado los atributos naturales y el servicio ecosistémico de polinización, así como el potencial económico desaprovechado o perdido como consecuencia de su depredación o sustitución en el ecosistema (Armella & Yáñez López, 1997)

Las abejas sin aguijón son consideradas como los polinizadores de mayor importancia en los trópicos (Heart, 1999; Slaa, et al., 2006; Michener, 2013) por las siguientes razones: 1) son las abejas nativas más comunes en dichas regiones; 2) debido a la gran gama de su tamaño, que va de 1.8 a 13.5 mm (Michener, 2007), logran polinizar una mayor diversidad de flores silvestres y de cultivos como el café, aguacate, rambután, tomate, alfalfa, calabaza, fresa y chile habanero, entre otros (Slaa, et al., 2006; Guzmán, et al., 2011); 3) tienen una alta capacidad de reclutamiento de individuos de la colmena para el pecoreo o forrajeo, además de las visitas florales constantes (Slaa, et al., 2003), lo que permite una polinización eficiente de plantas cuyo periodo de floración es breve, como la planta del café (Zepeda & Arnold, 2018).

Gracias a la polinización, y con ella la producción de miel que las abejas realizan, los seres humanos han generado intereses en la crianza de estos insectos. Particularmente la crianza de las abejas sociales y eusociales como los meliponinos (abejas sin aguijón) en las distintas comunidades está enfocada básicamente en la producción de miel (también conocida como miel virgen), y secundado por productos como el polen, el cerumen y los propóleos, productos a partir de los cuales se obtienen beneficios económicos, medicinales, religiosos y de nutrición (Guzmán, et al., 2011). La miel es un producto aprovechado por los meliponicultores de diferentes comunidades, es producida por las abejas a partir del néctar de las flores que producen las plantas y su composición química es compleja,

debido a que varía dependiendo de los tipos de flores visitadas por las abejas, las condiciones climáticas, el espacio geográfico en el que se encuentran, la disponibilidad de ciertos recursos florales, la especie de abeja y las condiciones de almacenamiento (Gheldof & Engeseth, 2002).

En general, la miel de abeja está compuesta principalmente por agua, diferentes azúcares como glucosa, fructosa y sacarosa, aunque también se pueden encontrar aminoácidos, compuestos fenólicos, flavonoides, ácidos orgánicos, proteínas, ácidos carboxílicos aromáticos, vitaminas, minerales, enzimas, terpenoides, entre otras (Mendes, et al., 1998; Baltrusaityte, et al., 2007; Cauich Kumul, et al., 2015). Particularmente, la miel de los meliponinos es utilizada en varias comunidades del país como parte de la medicina tradicional para tratar problemas oculares como carnosidades, cataratas y conjuntivitis, para úlceras, llagas y heridas de difícil cicatrización, para manchas en la piel, para dientes infectados y encías inflamadas (Schenke, et al., 2016; Zepeda, 2018).

Recientemente, la miel de las abejas sin aguijón es utilizada por su potencial en la medicina farmacéutica, debido a su capacidad antioxidante, sus efectos inhibitorios sobre bacterias y hongos, su función como desinflamatorio muscular, la aceleración en el proceso de cicatrización, su efectividad en el tratamiento de quemaduras y contra enfermedades gastrointestinales, respiratorias y dermatológicas (Vit, et al., 2004; Dardón & Enríquez, 2008; Liberio, et al., 2011; Franchin, et al., 2012; Franchin, et al., 2013; Guilherme da Cunha, et al., 2015; Ribeiro-Junior, et al., 2015). Específicamente, la miel de la especie *S. mexicana* se ingiere o aplica directamente para tratar once padecimientos: dolor y enfriamiento de estómago, mal de boca (fuego labial), tos, enfriamiento de garganta, carnosidad de los ojos, úlceras estomacales, heridas y ulceraciones de la piel (llagas), infertilidad en la mujer y cáncer (Padilla Vargas, et al., 2014).

En los meliponinos la transformación del néctar a miel sucede principalmente en el estómago de las abejas, en donde las enzimas rompen los azúcares del néctar (Zepeda & Arnold, 2018). Para que se obtenga una miel espesa se tiene que evaporar el agua contenida en el néctar, para lo cual las abejas regurgitan el néctar desde el buche. En este proceso se agregan enzimas que siguen activas y, cuando se ha evaporado suficiente agua, se le considera miel madura. Asimismo, la miel es almacenada en “cántaros” o “potes”, estructuras esféricas u ovaladas hechas de cerumen (mezcla de miel y propóleo), material flexible y expandible, los cuales son sellados por las abejas y es donde ocurre la fermentación de forma natural, debido a la cantidad de humedad sobrante (Arnold, 2018; Zepeda, 2018).

Para que la miel sea considerada de buena calidad, debe cumplir con ciertos parámetros fisicoquímicos y tener propiedades que coadyuven al combate de enfermedades o malestares. Entre las propiedades químicas se encuentran compuestos como los *fenoles*, los cuales son importantes

antioxidantes en los alimentos (Peñarrieta, et al., 2014). Los fenoles están constituidos por un anillo aromático y al menos un grupo hidroxilo en cualquier posición. El anillo aromático contiene además grupos funcionales (alcohol, ácido, aldehído) que le dan unas características determinadas y uno o varios sustituyentes en cualquier posición libre (Uthurry & Gómez, 2007). Los principales grupos de fenoles presentes en la miel son: ácidos benzoicos, ácidos cinámicos y flavonoides; pigmentos como la clorofila, carotenoides y los derivados de los taninos son compuestos que afectan al color de la miel (Juszczak, et al., 2009). Asimismo, los fenoles presentes en la miel están relacionados con la variabilidad de recursos botánicos que colectan las abejas, tal como el polen, el néctar, las resinas y los aceites, los cuales permiten a la miel tener propiedades bioactivas (Aljadi & Kamaruddin, 2004).

Los *flavonoides* son un grupo derivado de los fenoles, son pigmentos naturales que están presentes en los vegetales, que tienen la propiedad de proteger al organismo del daño producido por agentes oxidantes, como los rayos ultravioleta, la contaminación ambiental y, debido a que el cuerpo humano no puede producir estas sustancias químicas protectoras, deben obtenerse mediante alimentos como distintos tipos de frutas, verduras y productos como la miel (Carreño Lancheros & Colmenares Pineda, 2015). Por lo anterior, la presencia de flavonoides tiende a ser importante, ya que poseen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias y contribuyen a la actividad antioxidante en los alimentos (Graikou, et al., 2011).

Los antioxidantes son sustancias que retardan la descomposición de los alimentos debido a la oxidación causada por la luz, el calor o algunos metales (Alvarez-Suarez, et al., 2009), de igual manera, protegen a las células de los efectos oxidantes o radicales libres (Carreño Lancheros & Colmenares Pineda, 2015). La efectividad en la actividad antioxidante de la miel varía de acuerdo con su composición respecto al recurso floral del que provenga el néctar, así como a los factores externos como la temporalidad, el ambiente y el área geográfica (Ahmed, et al., 2007; Alvarez-Suarez, et al., 2009); de este modo, la capacidad antioxidante de la miel se debe principalmente a la presencia de los compuestos de fenoles y flavonoides (Alzahrani, et al., 2012).

Las mieles de los meliponinos, entre las que se encuentra *S. mexicana*, han sido aprovechadas principalmente como un producto medicinal gracias a sus propiedades químicas, dentro de las comunidades que se dedican a esta actividad. Por ello, la crianza de las abejas sin aguijón ha tenido un impacto relevante en muchos pueblos indígenas del mundo. En la región occidental, esta actividad se ha practicado desde tiempos prehispánicos hasta la actualidad, principalmente en lo que hoy se conoce como América Latina, desde México hasta Argentina, comprendiendo toda la región Mesoamericana (Zepeda & Arnold, 2018), esto debido a que su distribución se encuentra principalmente en las

regiones tropicales y subtropicales del mundo (Roubik, 1989). Además, la meliponicultura ha generado vínculos sociales, económicos y religiosos (tales como en ceremonias y rituales) entre los humanos y las abejas (Kent, 2009), dados principalmente por la producción de la miel y su valor como moneda de cambio en el comercio y en los tributos (Quezada-Euán, et al., 2015), la alimentación y la ornamentación en los rituales (Nates-Parra & Rosso Londoño, 2017) .

En el continente americano existe la mayor diversidad de meliponinos, con más de 400 especies descritas. En México se reportan 46 especies de abejas sin aguijón agrupadas en 16 géneros (Ayala, 1999; Ayala, et al., 2013; Bonilla Gómez, 2016) y, dentro del país, los estados que tienen mayor número de especies son: Oaxaca, Chiapas, Veracruz y Quintana Roo (Ayala, et al., 1996; Arnold, 2018; Arnold, et al., 2018). Las abejas sin aguijón viven en colonias que varían desde algunos centenares de individuos hasta más de 100,000 obreras dependiendo de la especie (Arnold, 2018); en el caso de *S. mexicana*, se ha estimado que existen aproximadamente 2,500 individuos por colmena (Sánchez, et al., 2004). Actualmente, en México se crían alrededor de 19 de las 46 especies de abejas sin aguijón que existen en el país, entre las que destacan las del género *Melipona*, *Scaptotrigona* y *Trigona* (Zepeda & Arnold, 2018).

En el municipio de Cuetzalan del Progreso, Puebla, dentro de la cultura Nahua, *S. mexicana* (denominada *Pisilnekmej* en náhuatl) ha jugado un rol muy importante en cuestiones ecológicas, económicas y, sobre todo, culturales (González & De Araújo, 2005; Guzmán, et al., 2011). Aunque no existan datos concretos sobre el inicio de la meliponicultura con esta especie en la región, se sabe que la crianza se ha dado desde épocas prehispánicas. Las abejas se conservan en ollas de barro superpuestas y comúnmente se mantienen en el traspatio de las casas. *Scaptotrigona mexicana* ha sido importante en la vida cotidiana de la gente, ya que de ella se obtiene la miel, recurso indispensable usado como remedio para tratar algunas enfermedades o padecimientos y para la economía familiar (Padilla Vargas, et al., 2014).

## 2. ANTECEDENTES

A pesar de los usos y el aprovechamiento de la miel de manera tradicional, así como su implementación en el mercado, los esfuerzos por conservar la meliponicultura han sido pocos, ocasionando que en la actualidad esta actividad sea poco practicada, a causa de factores como:

1) la introducción de *Apis mellifera*, debido a que esta especie produce una mayor cantidad de miel (p. ej. por cada medio litro de miel de *Melipona beecheii*, *A. mellifera* llega a producir hasta 20 litros), consecuentemente se ha ido desplazando la meliponicultura por la apicultura, razón por la cual, dicha actividad sufrió un gran declive, lo que provocó la pérdida de conocimientos en el manejo de las abejas sin aguijón (Zepeda & Arnold, 2018); 2) el crecimiento de la industria azucarera y con ello el poco uso de la miel como endulzante; 3) la política gubernamental en la cual se ha dado mayor apoyo a la apicultura y 4) deforestación desmesurada, ya que el hábitat natural de estas abejas nativas se ha perdido de manera acelerada (Márquez Luna, 1994).

En las últimas décadas ha comenzado una gran preocupación por la desaparición de las abejas y, con ellos, la extinción local de plantas polinizadas por estos insectos (Biesmeijer, et al., 2006). Este fenómeno se ha denominado como el “síndrome del declive o colapso de las abejas” que, aunado a las pérdidas de colonias de *A. mellifera* en regiones de Europa (como Inglaterra y Holanda) y en Estados Unidos, hace evidente la necesidad de estudios más profundos respecto a la biología de estos insectos desde un nivel local y regional, sobre todo con las abejas solitarias y meliponinos (Biesmeijer, et al., 2006; Kluser & Peduzzi, 2007; Burkle, et al., 2013), de las cuales no se tiene evidencia directa de su estado de vulnerabilidad (Ospina Torres & Nates-Parra, 2016).

El uso desmedido de pesticidas (principalmente neonicotinoides), el cambio de uso de suelo, la fragmentación del hábitat, la deforestación, el cambio brusco de la temperatura, así como los sembradíos transgénicos, influyen directamente en la desaparición de los polinizadores, en la extinción local de plantas polinizadas por estos insectos y en la economía de los productores dedicados a la meliponicultura y apicultura (Cunningham, 2000; Kluser & Peduzzi, 2007; vanEngelsdorp, et al., 2009; Chensheng, et al., 2014), lo cual ha llevado a nuevos estudios sobre la función ecológica de estos insectos, la preocupación por su conservación y su valoración económica en cuanto al impacto global de la producción de alimentos (Amaya-Márquez, 2016).

Debido a que el servicio de polinización que representan las abejas nativas/silvestres y a los beneficios que se obtienen de ellas como la producción de miel y sus usos medicinales, las entradas económicas que representan de manera familiar, así como las percepciones sociales y culturales, varios



autores han propuesto alternativas como el manejo y comercialización de más especies de estos tipos, así como su conservación y el aumento de sus poblaciones cerca de los cultivos (Kremen, et al., 2007), por lo cual, se ha estimulado la meliponicultura por parte de universidades, centros de investigación, centros académicos y organizaciones civiles para su conocimiento en la sociedad (Zepeda & Arnold, 2018); sin embargo, la importancia de la meliponicultura en las comunidades se ha evidenciado muy poco en trabajos académicos, ya que pocos son los que han abordado la relación socioeconómica entre las abejas y su aprovechamiento en las comunidades. Así el presente trabajo, a través de un acercamiento interdisciplinario, mediante las disciplinas de la biología, la química, las cuestiones sociales y la economía, busca conocer los usos y aprovechamientos de la miel de *S. mexicana* en las regiones de Cuetzalan y San Antonio Rayón por parte de los meliponicultores, desde la cosecha hasta la venta del producto.

La crianza de *S. mexicana* tiene un impacto económico para los meliponicultores de la región, sin embargo, no existen estudios de mercado que determinen la viabilidad del proyecto para las personas. Por ello se plantea elaborar un análisis de costo-beneficio, mediante el cual se permitirá conocer el retorno financiero posterior a las inversiones monetarias que se realizan. Asimismo, a partir de un estudio de mercado potencial, se buscará conocer la percepción y disposición de las personas por consumir otros tipos de mieles con las características químicas que pretenden analizarse en este trabajo, por lo cual, se espera que en un futuro estos datos contribuyan a crear redes y mercados solidarios y justos, donde estas prácticas productivas y comerciales estén basadas en la diversidad, solidaridad y equidad de los participantes, así como en el consumo responsable (Toledo & Ortíz-Espejel, 2014).

Este trabajo es relevante debido a que las abejas, actualmente, se encuentran en declive a nivel mundial, por ello es necesaria la búsqueda de alternativas para su conservación. Si bien, desde la academia se han realizado investigaciones que contribuyen a dicha conservación, es importante considerar el gran aporte que existe desde las comunidades, sobre todo con aquellas personas que se dedican a la crianza de abejas, las protegen y las reproducen en sus ambientes nativos.

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

A partir de la determinación de las concentraciones de fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante presentes en la miel de *Scaptotrigona mexicana*, ¿Cuáles son los beneficios socioeconómicos que se pueden obtener mediante estas propiedades químicas para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

Determinar la concentración de fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante presentes en la miel de *Scaptotrigona mexicana* y sus posibles beneficios socioeconómicos (como sus usos, su importancia dentro de la comunidad y su comercialización) para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.

#### **3.2. Objetivos particulares**

- 3.2.1. Hacer un registro de las plantas visitadas por *S. mexicana*, de acuerdo con el conocimiento y observación de los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, ya que son las fuentes principales de obtención de néctar para la elaboración de la miel.
- 3.2.2. Describir la importancia de conservar la meliponicultura y la producción de miel para las personas dedicadas a esta actividad.
- 3.2.3. A partir de las concentraciones de los compuestos químicos, se busca realizar una valoración económica de costo-beneficio en la producción y venta de la miel, así como determinar un mercado potencial para la miel, buscando el beneficio para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón.
- 3.2.4. Describir cómo contribuye la meliponicultura en la región para el mantenimiento del ecosistema o a la vegetación nativa.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. TRABAJO DE CAMPO

#### 4.1.1. *Sitios de estudio*

##### *Cuetzalan del Progreso*

Es un municipio ubicado en la sección oriental de la Sierra Norte de Puebla. La región se caracteriza por tener profundas depresiones que le dan una conformación muy accidentada. En cuanto a altitud, la ubicación de los nueve meliponarios estudiados se encontró entre los 283 a 426 m s.n.m. La región presenta transición del clima cálido húmedo al semicálido húmedo, con lluvias todo el año y sin un periodo seco bien definido (INEGI, 1996). La precipitación media anual es de 2250 mm y la temperatura media anual va de los 18° a los 24°C. Con relación a la vegetación, es un bosque tropical perennifolio con zona de transición que va de las selvas en las partes bajas, a los bosques de pino-encino en las partes altas (Figura 1) (Guzmán, et al., 2011); sin embargo, en la región se encuentran relictos de vegetación natural debido a la deforestación y al cambio de uso de suelo, donde se cultivan plantas de interés comercial como el café y la pimienta, gracias a las condiciones de nubosidad. Del mismo modo, estas condiciones climáticas permiten la floración de muchas plantas durante todo el año, lo cual favorece la oferta para la obtención de mayores recursos como el néctar, potenciando una mayor productividad la miel, cuya temporada de cosecha se hace en los meses secos de abril a junio lo que beneficia (Guzmán, et al., 2011). En la región aún predomina la lengua náhuatl como principal forma de comunicación.

##### *San Antonio Rayón*

Es una comunidad perteneciente al municipio de Jonotla, Puebla, con vegetación de selva baja y clima cálido. Los meliponarios estudiados se encuentra entre 161 y 264 m s.n.m. Se observan grandes extensiones de cultivos de cítricos, siendo la actividad primaria la agricultura. En la región, la actividad de la meliponicultura es reciente y la lengua náhuatl sigue vigente.

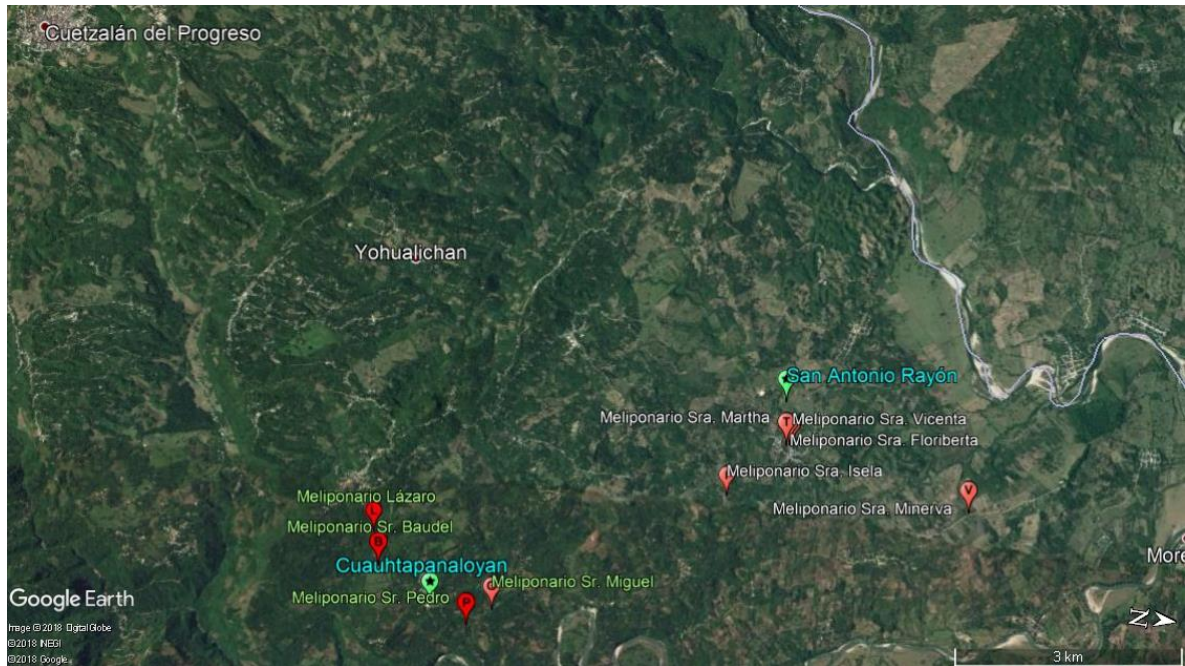


Figura 1. Sitios de estudio (marcadores verdes) y ubicación de los meliponarios (marcadores rojos), en la región de Cuetzalan y San Antonio Rayón. Datos del mapa: INEGI, Google, DigitalGlobe (2018)

#### 4.1.2. *Scaptotrigona mexicana*

Es una abeja perteneciente a la tribu Meliponini (Hymenoptera: Apidae), son abejas de color negro, de entre 5.0 y 5.3 mm de largo y alas de color naranja, de mayor longitud respecto al metasoma (Ayala, 1999). Estas abejas construyen sus nidos en los agujeros de los troncos, cuya entrada presenta forma de trompeta y comúnmente se observan individuos vigilando la entrada (Figura 2) (Guzmán, et al., 2011). En México su distribución va desde el estado de Chiapas por la costa del Golfo de México hasta el estado de Tamaulipas, encontrándose principalmente en bosque tropical perennifolio, en bosque de pino-encino y en bosque mesófilo de montaña (Ayala, 1999). En el municipio de Cuetzalan, la especie tiene una historia de relación con la comunidad, debido a que se crían y se aprovechan los productos que se generan en las colmenas, tales como la miel, el propóleo y la cera.



Figura 2. Individuos de la especie *Scaptotrigona mexicana* vigilando la entrada (en forma de trompeta) de la colmena. Foto: Jorge Jiménez-Díaz

## 4.2. MÉTODOS DE CAMPO

En el mes de agosto de 2016, se aplicó la técnica *bola de nieve* (Goodman, 1961), la cual consistió en que, a partir de conocer a una persona (Agr. Lázaro Arroyo) se nos permitió establecer contacto con ocho meliponicultores más y conocer los sitios de estudio dentro de ambas localidades (Cuetzalan y San Antonio Rayón). Posteriormente, se realizó una visita prospectiva a los sitios de estudio para dialogar con los meliponicultores y observar las prácticas relacionadas con la meliponicultura.

En las salidas de campo posteriores (entre los meses de marzo a junio de 2017), se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los ocho meliponicultores, buscando conocer aspectos culturales, sociales, ambientales y económicos, sobre la crianza de las abejas y los usos de la miel (Anexo 1). Además, mediante una caminata botánica con los meliponicultores, y a partir del conocimiento que ellos tenían sobre el forrajeo de las abejas, se identificaron las especies vegetales que *S. mexicana* visita preferentemente, mismas que fueron colectadas, herborizadas y fotografiadas para su posterior identificación en el Instituto de Biología de la UNAM (Figura 3).

Por otro lado, del 20 de marzo al 20 de mayo de 2017 se tomaron muestras de miel (30 y 50 mL, de acuerdo con la cantidad encontrada en cada colmena) de tres colmenas por cada meliponario para su posterior análisis en el laboratorio 111 del Departamento de Farmacia de la Facultad de Química de la UNAM, cuantificando la concentración de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante -excepto de dos meliponarios (Martha e Isela más adelante), donde solamente se tomó una muestra de una colmena, así como una muestra del meliponario de Lázaro (designada como muestra Lázaro 4 más adelante), diferenciada por ser un experimento de colmena en caja de madera y no en olla de barro-. Para la toma de muestras se consideró el peso de cada colmena, mediante pesaje manual indirecto, debido a que, mientras mayor peso tenía, mayor era la probabilidad de encontrar miel (la cantidad producida de miel en una olla es aproximadamente de 250 ml por año); de este modo, se evitó la separación innecesaria de las colmenas y con ello estresar a las abejas. Dado que la miel se encuentra en pequeños potes (estructuras hechas de una mezcla de cera y propóleo), la extracción fue realizada mediante jeringas desechables, lo que evitó el derrame de la miel dentro de la olla y la posible mezcla con polen (Figura 4 – A y B).

#### 4.2.1. Análisis de las entrevistas

Se describió la relación que guardan los meliponicultores con la especie *S. mexicana* en cuanto a su percepción social, ambiental, familiar y económica.

Se hizo un listado florístico a partir del conocimiento de los meliponicultores sobre las plantas visitadas por *S. mexicana*, con nombre común y, posterior a la descripción, con nombre científico (este último con la ayuda del M. en C. Francisco Basurto, del Instituto de Biología de la UNAM). Con las plantas enlistadas por cada persona y la frecuencia con que se mencionó cada planta, se hizo una clasificación de los meliponicultores para agruparlos de acuerdo al parecido de sus respuestas respecto a las especies de plantas mencionadas utilizando un análisis de cluster con el que se construyó un dendograma con distancia Euclidiana mediante el paquete estadístico SPSS (IBM, 2017). Con este análisis se puede observar los saberes compartidos respecto a las especies de plantas que cada meliponicultor reconoce. Por otro lado, se hizo un análisis de escalamiento multidimensional (NMDS) para identificar cuáles eran las especies de plantas que agrupaban a las personas entrevistadas y poder identificar si la calidad química de acuerdo a las propiedades medicinales estaba relacionada con las plantas que la gente percibía eran utilizadas por sus abejas.



Figura 3. Esquema de trabajo en campo en Cuetzalan y San Antonio Rayón. En la primera imagen (izquierda): Lázaro Arroyo Rodríguez (contacto principal); en la segunda imagen, entrevista al señor Baudel; en la tercera imagen, toma de muestras de plantas con la señora Martha; en la cuarta imagen, toma de muestras en el meliponario de Lázaro. Fotos: De izquierda a derecha: Jorge Jiménez-Díaz, Mariana Galicia, Jorge Jiménez-Díaz y Mariana Galicia.

Asimismo, se graficaron aspectos vegetales como los sitios de crecimiento (cultivo, lindero, milpa, monte, solar), formas de vida (árbol, arbusto, epífita, hierba, rastrera, trepadora), y frecuencia de visitas por las abejas (muy visitada, medianamente visitada, poco visitada, de acuerdo con la percepción individual de cada entrevistado), obteniéndose el porcentaje de plantas para cada categoría.

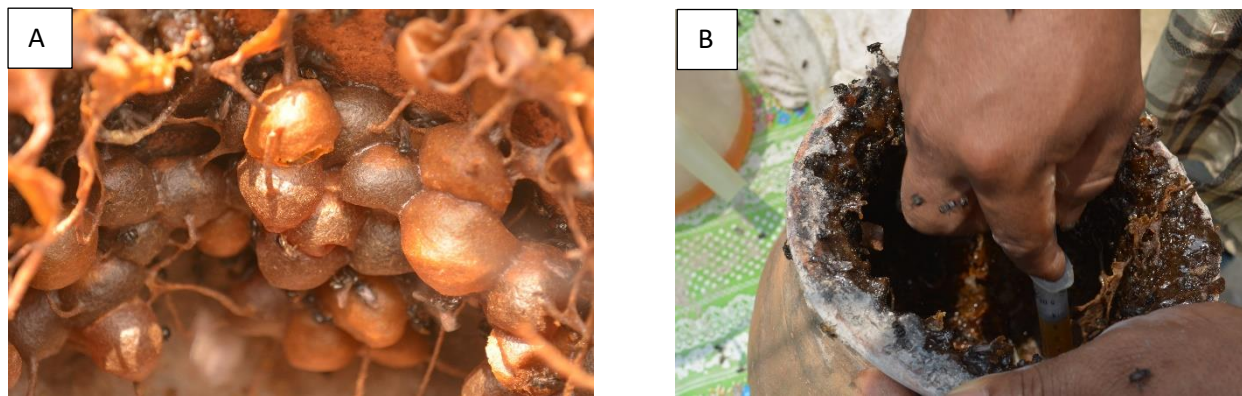


Figura 4. A) Potes de miel en la colmena de *Scaptotrigona mexicana* y B) Extracción de muestras de miel en el meliponario del señor Baudel (región de Coapan) en Cuetzalan. Fotos: Jorge Jiménez-Díaz

### 4.3. MÉTODOS DE LABORATORIO

Para todas las pruebas inicialmente se prepararon diluciones de cada muestra de miel, donde se agregaron 0.5 g de miel más 500  $\mu$ L de agua desionizada, obteniendo así una dilución de 1 g/mL de muestra stock. Estas diluciones fueron constantes para todos los análisis (fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante).

#### 4.3.1. Determinación de la concentración de fenoles totales

Esta prueba se realizó siguiendo el protocolo de Folin-Ciocalteu (Ainsworth & Gillespie, 2007), con algunas modificaciones.

En una placa de 96 pozos (de manera vertical) se realizó una curva de calibración de ácido gálico (Sigma-Aldrich) disuelto en agua, a partir de una solución de 800  $\mu$ g/mL (10 mL volumen total). De la solución, se colocaron 100  $\mu$ L en un pozo y se hicieron diluciones seriadas (Figura 5) desde 50  $\mu$ g/mL hasta 0.390  $\mu$ g/mL. Después, se adicionaron 20  $\mu$ L de solución Folin-Ciocalteu 1 N (Sigma-Aldrich) a cada pozo y se dejó durante 15 min en oscuridad. Posteriormente, se adicionaron 80  $\mu$ L de

Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 8% (m/V) a cada pozo y se dejó durante 1 h en oscuridad. Finalmente, se leyó la placa en espectrofotómetro UV (Epoch-BioTek) a 760 nm.

Una vez obtenida la curva de calibración, se hicieron los análisis por muestra de miel. En una placa de 96 pozos se colocaron 100 µL de cada muestra por cuadruplicado, se agregaron 20 µL de la solución Folin-Ciocalteu y se dejó en oscuridad por 15 min. Transcurrido el tiempo, se adicionaron 80 µL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> al 8% (m/V), se agitó con suavidad y se mantuvo por una hora en oscuridad. Finalmente, la placa se leyó a una longitud de onda de 760 nm en espectrofotómetro UV (Epoch-BioTek). La determinación de fenoles totales se hizo mediante el factor de dilución.

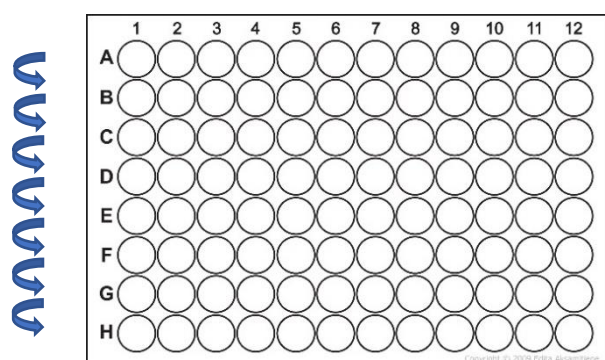


Figura 5. Ejemplo de placa de 96 pozos con procedimiento de dilución seriada

#### ***4.3.1.1. Análisis estadístico de fenoles totales***

Mediante el programa *SPSS* (IBM, 2017) se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para buscar posibles diferencias significativas en cuanto a cantidad de fenoles totales que se encuentran entre los meliponarios. Con el programa *SPSS* (IBM, 2017) se obtuvieron las gráficas, mientras que, para realizar la comparación entre parejas, se utilizó el programa *Infostat* (Rienzo, et al., 2017), mismo que permitió resumir y encontrar las diferencias significativas, reportándose en una tabla. Para este análisis se excluyeron las muestras de Martha 1, Isela 1 y Lázaro 4, debido a que solo se tomó muestra de una colmena por cada meliponario, es decir, no hubo repeticiones. No se aplicó prueba de ANOVA, ya que los datos no cumplieron los supuestos de distribución normal ni homocedasticidad.

#### ***4.3.2. Determinación de la concentración de flavonoides totales***

Esta prueba se realizó siguiendo el método de (Pełal & Pyrzyńska, 2014).

En una placa de 96 pozos (de manera vertical) se realizó una curva de calibración a partir de quercetina (20.5 mg) (Sigma-Aldrich) disuelta en 10 mL de etanol. De esta muestra inicial se tomaron 2 mL y se



diluyeron nuevamente en 10 mL de etanol, obteniéndose una muestra stock de 0.41mg/mL. Se mezclaron 100  $\mu$ L de etanol con 100  $\mu$ L de la solución de quercetina (0.41 mg/mL), obteniéndose una concentración final de 0.205 mg/mL. En el primer pozo de la placa se colocaron 100  $\mu$ L de etanol y 100  $\mu$ L de la solución de quercetina, a partir de la cual se realizaron diluciones seriadas desde 0.1 mg/mL hasta  $2.34 \times 10^{-2}$  mg/mL, tomando 100  $\mu$ L de la mezcla del primer pozo y dejando 100  $\mu$ L en el pozo inicial. Finalmente, se adicionaron 100  $\mu$ L de solución de  $AlCl_3$  (J.T. Baker) a cada dilución y se leyó en espectrofotómetro UV (Epoch-BioTek) a 425 nm. Mediante los resultados de absorbancia se graficó la curva de calibración y se determinó el intervalo lineal.

Una vez conocido el intervalo lineal, se determinó el volumen necesario para el análisis de las muestras. De este modo, el análisis se realizó agregando 100  $\mu$ L de etanol en cada pozo y, posteriormente, 100  $\mu$ L de la muestra diluida en cada pozo, cada una por cuádruplicado. Por último, se agregó la disolución de  $AlCl_3$  y se esperó durante 15 minutos para su lectura en espectrofotómetro UV a 425 nm. La determinación de la cantidad de flavonoides totales se hizo a partir del factor de dilución.

#### ***4.3.2.1. Análisis estadístico para flavonoides totales***

Mediante el programa SPSS (IBM, 2017) se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para buscar posibles diferencias significativas en cuanto a cantidad de flavonoides totales que se encuentran entre los meliponarios. Para este análisis se excluyeron las muestras de Martha 1, Isela 1 y Lázaro 4, debido a que solo se tomó muestra de una colmena por cada meliponario, es decir, no hubo repeticiones. No se aplicó prueba de ANOVA, ya que los datos no cumplieron los supuestos de distribución normal ni homocedasticidad.

#### ***4.3.3. Prueba de actividad antioxidante.***

Esta prueba se realizó siguiendo el protocolo de Prieto (2012). Para determinar la actividad antioxidante primero se construyó una curva de calibración usando Trolox como estándar. Se utilizaron concentraciones en un rango de 500  $\mu$ M hasta 1.95  $\mu$ M de Trolox.

Se preparó una solución de 8.5 mg de DPPH (2,2 Difenil-1-Picrilhidrazilo) disuelto en 100 mL de metanol. El llenado de la placa de 96 pozos (de manera horizontal) se realizó colocando 100  $\mu$ L de metanol en todos los pozos. Posteriormente, en una columna se agregó una muestra blanco de 100  $\mu$ L de metanol y en otra una muestra blanco de DPPH; asimismo, en otra columna se agregaron 100  $\mu$ L de una muestra de miel como blanco y, junto a ella, otros 100  $\mu$ L de la misma miel, las cuales se diluyeron hacia las siguientes filas, agregando posteriormente 100  $\mu$ L de DPPH (8.5% V) a una de

las columnas (el mismo proceso se repitió para todas las muestras diluidas de miel en las siguientes columnas). El rango de dilución fue 2.5 a 0.019 mg/mL. Finalmente, se dejó en oscuridad durante 30 minutos y se leyó a 517 nm en espectrofotómetro UV (Epoch-BioTek). Cada muestra fue analizada por triplicado.

Para esta prueba, las muestras Floriberta (Flori) 1,2 y 3, Baudel 1, 2 y 3, y Minerva 1 y 2, fueron centrifugadas a 7600 rpm y a 4° C durante 20 minutos antes de ser analizadas, puesto que presentaban datos aberrantes debido a posibles partículas suspendidas.

#### **4.3.3.1. Análisis de datos para actividad antioxidante**

El porcentaje de actividad antioxidante (AA%) fue determinado a partir de las absorbancias observadas (Abs) en el espectrofotómetro, de acuerdo con Mensor *et al.*, (2001) mediante la fórmula:

$$AA\% = 100 - \left[ \frac{(Abs_{muestra\ miel} - Abs_{blanco\ miel}) \times 100}{Abs_{control\ DPPH} - Abs_{control\ metanol}} \right]$$

A partir de la obtención del porcentaje de actividad antioxidante, los datos fueron analizados mediante la obtención de la Concentración Efectiva al 50% (CE<sub>50</sub>), es decir, la actividad antioxidante que presenta cada muestra al 50% de concentración. Para ello, se utilizó el modelo lineal logaritmo base 10 para cada muestra.

Mediante el programa *SPSS* (IBM, 2017) se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para buscar posibles diferencias significativas en cuanto a la actividad antioxidante que se encuentra entre los meliponarios. Con el programa *SPSS* (IBM, 2017) se obtuvieron las gráficas, mientras que, para realizar la comparación entre parejas, se utilizó el programa *Infostat* (Rienzo, et al., 2017), mismo que permitió resumir y encontrar las diferencias significativas, reportándose en una tabla. Para este análisis se excluyeron las muestras de Martha 1, Isela 1 y Lázaro 4, debido a que solo se tomó muestra de una colmena por cada meliponario, es decir, no hubo repeticiones. No se aplicó prueba de ANOVA, ya que los datos no cumplieron con los principios de distribución normal ni homocedasticidad.

#### **4.3.4. Análisis conjunto de la concentración de fenoles, flavonoides y CE<sub>50</sub>**

A partir de los datos obtenidos en cuanto a concentración de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante, se construyó un dendograma con distancias euclidianas para determinar similitudes en

la concentración de los compuestos de todas las muestras, construyéndose *a posteriori* una gráfica de similitudes o box-plot.

#### **4.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS ECONÓMICOS**

##### ***4.4.1. Costo-beneficio***

Un análisis de costo-beneficio es un estudio del retorno financiero del que el proyecto tiene alguna influencia y determina la viabilidad para implementar un proyecto.

Para este trabajo, se realizó un análisis de costo beneficio a partir de las entrevistas para los años 2017 y 2018, posterior a las cosechas de miel, en el cual se consideró la inversión en el costo de materiales, transporte, los mercados de venta, así como las ganancias y pérdidas generadas por la posesión de colmenas y la venta de la miel por cada meliponicultor.

##### ***4.4.2. Mercado potencial***

Desde el cuatro de agosto hasta el cuatro de septiembre, se aplicó una encuesta de manera virtual mediante el programa SurveyMonkey (2018) para conocer las percepciones de los consumidores de miel y con ello buscar un mercado potencial para los meliponicultores (ver Anexo 2). En dicha encuesta se consideró monitorear el consumo de miel en el último año (de julio 2017 a julio de 2018), las razones por las cual se consume, los costos en que se consigue en distintos mercados y el conocimiento que se tiene en la población sobre la existencia de la miel de meliponinos. Este monitoreo se realizó con la finalidad de dar a conocer la miel que produce *Scaptotrigona mexicana* y las propiedades químicas analizadas en el presente trabajo; con esto, se buscó conocer si los consumidores de miel estarían dispuestos a comprar esta miel y, de ser así, se destacó la disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio en que se vende la miel en el mercado regional, de acuerdo con el género, la escolaridad, el ingreso mensual y el número de hijos por encuestado.

Cabe resaltar que las preguntas utilizadas para monitorear a los consumidores potenciales no fueron analizadas en el presente trabajo, esto debido a que se usaron para dar pie a las preguntas sobre el posible consumo de la miel de *S. mexicana*.

#### **4.4.3. Análisis costo-beneficio**

Para obtener el valor del análisis de costo beneficio, se calculó el *ingreso* (o ganancias) de cada meliponicultor por la venta de miel, así como los *costos* por el mantenimiento del meliponario. Posteriormente se calculó el *ingreso neto* por la venta de la miel extraída de cada meliponario y, a partir de este último dato, se calculó el *ingreso neto por litro de miel*.

Donde:

Ingreso (I) = precio de un litro de miel (P)\* producción total de miel por meliponario (Q)

$$I = (P)(Q)$$

Costo (C) = suma de los gastos realizados para mantener el meliponario

$$C = \sum_{i=1}^n G_i$$

Ingreso neto (N) = ingreso – costo

$$N = (P)(Q) - \sum_{i=1}^n G_i$$

Ingreso neto por litro de miel (L)= ingreso neto/producción total de miel por meliponario

$$L = \frac{(P)(Q) - \sum_{i=1}^n G_i}{Q}$$

#### **4.4.4. Análisis del mercado potencial**

Se utilizó el programa SPSS (IBM, 2017) en conjunto con el paquete estadístico *Infostat* (Rienzo, et al., 2017) para determinar diferencias significativas en cuanto a la disponibilidad a pagar un porcentaje extra sobre el precio regional de un litro de miel. Para determinar si habría diferencia en cuanto a disponibilidad a pagar un porcentaje extra, respecto al género de los entrevistados, se usó una prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Para determinar si habría diferencias en cuanto a la disponibilidad

a pagar un porcentaje extra, respecto al grado de escolaridad, ingreso mensual o número de hijos, se utilizó una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para cada conjunto de datos.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. IMPORTANCIA DE LA MELIPONICUTURA Y VEGETACIÓN ASOCIADA

#### 5.1.1. *Personas entrevistadas y ubicación de sus meliponarios*

Comunidad	Meliponicultor	Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m s.n.m)
CUETZALAN DEL PROGRESO	Baudel	Pahuata	20° 3'55.16"N	97°27'42.44"O	426
	Pedro	Cuauhtapanaloyan	20° 4'35.71"N	97°27'20.57"O	283
	Miguel	Cuauhtapanaloyan	20° 4'45.50"N	97°27'29.40"O	292
	Lázaro (no entrevistado)	Texochico	20° 3'50.91"N	97°27'56.95"O	409
SAN ANTONIO RAYÓN	Isela	San Antonio Rayón	20° 6'19.01"N	97°28'36.08"O	193
	Martha	San Antonio Rayón	20° 6'41.99"N	97°29'3.42"O	164
	Vicenta	San Antonio Rayón	20° 6'44.58"N	97°29'2.96"O	163
	Minerva	San Antonio Rayón	20° 8'3.71"N	97°28'44.60"O	264
	Floriberta	San Antonio Rayón	20° 6'43.48"N	97°29'3.53"O	161

#### 5.1.2. *Importancia de la meliponicultura en Cuetzalan del Progreso y San Antonio Rayón*

En Cuetzalan del Progreso y San Antonio Rayón, la actividad primaria de las personas entrevistadas es la agricultura, sobre todo en el caso de los hombres, pues las mujeres desempeñan actividades del hogar, aunque algunas veces ayudan a sus maridos en las “cosas del campo”, sobre todo en el cuidado de los campos de cultivo y durante la cosecha. Principalmente se siembra maíz y plantas de interés comercial, como son la naranja, el limón y la pimienta (en algunas familias); tal es el caso de la señora Floriberta, quien menciona que la pimienta representa un ingreso importante en la economía familiar, mientras que, para la señora Minerva, el cultivo de cítricos es importante para la familia. Además, se hace mención constante de que anteriormente el cultivo de café era importante en la zona (sobre todo en Cuetzalan), ya que se podía vender a un excelente precio, lo que se traducía en ganancias muy positivas; sin embargo, al caer la enfermedad de la *roya* en toda la zona, se perdieron los cultivos y, con

ellos, las ganancias. Debido a lo anterior, se abandonó la siembra del café, quedando actualmente pocas plantas de esta especie y perdiéndose como parte de los principales cultivos.

Sin embargo, la agricultura no es la única actividad para las personas entrevistadas. Para ellas, la meliponicultura ha tenido un papel muy importante en los últimos años, específicamente con la abeja *Scaptotrigona mexicana*, la cual es cuidada y reproducida por su miel, generando un aprecio cultural que se observa en su crianza desde tiempos ancestrales, lo cual evoca un conocimiento que ha trascendido distintas generaciones. Sin embargo, la actividad de la meliponicultura se había dejado de practicar en algunas familias, mientras que otras han continuado con la tradición heredada, ya sea por los padres o por los abuelos. En ambas comunidades (Cuetzalan y San Antonio Rayón), las personas explicaron que la actividad se ha retomado gracias a distintos proyectos que se han gestionado por distintas instancias o personas preocupadas por la pérdida de la meliponicultura y, por lo tanto, de las abejas y sus servicios ecosistémicos. Por ejemplo, 10 años antes de la entrevista, en San Antonio Rayón llegó un programa que las meliponicultoras llaman INAES (Instituto Nacional de la Economía Social), que ofreció enseñar la actividad de la meliponicultura, regalando 10 colmenas a todas aquellas personas que quisieran participar, permitiendo la reproducción de las abejas y la producción de miel, entre otros productos. Del mismo modo, en la región de Cuetzalan, el señor Roque Arroyo incentivó a sus vecinos a retomar la actividad, ofreciendo ayuda en la enseñanza para la cría de las abejas, su reproducción y su importancia; algunos vecinos decidieron adoptar a las abejas, aunque en el proceso desistieron, mientras que otros (como las personas entrevistadas) lograron continuar con el proyecto, creando un meliponario que, durante los últimos diez años, han hecho crecer en cuanto al número de colmenas gracias a las reuniones en donde intercambian aprendizajes, además de la capacitación de profesionales del programa INAES (en Rayón) y la Mtra. Margarita Medina (en Cuetzalan).

La mayoría de los meliponicultores tienen a sus abejas en el traspatio, lo que ha fomentado que las personas vean a estos organismos como parte de la familia. Este hecho ha permeado en la *unificación familiar*, debido a que en el cuidado de las colonias y en las cosechas de miel se involucran los integrantes de la familia, tales como la pareja, los hijos, los yernos, las nueras, etc., lo que permite la herencia del conocimiento de los adultos hacia los más jóvenes, al mismo tiempo que la comunicación y los lazos familiares sean más fuertes y es aquí donde surge la idea de heredar las colmenas a las siguientes generaciones para que estas sigan manteniéndolas. Asimismo, la crianza de las abejas ha fomentado los *lazos sociales*, puesto que, durante las cosechas, los vecinos o amigos meliponicultores se reúnen para extraer los productos de las colmenas, donde hay una repartición de

labores, convivencia y compañerismo, generando el intercambio de ideas y de conocimientos acumulados de manera individual o grupal. En la comunidad de San Antonio Rayón, antes de comenzar las cosechas, las meliponicultoras realizan un ritual para eliminar las “energías negativas” mediante el esparcimiento del humo de incienso a cada persona que ayudará, evitando que las abejas se alteren y ataquen, por lo cual, se considera importante el colaborar con buena voluntad. De igual manera, se cree que si las abejas atacan a una persona es porque esa persona es infiel a su pareja.

La cosecha de la miel y los derivados de la colmena, se hacen principalmente entre los meses de abril y mayo, obteniéndose aproximadamente 250 mL por colmena, aunque en los meses de octubre puede haber otra cosecha, dependiendo de las condiciones climáticas durante el año, es decir, si hay abundancia de lluvias, no se cosecha, pero si predomina el calor, sí se cosecha. Del mismo modo, la fenología de las plantas influye para determinar si habrá cosecha durante estos meses. Otra de las causas se debe a que hay temporadas en las que se produce mayor cantidad de polen o hay “pie de cría” (colmenas con gran cantidad de huevos o larvas). Una vez cosechada la miel, se almacena en un lugar seco y con poca o nula cantidad de luz, ya que, al ser un producto que fermenta de manera natural, se busca evitar la aceleración de este proceso.

La miel es utilizada primordialmente con fines medicinales y se usa poco para endulzar. Con ella se tratan enfermedades respiratorias, cataratas en los ojos y se acelera la cicatrización de heridas. En un caso particular, la señora Minerva menciona que su abuela era partera y usaba la miel para ayudar a parir, untándola en el vientre, lo que también ayudaría a la sanación postparto; posteriormente, la miel se preparaba con un poco de aguardiente y se lo daban a beber a las mamás para ayudar a sanar el estómago y para que no le doliera el vientre. En la actualidad ya no se usa este método de curación para los partos.

Otra de las razones en la crianza *S. mexicana* es el reconocimiento de la polinización, razón por la cual se han mantenido ciertas especies de plantas nativas y se ha implementado la conservación y reproducción de plantas de interés comercial, tales como cítricos, café, pimienta, mango, entre otros (Gráfica 1), destacando que, según comentarios de los meliponicultores, estas son las plantas mayormente preferidas por las abejas. Por otro lado, la crianza de las abejas también tiene un fin económico, cuya remuneración monetaria es de ayuda para los meliponicultores y sus familias. A pesar de no ser una fuente de ingreso primaria, lo poco que se gana con la venta de la miel se ocupa para invertir en la canasta básica, para cubrir pequeños gastos o para invertir en el mantenimiento de las colmenas con la compra de ollas, tablas, mallas, gastos de transporte, entre otras cosas.

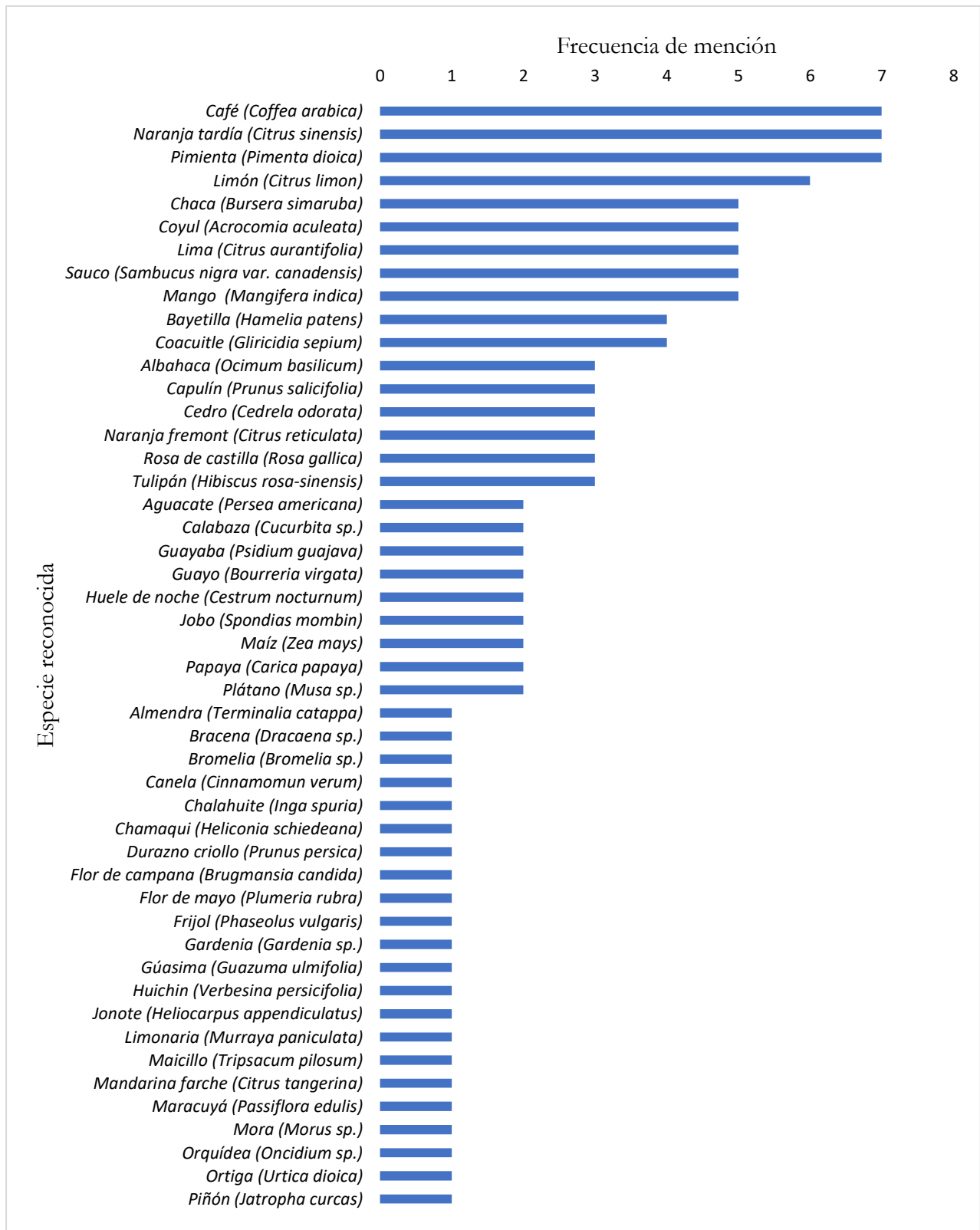
A pesar de los esfuerzos por mantener la actividad, algunos de los retos a los que se enfrentan los meliponicultores para poder mantener las colonias de *S. mexicana* son: 1) los robos de las colonias, muchas veces por los vecinos de la comunidad, sin identificar aún quienes lo hacen, debido a que se ha popularizado tener colonias de la especie para extraer la miel; 2) las plagas de mosquitos robadoras de miel y destructoras de colonias, desplazando a las abejas a buscar otros sitios de anidamiento; 3) los cambios bruscos de temperatura, sobre todo los fríos y la nubosidad constante, lo que evita que las abejas puedan salir a forrajear y, al no tener suficiente alimento, perecen en un inconmensurable número de individuos.

### ***5.1.3. Reconocimiento de plantas visitadas por *Scaptotrigona mexicana****

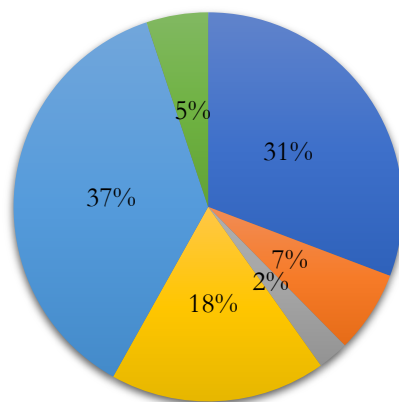
Durante la caminata botánica, los meliponicultores reconocieron 48 especies de plantas que son visitadas por las abejas (Gráfica 1). Entre las plantas que más destacan se encuentran distintas especies de cítricos, la pimienta y el café. Sin embargo, se resalta que cada persona tiene conocimientos específicos de otras especies que se encuentran alrededor de sus hogares (plantas de traspatio), por lo cual dichas plantas aparecen mencionadas solamente una vez (p. ej. Almendra (*Terminalia catappa*), bromelia (*Bromelia sp.*), canela (*Cinnamomum verum*), flor de campana (*Brugmansia candida*), entre otros).

De las plantas visitadas por las abejas, los meliponicultores reconocen que hay mayor frecuencia de visitas en aquellas plantas que son cultivadas o se encuentran cercanas a sus meliponarios (solar), en contraste con las plantas de la milpa, que son poco visitadas (Gráfica 2). De lo anterior, se destaca que las formas de vida arborescentes son las de mayor afinidad, seguidos de las formas arbustivas; por el contrario, tanto las epífitas, rastreras y trepadoras tienen menor frecuencia de visitas (Gráfica 3). Asimismo, la mayoría de las plantas que se mencionaron, tienen un alto grado de frecuencia de visitas (Gráfica 4; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).



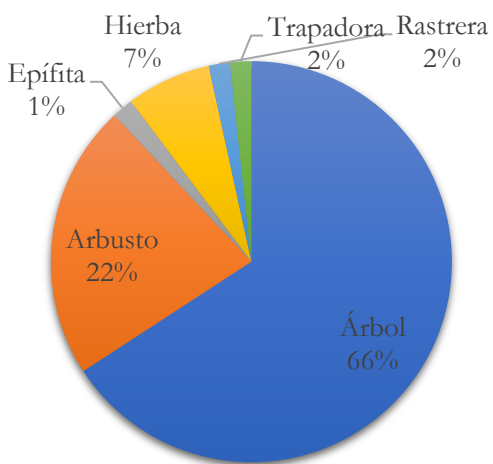


Gráfica 1. Especies vegetales visitadas por *Scaptotrigona mexicana* reconocidas por los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón. N = 8 meliponicultores.



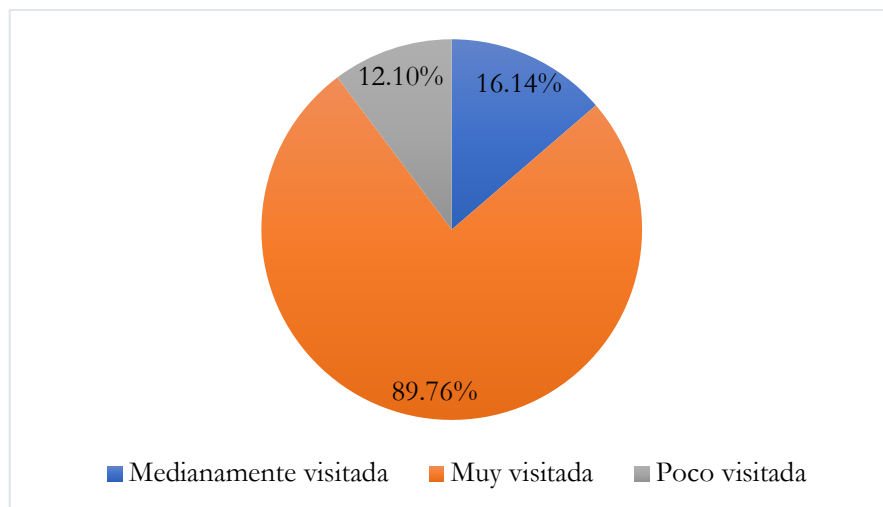
■ Cultivo ■ Lindero ■ Milpa ■ Monte ■ Solar ■ Solar y monte

Gráfica 2. Sitios de crecimiento de plantas visitadas por *Scaptotrigona mexicana* en Cuetzalan y San Antonio Rayón. N = 8 meliponicultores.



■ Árbol ■ Arbusto ■ Epífita ■ Hierba ■ Rastrera ■ Trapadora

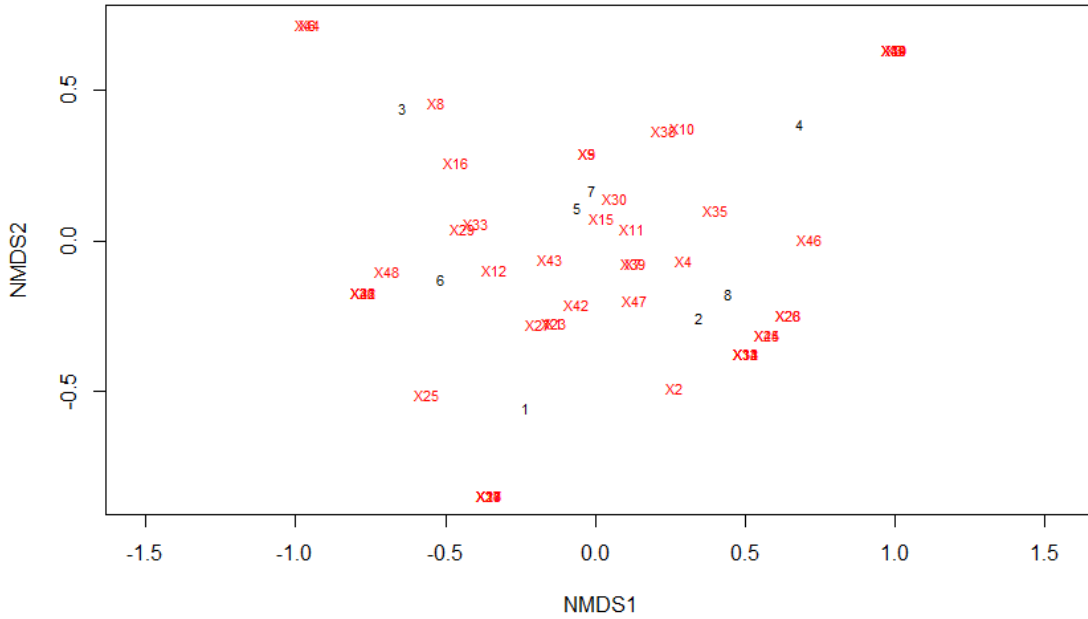
Gráfica 3. Formas de vida de las plantas visitadas por *S. mexicana* en Cuetzalan y San Antonio Rayón. N = 8 meliponicultores.



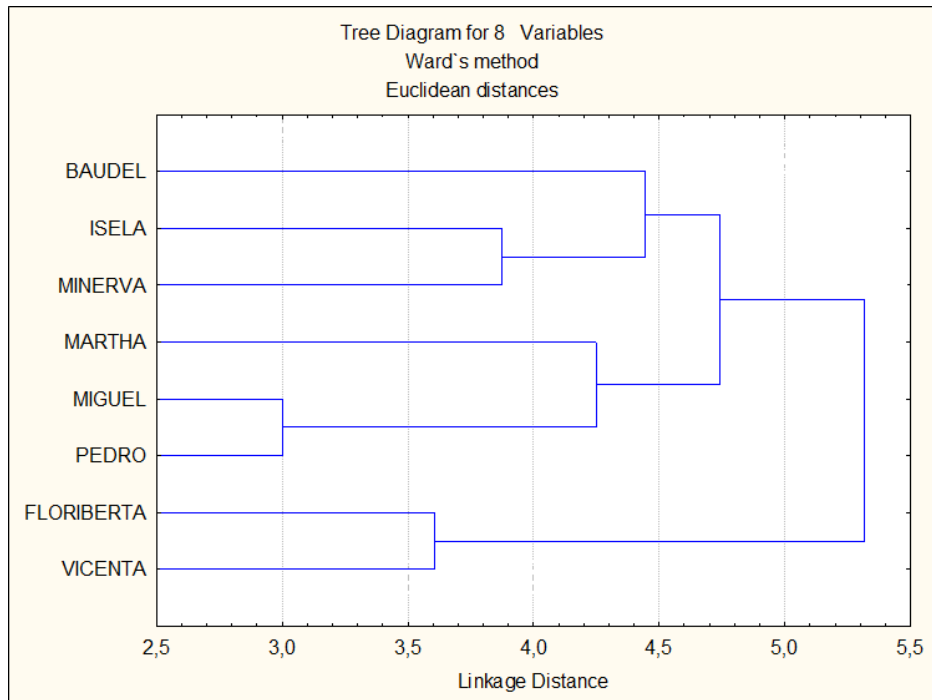
Gráfica 4. Frecuencia de visitas a las plantas con mayor afinidad a *S. mexicana* en Cuetzalan y San Antonio Rayón. Datos basados en la observación empírica de los meliponicultores respecto a la abundancia de abejas encontradas en la vegetación mencionada en la Gráfica 1. N = 8 meliponicultores.

En el análisis de escalamiento multidimensional (Gráfica 5) se observaron similitudes de conocimientos sobre las plantas visitadas por *S. mexicana*. Dichas similitudes son mayormente notorias entre Pedro y Miguel (donde plantas como la canela, el cedro, coacuitle y el limón, son las que marcan la diferencia respecto a los demás meliponicultores) así como entre Floriberta y Vicenta (diferenciadas del resto de los meliponicultores por las plantas huichín, jonote, limón, mango y la rosa de castilla). Además, cabe resaltar que entre ellos existen distancias cortas entre sus viviendas, es decir, son vecinos cercanos.

Por otro lado, en el análisis dendrométrico con distancia Euclidiana (Gráfica 6), se obtuvieron dos grupos de compartición de saberes, en el cual, un grupo comprende a Floriberta y Vicenta (Grupo 1), quienes también se encuentran espacialmente cercanas, mientras que en el otro grupo (Grupo 2) se encuentran los demás meliponicultores. A su vez, el Grupo 2 se divide en 2 subgrupos; en el subgrupo 1 se encuentra Baudel ligado a Isela y Minerva; en el subgrupo 2 se encuentra Martha ligada a Miguel. De estos, se puede observar que Miguel y Pedro presentan menor distancia de semejanza, seguido del Grupo 1 y de la rama Isela-Minerva, lo que indica una mayor semejanza en cuanto a la frecuencia con que son mencionadas las especies que visita *S. mexicana*, agregando que estas personas se encuentran espacialmente cercanas, de acuerdo con el grupo en que se encuentran (véase mapa en Figura 1). En el caso de Baudel, se observa que, a pesar de encontrarse en un subgrupo, es aquel que menos relación tiene en el conocimiento de las plantas visitadas por las abejas, respecto a los demás meliponicultores.



Gráfica 5. Gráfica de escalamiento multidimensional donde se muestra la relación de plantas conocidas entre los meliponicultores. 1 = Baudel, 2 = Floriberta, 3 = Isela, 4 = Martha, 5 = Miguel, 6 = Minerva, 7 = Pedro, 8 = Vicenta. Se observa mayor relación del conocimiento de plantas visitadas por *S. mexicana* entre Miguel y Pedro, así como entre Floriberta y Vicenta.



Gráfica 6. Similitud de conocimientos sobre plantas visitadas por *S. mexicana* en Cuetzalan y San Antonio Rayón. Se observa que existe mayor semejanza en conocimientos sobre la flora visitada por *S. mexicana* entre Miguel y Pedro, así como entre Floriberta y Vicenta. N = 8 meliponicultores

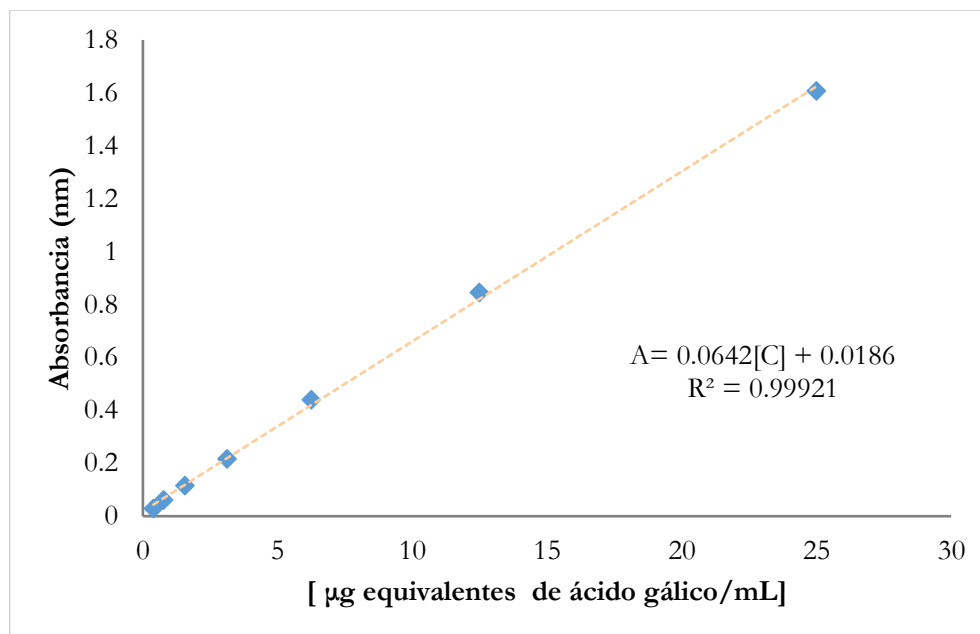
## 5.2. PROPIEDADES QUÍMICAS

### 5.2.1. Contenido de fenoles totales

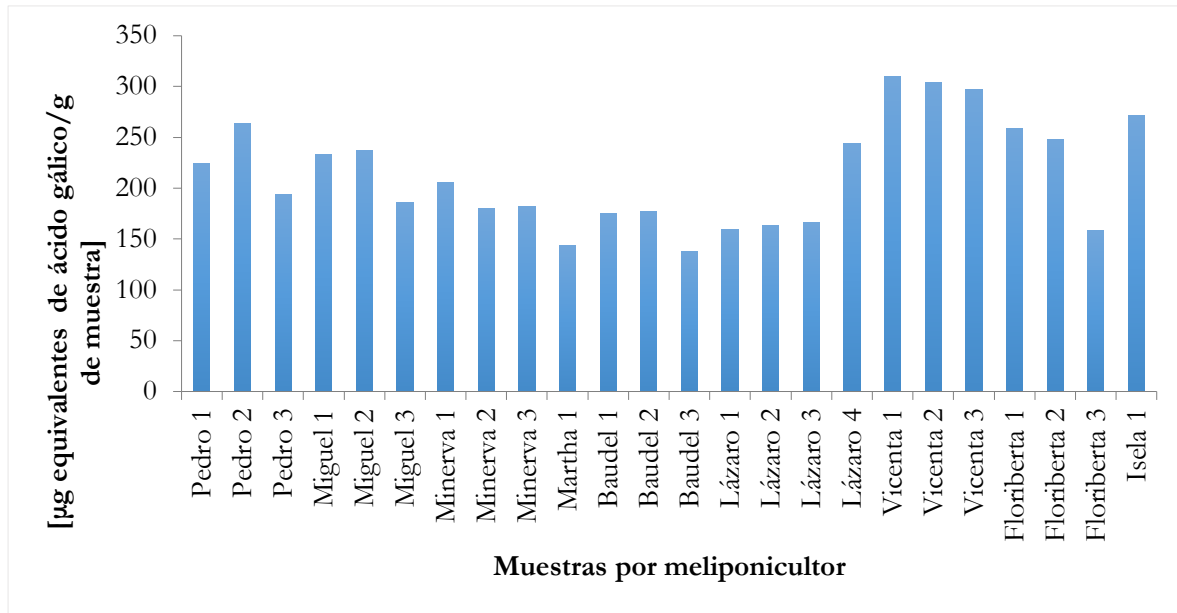
La curva de calibración construida fue estadísticamente aceptable ( $R^2 = 0.99921$ ), lo cual permitió determinar el contenido de fenoles totales (Gráfica 7) para las muestras colectadas. La línea de tendencia se encontró entre los intervalos de 25 a 0.390  $\mu\text{g}$  equivalentes de ácido gálico/mL.

Se encontró que las mieles presentaron concentraciones de 137.634 a 309.688  $\mu\text{g}$  equivalentes de ácido gálico/g de muestra. De esto, se observó que las mieles del municipio de Rayón presentan mayor concentración de fenoles, respecto a las del municipio de Cuetzalan, siendo las muestras Vicenta 1, 2 y 3, Isela 1, Pedro 2 y Floriberta 1 y 2 aquellas que tienen mayor concentración de fenoles totales (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En este sentido, mientras mayor es la concentración en el contenido de fenoles totales, la miel resulta ser mejor en cuanto a sus propiedades químicas.

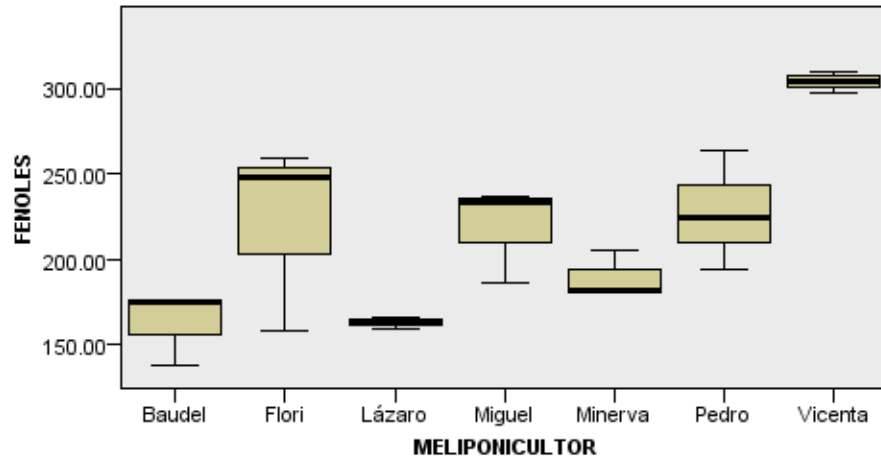
En la prueba de Kruskal-Wallis se obtuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), donde las muestras que difieren son las de Lázaro y Vicenta, indicando que dichas muestras presentan mayor variación para ambos grupos de muestras (Gráfica 9 y Tabla 1).



Gráfica 7. Curva de calibración para fenoles totales para las mieles de Cuetzalan y San Antonio Rayón.



Gráfica 8. Contenido de fenoles totales en las mieles de Cuetzalan y San Antonio Rayón.



<b>N total</b>	21
<b>Estadístico de contraste</b>	14.442
<b>Grados de libertad</b>	6
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.025

Gráfica 9. Prueba de Kruskal-Wallis para fenoles totales de los meliponarios de Cuetzalan y San Antonio Rayón.

Tabla 1. Diferencias significativas en la concentración de fenoles totales, construida en el programa estadístico Infostat.

Meliponicultor	Medianas	Rangos			
<b>Lázaro</b>	<b>163.26</b>	<b>4</b>	<b>A</b>		
Baudel	175.45	4.67	A	B	
Minerva	181.98	9.67	A	B	
Floriberta	248.25	11.67	A	B	C
Miguel	233.57	13	A	B	C
Pedro	224.31	14		B	C
<b>Vicenta</b>	<b>304.01</b>	<b>20</b>			<b>C</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

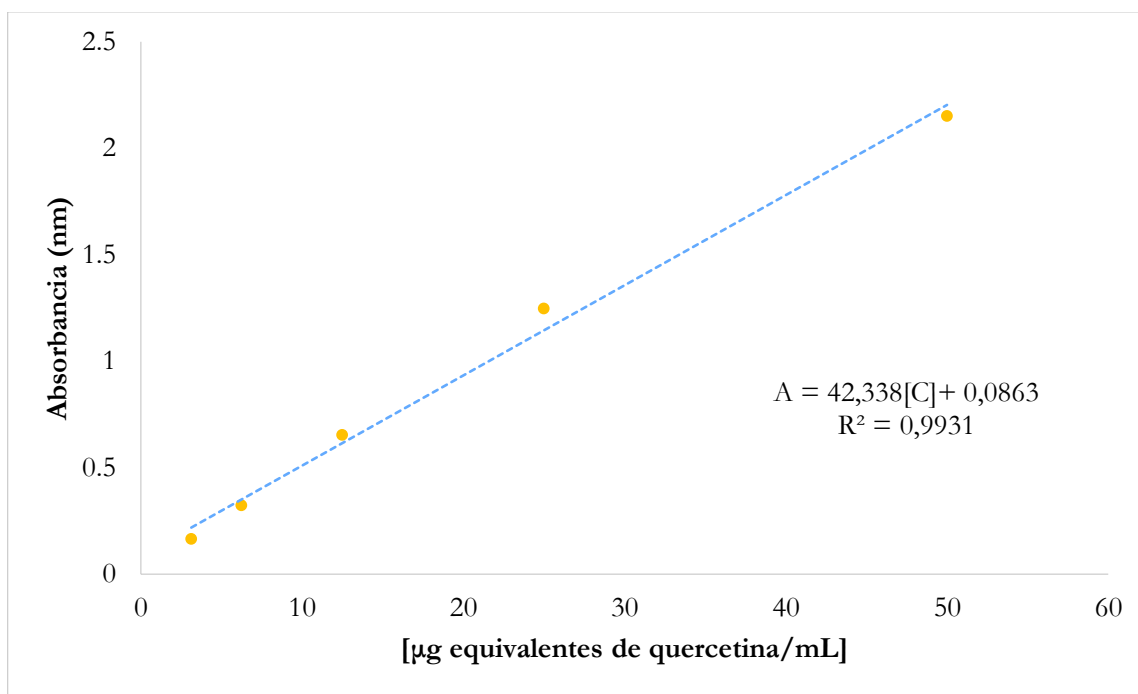
Dado que  $p < 0.05$  en la prueba de Kruskal-Wallis para fenoles totales (Gráfica 9), se encuentran diferencias estadísticamente significativas. Las diferencias se observan en las muestras de Lázaro, siendo estas las que menor concentración tienen y Vicenta, las de mayor concentración de fenoles totales (Tabla 1)

### 5.2.2. Contenido de flavonoides totales

La curva de calibración construida fue estadísticamente aceptable ( $R^2 = 0.9931$ ), lo cual permitió determinar la concentración de flavonoides totales (Gráfica 10). La línea de tendencia se encontró en un rango de concentración de 50 a 3.125  $\mu\text{g}$  equivalentes de quercetina/mL.

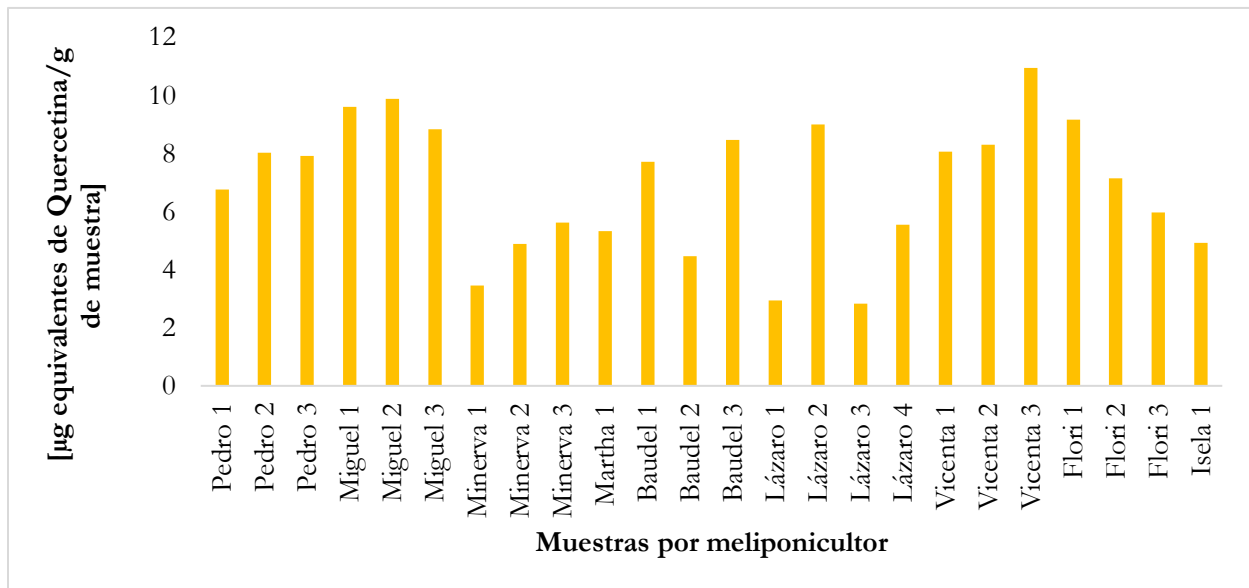
Se encontró que las mieles presentaron concentraciones de 2.842 a 10.957  $\mu\text{g}$  equivalentes de quercetina/g de muestra, siendo las muestras Vicenta 3, Miguel 1 y 2, Floriberta 1 y Lázaro 2 las de mayor concentración en el contenido flavonoides totales (Gráfica 12). En este sentido, las mieles que presentan una mayor cantidad de flavonoides totales son aquellas que tienen mejor funcionalidad en sus propiedades.

En la prueba de Kruskal Wallis (Gráfica 11) no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ), lo que indica que las muestras entre los meliponarios presentan concentraciones similares de flavonoides totales.

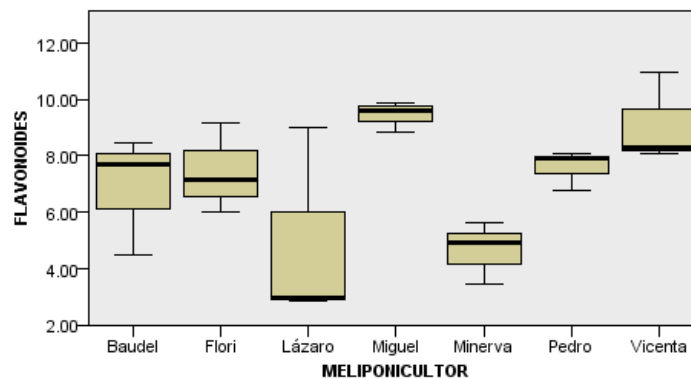


Gráfica 10. Curva de calibración para flavonoides totales, a partir de quercetina, para las muestras de Cuetzalan y San Antonio Rayón





Gráfica 12. Contenido de flavonoides totales en las mieles de Cuetzalan y San Antonio Rayón.



<b>N total</b>	21
<b>Estadístico de contraste</b>	10.909
<b>Grados de libertad</b>	6
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.091

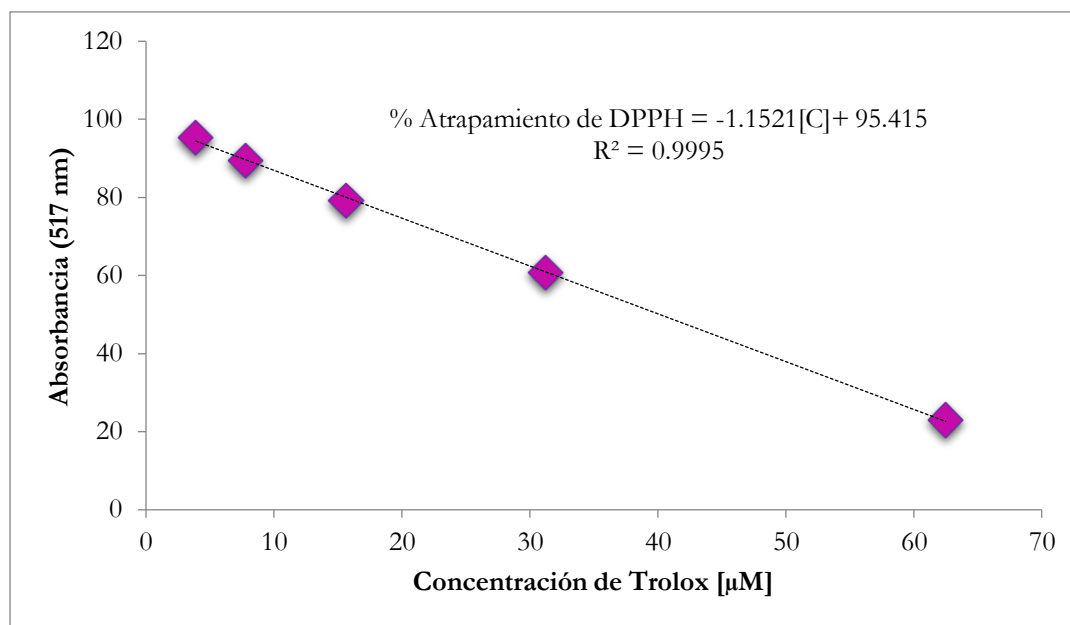
Gráfica 11. Prueba de Kruskal-Wallis para contenido de flavonoides totales de los meliponarios de Cuetzalan y San Antonio Rayón.

Dado que  $p > 0.05$  en la prueba de Kruskal-Wallis para contenido de flavonoides totales (Gráfica 11), no se encuentran diferencias significativas, lo que sugiere que las muestras de los meliponarios analizados tienen concentraciones de flavonoides totales similares.

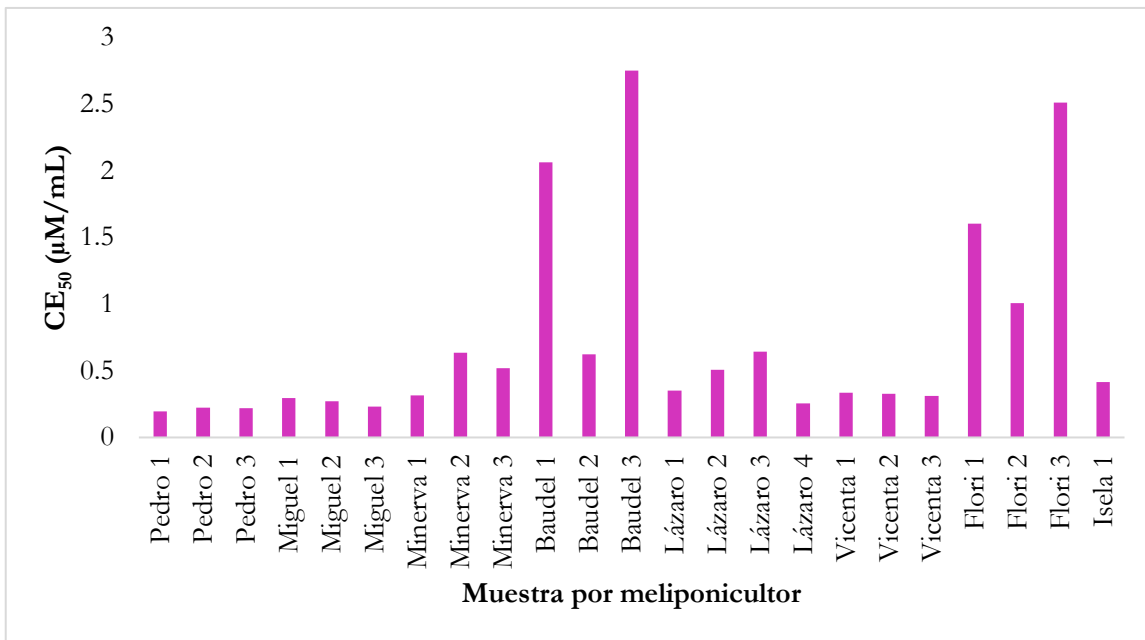
### 5.2.3. Capacidad de atrapamiento de radicales libres utilizando DPPH

La curva de calibración construida con Trolox fue estadísticamente aceptable ( $R^2 = 0.9995$ ), lo cual permitió determinar el porcentaje de atrapamiento de DPPH. La línea de tendencia se encontró en un rango de 62.5 y 3.90  $\mu\text{M}$  de concentración de Trolox. En este caso, la pendiente de la recta es negativa ya que, a mayor concentración de antioxidantes, menor concentración del radical libre DPPH y, por lo tanto, menor absorbancia a esa longitud de onda (Gráfica 13).

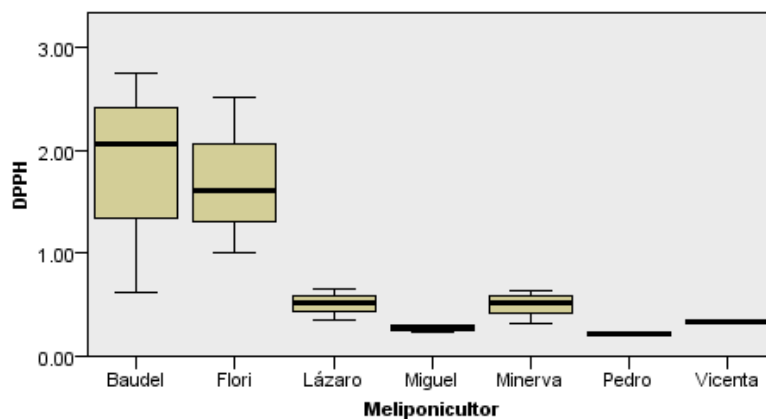
La concentración efectiva para el atrapamiento de radicales libres al 50% fue de un mínimo de 0.222 a un máximo de 6.641  $\mu\text{M}/\text{mL}$ , siendo la concentración mínima la de mayor funcionalidad en el atrapamiento de radicales libres. Para esta prueba, algunas muestras tuvieron muy baja actividad antioxidante o bien, presentan otro tipo de compuestos no funcionales para el atrapamiento de radicales libres, tales como las muestras de: Martha 1, Baudel 1 y 3, así como Floriberta 1 y 2 (Gráfica 14; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las muestras destacadas en una mayor actividad antioxidante son: todas las muestras de Pedro, Miguel y Vicenta, así como Minerva 1 y Lázaro 4. De esta manera, mientras menor sea la  $\text{CE}_{50}$  de las mieles, la actividad antioxidante resulta ser mejor.



Gráfica 13. Curva de calibración para atrapamiento de radicales libres en mieles de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.



Gráfica 14. Concentración efectiva para atrapamiento de radicales libres en las mieles de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.



<b>N total</b>	21
<b>Estadístico de contraste</b>	17.939
<b>Grados de libertad</b>	6
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.006

Gráfica 15. Prueba de Kruskal-Wallis para  $CE_{50}$  de atrapamiento de radicales libres.

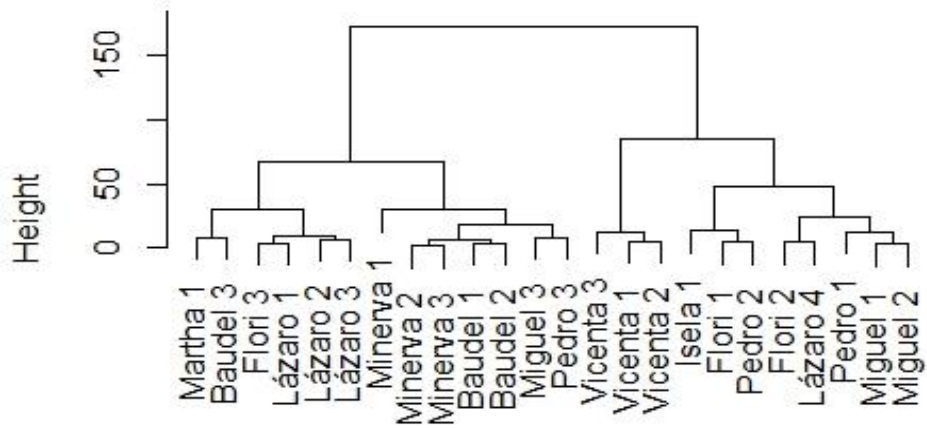
En la prueba de Kruskal-Wallis (Gráfica 15) se encontraron diferencias significativas en cuanto al atrapamiento de radicales libres ( $p < 0.05$ ) entre las muestras de los meliponarios de Pedro, Baudel y Floriberta (Tabla 2), donde la mejor  $CE_{50}$  se observa para las muestras de Pedro, mientras que las muestras de Baudel y Floriberta son aquellas con menor eficiencia en la  $CE_{50}$  (Tabla 2).

Tabla 2. Diferencias significativas en la  $CE_{50}$  para atrapamiento de radicales libres, elaborado en el programa estadístico Infostat.

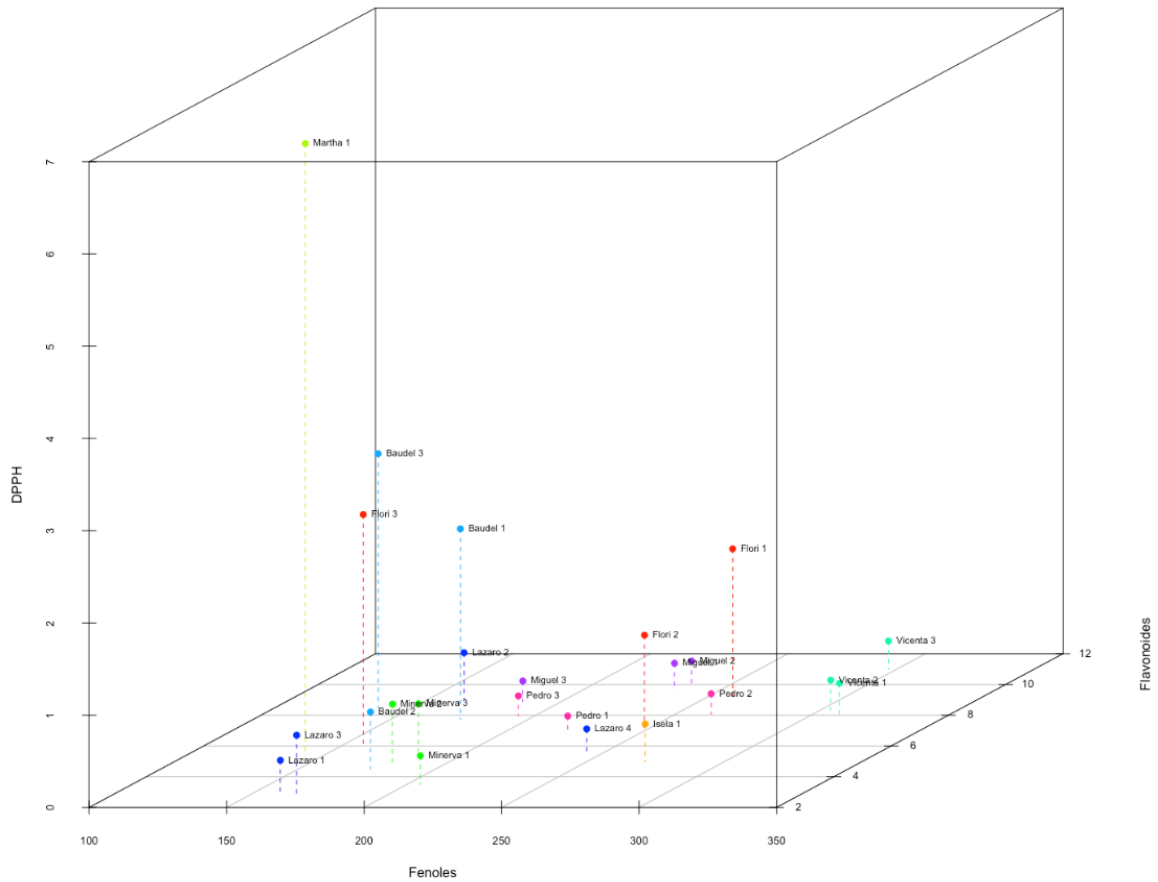
Meliponicultor	Medianas	Rangos			
<b>Pedro</b>	<b>0.22</b>	<b>2</b>	<b>A</b>		
Miguel	0.27	5	A	B	
Vicenta	0.33	8.67	A	B	C
Minerva	0.52	12		B	C
Lázaro	0.51	13		B	C
<b>Baudel</b>	<b>2.07</b>	<b>18</b>			<b>C</b>
<b>Floriberta</b>	<b>1.61</b>	<b>18.33</b>			<b>C</b>

#### **5.2.4. Análisis conjunto de los contenidos de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante**

A partir de la concentración de fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante se construyó un dendograma para buscar similitudes entre las muestras de los meliponarios en ambas regiones. En este, resultan dos grandes grupos y, a partir de ellos, cuatro subgrupos de similitud, donde se observa que las muestras Vicenta 1, 2 y 3 se agrupan en una sola rama (tercer subgrupo, de izquierda a derecha), lo que indica una similitud en cuanto a concentración de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante entre las tres muestras. Asimismo, se observan otras similitudes entre muestras de Lázaro 2 y 3 (subgrupo 1), Minerva 2 y 3 (rama subgrupo 2), Baudel 1 y 2 (subgrupo 2), así como Miguel 1 y 2 (subgrupo 4) (Gráfica 17). Sin embargo, los subgrupos mencionados anteriormente presentan similitudes a otras muestras que no corresponden a los mismos meliponarios, es decir, de manera general, todas las muestras parecen tener concentraciones similares en cantidad de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante, lo que indica que no existe diferencia en cuanto a propiedades químicas entre meliponarios (Gráfica 17). Se destaca que las mieles de Vicenta son las de mayor concentración de fenoles y flavonoides totales, así como las de mejor actividad antioxidante, por lo cual se muestran agrupadas en un solo conjunto (Gráfica 16); además, todas sus muestras coinciden en similitud de las propiedades químicas.



Gráfica 17. Dendrograma de similitud con distancias euclidianas entre propiedades químicas de las muestras de distintos meliponarios.



Gráfica 16. Agrupamiento de las propiedades químicas de los distintos meliponarios de la región de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.

## 6. ANÁLISIS DE DATOS ECONÓMICOS

### 6.1. Análisis de costo beneficio

Se obtuvieron datos consecutivos de los años 2017 y 2018, donde se observan variaciones en cuanto a los gastos realizados, las pérdidas de colonias, la producción de miel en litros y los ingresos netos por la venta de miel. En el análisis se consideró el grupo de las mujeres como un solo dato, debido a que ellas se han organizado como un equipo, conjuntando esfuerzos, invirtiendo dinero y repartiendo ganancias.

Para el año 2017, el precio de la miel en los distintos tipos de mercado fue de 500 pesos el litro. La inversión en la compra de ollas osciló entre los 750 y 6000 pesos (con un promedio de 2252.5 pesos). El número de colonias registradas en los meliponarios se encontró en un rango de 100 a 455 (con un promedio de 216 colonias), donde el señor Miguel tenía la menor cantidad, mientras que el grupo de las mujeres tenía la mayor cantidad. Del mismo modo, se consideraron las pérdidas de colonias, donde algunos no perdieron colonia alguna, mientras que otros perdieron 4 o 30 colonias (con un promedio de 9.5 colonias), siendo el grupo de mujeres las más afectadas. Finalmente, la producción en este año osciló entre los 3 y 20 litros (con un promedio de 10.875 L), siendo el señor Pedro el que menos cantidad obtuvo y el señor Baudel el que más cosechó (Tabla 3). En el caso particular del señor Pedro, él cosechó a mediados del mes de abril, contrario a lo que hizo Baudel, quien esperó hasta finales del mes de mayo, pues este último menciona que espera la floración de árboles como el jobo y la chaca debido a que las abejas obtienen grandes cantidades de néctar y otros recursos ahí.

*En el análisis de costo-beneficio, para el año 2017, el ingreso neto por la venta de miel se encontró entre 299 y 5884 pesos, con promedio de 2928.3, donde el señor Miguel obtuvo los menores ingresos, mientras que el grupo de las mujeres fue el más beneficiado ya que ellas tenían la mayor cantidad de colonias (455)*

*(Tabla 3), lo que les permitió cosechar la mayor cantidad de miel, aun cuando tuvieron las mayores pérdidas de colmenas*

Tabla 4. Asimismo, el ingreso neto por la venta de cada litro de miel fue de 85 a 346 pesos, con promedio de 198.25 pesos, donde el señor Miguel obtuvo las menores ganancias y, por el contrario, el grupo de las mujeres fue la mayor beneficiada (

Tabla 4).

Para el año 2018, el precio de la miel en los distintos tipos de mercado (regional, Cooperativa Tosepan, la ciudad de México y el estado de Querétaro, entre otros) fue de 500 a 600 pesos el litro, donde el precio más elevado fue dado por el grupo de las mujeres. La inversión en la compra de ollas osciló entre los 750 y 2000 pesos (con un promedio de 1227.5 pesos). El número de colonias en los meliponarios se encontró en un rango de 65 a 397 (con un promedio de 172.5 colonias), donde el

señor Miguel tenía la menor cantidad, mientras que el grupo de las mujeres, en conjunto, tenían la mayor cantidad. Del mismo modo, se consideraron las pérdidas de colonias, donde hubo pérdidas entre 15 y 80 colonias (con un promedio de 47 colonias), siendo el señor Pedro el más afectado, seguido del grupo de las mujeres. Finalmente, la producción en este año osciló entre los 2.5 y 22 litros (con un promedio de 11.125 L), siendo el señor Miguel el que menos cosecha tuvo y el grupo de las mujeres con la mayor cosecha (Tabla 3).

En el análisis costo-beneficio, para el año 2018, el *ingreso neto* por la venta de miel se encontró entre -740 y 8410 pesos, con promedio de 3060 pesos, donde el señor Pedro tuvo la mayor pérdida económica, generada a causa de la pérdida de colonias, mientras que el grupo de las mujeres fue el más beneficiado. Asimismo, el ingreso neto por la venta de cada litro de miel fue de -123 a 382 pesos, con promedio de 158.75 pesos, donde el señor Pedro tuvo grandes pérdidas, pues por cada litro que logró vender obtuvo ganancias negativas, es decir, la inversión fue mayor que las ganancias; por el contrario, el grupo de las mujeres fue el mayor beneficiado debido a que son quienes concentran una mayor cantidad de colonias, tienen un trabajo más organizado durante las cosechas, lo cual les genera mayor producción de miel y han logrado diversificar su mercado de venta, además, las inversiones que realizan las hacen para un solo meliponario en lugar de cinco (N = 5 meliponicultoras). Para este año se muestra una pérdida grande de colmenas, debido al frío, plaga de mosquitos y al robo de colonias por parte de otras personas (com. pers. Señor Pedro y señora Isela) (

Tabla 4).

Tabla 3. Gastos de inversión para mantenimiento de colonias de *S. mexicana* durante dos años consecutivos.

Meliponi- cultor	Mercado	Precio de venta por litro de miel		Precio de ollas compradas <sup>1</sup> (\$)		Colonias de abejas por meliponario		Pérdidas de colonias por meliponario <sup>2</sup>		Última producción de miel (L) por meliponario	
		2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
<b>Baudel</b>	Regional, Tosepan	500	500	1000	750	130	118	0	15 (11.53 %)	20	14
<b>Miguel</b>	Regional	500	500	1260	1260	100	65	4	35 (35.00 %)	3.5	2.5



<b>Pedro</b>	Regional, Tosepan INAES,	500	500	750	900	180	110	4	80 (44.44 %)	3	6
<b>Isela Minerva Flori- berta Vicenta Martha</b>	Regional, Cuetzalan, Familia de Puebla, Lic. Martínez de la Torre, CdMx, Querétaro.	543	600	6000	2000	455	397	30	58 (12.74 %)	17	22
<b>Promedio</b>		<b>510.8</b>	<b>525</b>	<b>2252.5</b>	<b>1228</b>	<b>216</b>	<b>172.5</b>	<b>9.5</b>	<b>47</b>	<b>10.88</b>	<b>11.13</b>

Tabla 4. Análisis de costo-beneficio en la venta de miel para dos años consecutivos.

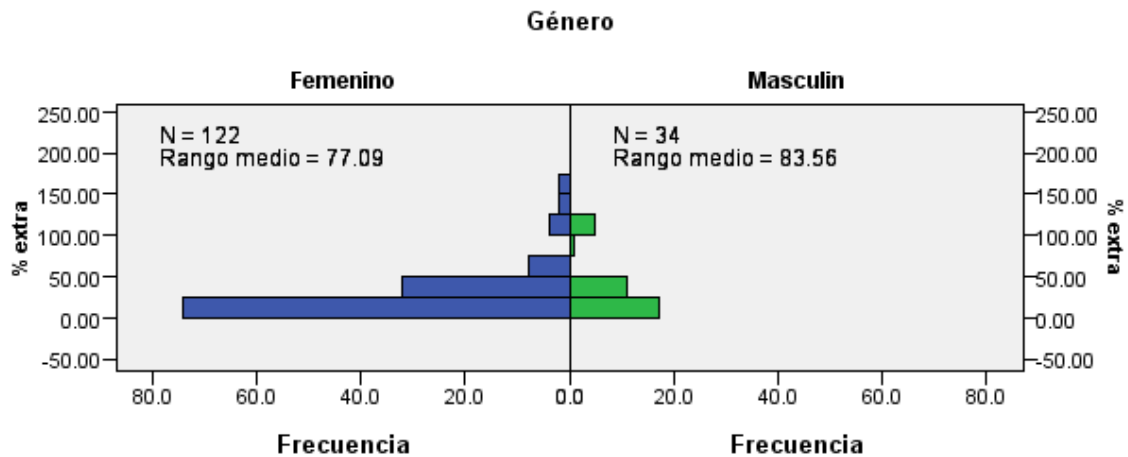
Meliponicultor/ Año	Ingreso total		Costo total		Ingreso total neto		Ingreso neto por litro de miel	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
<b>Baudel</b>	10000	7000	4770	2584	5230	4416	262	315
<b>Miguel</b>	1750	1250	1451	1096	299	154	85	61
<b>Pedro</b>	1500	3000	1200	3740	300	-740	100	-123
<b>Isela Floriberta Minerva Vicenta Martha</b>	9229	13200	3345	4790	5884	8410	346	382
<b>Promedio</b>	<b>5619.75</b>	<b>6112.5</b>	<b>2691.5</b>	<b>3052.5</b>	<b>2928.3</b>	<b>3060</b>	<b>198.25</b>	<b>158.75</b>

<sup>1</sup>Inversión total monetaria por cada meliponicultor en la compra de un conjunto de ollas. Cada meliponicultor compra en cantidades distintas, de acuerdo con sus necesidades.

<sup>2</sup> El porcentaje es referido a la cantidad de colonias perdidas respecto a la cantidad de colonias totales habidas el año anterior.

## 6.2. Análisis de mercado potencial para la venta de miel

### 6.2.1. Género vs el porcentaje extra dispuesto (a) a pagar



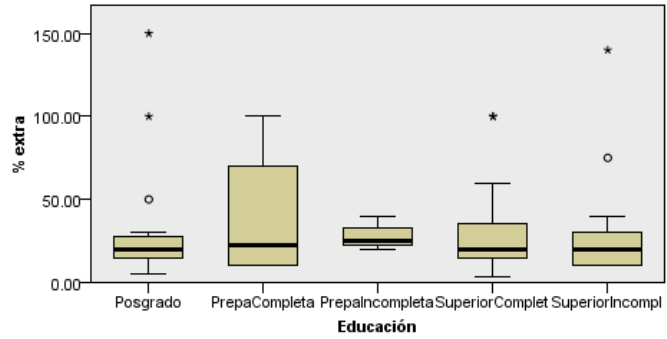
<b>N total</b>	156
<b>U de Mann-Whitney</b>	2,246.000
<b>W de Wilcoxon</b>	2,841.000
<b>Estadístico de contraste</b>	2,246.000
<b>Error estándar</b>	228.983
<b>Estadístico de contraste estandarizado</b>	.751
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.453

Gráfica 18. Prueba de U de Mann-Whitney para disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio de un litro de miel, respecto al género de las personas encuestadas.

Dado que  $p > 0.05$  (Gráfica 18), se acepta la hipótesis nula, lo que sugiere que no hay diferencias significativas respecto al género, es decir, ambos géneros tienen la misma disposición de aportar un porcentaje extra sobre el precio regional de un litro de miel. Aun cuando la N fue menor en el género masculino, este grupo presentó un rango medio similar a la N del grupo femenino. Asimismo, en ambos casos se observa que hay mayor disposición a pagar entre el 0 y 50 % respecto al precio de \$500.00 de un litro de miel.

### 6.2.2. Educación vs porcentaje dispuesto (a) a pagar

Dado que el valor  $p > 0.05$  (Gráfica 19), se acepta la hipótesis nula, lo que sugiere que no hay diferencias significativas en cuanto a la aportación de un porcentaje extra, respecto al nivel de escolaridad, es decir, el grado académico no influye en la decisión de los consumidores a pagar sobreprecio. En la mayoría de los casos, hay la disposición a pagar un sobreprecio entre el 0 y el 50 % en el precio de \$500.00 el litro de miel.

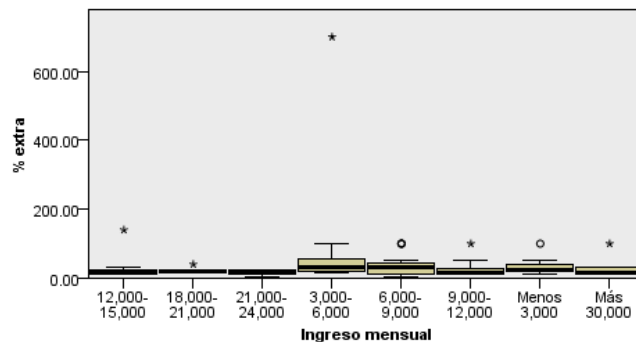


<b>N total</b>	88
<b>Estadístico de contraste</b>	1.030
<b>Grados de libertad</b>	4
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.905

Gráfica 19. Prueba de Kruskal-Wallis para disposición a pagar un porcentaje sobre el precio de un litro de miel, respecto al nivel de estudios de las personas encuestadas.

### 6.2.3. Ingreso mensual vs porcentaje extra dispuesto (a) a pagar

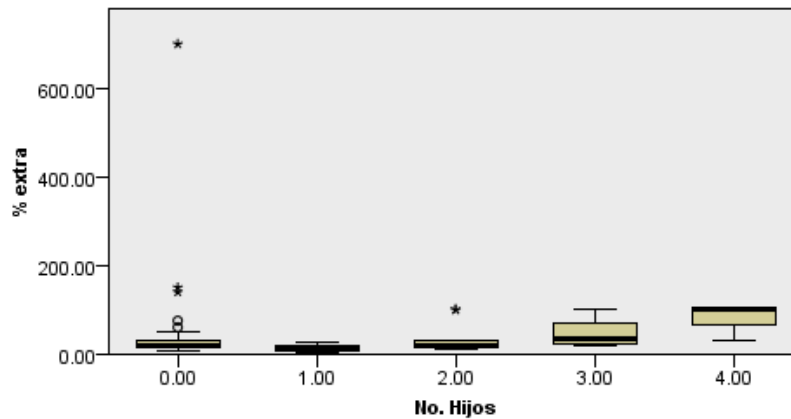
Dado que el valor de  $p > 0.05$  (Gráfica 20), se acepta la hipótesis nula; lo que sugiere que no hay diferencias significativas en cuanto a la disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio de \$500.00, respecto al ingreso económico mensual de los consumidores.



<b>N total</b>	87
<b>Estadístico de contraste</b>	8.345
<b>Grados de libertad</b>	7
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.303

Gráfica 20. Prueba de Kruskal-Wallis para disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio de un litro de miel, respecto al ingreso mensual de las personas encuestadas.

**6.2.4. Número de hijos vs porcentaje extra dispuesto (a) a pagar**



<b>N total</b>	92
<b>Estadístico de contraste</b>	15.234
<b>Grados de libertad</b>	4
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	.004

Gráfica 21. Prueba de Kruskal-Wallis para disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio de un litro de miel, respecto al número de hijos de las personas encuestadas.

Tabla 5. Diferencias significativas en la disposición a pagar un porcentaje extra sobre el precio de un litro de miel, respecto al número de hijos de las personas encuestadas.

No. De hijos	Medianas	Rangos		
<b>1</b>	<b>10</b>	<b>24.44</b>	<b>A</b>	
0	20	46.06		B
2	20	47.65		B
3	32.5	64.38		B C
<b>4</b>	<b>100</b>	<b>81.25</b>		<b>C</b>

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Dado que el valor  $p < 0.05$  (Gráfica 21) se rechaza la hipótesis nula, lo que sugiere una diferencia significativa en cuanto a la aportación de un porcentaje extra para el pago de un litro de miel, respecto al número de hijos que se tienen. La diferencia significativa se encuentra entre aquellas personas que tienen uno o cuatro hijos (Tabla 5), donde las personas que tienen un hijo son aquellas con disposición a pagar un menor sobreprecio, mientras que las personas con cuatro hijos son quienes tienen la mayor disposición de aportar un porcentaje más alto en el precio original de la miel (\$500.00).

De manera general, en el análisis de mercado los encuestados tienen la disposición a pagar un porcentaje extra o sobreprecio del 29.23 %, lo que equivale a \$146.15 sobre el precio de un litro de miel de \$500.00. Además, el 98 % de los consumidores compraría la miel siempre que fuera producida cuidando el ambiente, fomentando el respeto a las abejas y a los meliponicultores, así como por un precio justo para vendedor y comprador.

## 7. DISCUSIÓN

En las últimas décadas, los meliponinos (o abejas sin aguijón) han tomado relevancia en los estudios científicos y sociales, debido al arraigo cultural que existe en muchos pueblos nativos, sobre todo en Latinoamérica, en la región mesoamericana, así como en África, Asia y Australia (Zepeda & Arnold, 2018). La domesticación de las abejas en Latinoamérica se debe principalmente a los productos que se obtienen de las colmenas, entre los que destacan la miel, el propóleo y la cera (Arnold, 2018). En México existen alrededor de 46 especies de abejas de meliponinos, entre las cuales *Melipona beecheii*, localizada en la península de Yucatán, y *Scaptotrigona mexicana*, localizada principalmente en la Sierra Norte de Puebla, han sido las más estudiadas (Ayala, 2010; Bonilla Gómez, 2016) .

En la comunidad de Cuetzalan del Progreso, la crianza de *S. mexicana* ha tenido un impacto muy grande desde tiempos prehispánicos (aunque se desconoce la fecha del comienzo de su domesticación), debido a que, en la miel producida por esta especie, se encuentran propiedades curativas o medicinales (González & De Araújo, 2005). De este modo, para que la miel pueda tener efectividad de acuerdo con los usos medicinales que se le confieren, es necesaria la presencia de compuestos químicos, como los fenoles y flavonoides, así como la actividad antioxidante, pudiendo variar de acuerdo con las concentraciones que se encuentren en dicho producto.

De esta forma, se estimó que la concentración de fenoles totales en las mieles colectadas, tanto para las muestras de Cuetzalan como de San Antonio Rayón, se encuentra en un rango de 137.634 a

309.688 µg equivalentes de ácido gálico/g de muestra; en contraste con un trabajo realizado anteriormente con muestras de mieles de *Scaptotrigona mexicana*, tomadas en el año 2016 en Cuetzalan y analizadas por Guerrero-Pérez (2018), en donde se describen concentraciones de fenoles distintas a las reportadas en este trabajo, las cuales presentan un rango de 557.76 y 657.82 µg/mL equivalentes de ácido gálico. Del mismo modo, la concentración de fenoles en mieles de distintas especies de meliponinos de la Provincia de Tucumán, Argentina, se encontró entre 418 y 440 µg equivalentes de ácido gálico/g de muestra para *Tetragonisca fiebrigi*, mientras que para *Plebeia wittmanni* se hallaron concentraciones entre 283 y 321 µg equivalentes de ácido gálico/g de muestra (Vattuone, et al., 2007); en el estado de Alagoas, Brasil, se encontraron concentraciones para *Melipona scutellaris* de 393 a 857 µg equivalentes de ácido gálico/g, para *Melipona quadrifasciata* de 639. 2 µg equivalentes de ácido gálico/g, para *Melipona subnitida* de 427 µg equivalentes de ácido gálico/g y para *Plebeia* spp. de 1060.1 µg equivalentes de ácido gálico/g (Fernandes Duarte, et al., 2012).

Lo anterior sugiere que, de manera general, las muestras analizadas en el presente trabajo se encuentran en concentraciones de fenoles totales por debajo de las analizadas en otros trabajos. En el caso de las muestras analizadas por Guerrero-Pérez (2018), quien trabajó con la miel de *Scaptotrigona mexicana*, se observa que las concentraciones son aproximadamente del doble respecto de las concentraciones encontradas en el presente estudio; esto puede deberse a distintos factores como las variaciones entre muestras de los meliponarios por año, es decir, la influencia de la región y, por ende, la vegetación encontrada alrededor de las colonias de abejas (misma que se discute más adelante) a lo largo de un periodo -particularmente un año, tiempo que transcurre de una cosecha de miel a otra en la región-, puede tener fluctuaciones en cuanto a los recursos florales que ofrecen y que toman las abejas, lo que conlleva a la variabilidad de la concentración encontrada de los compuestos fenólicos (Amoit, et al., 1989; Ferreres, et al., 1992); de esto, es necesaria la verificación de la fenología floral de las plantas aquí mencionadas, así como las preferencias de las abejas por ciertos recursos nectaríferos en estudios más determinantes sobre planta-polinizador.

Respecto a la concentración de flavonoides totales, esta se registró en rangos de 2.842 a 10.957 µg equivalentes de quercetina/g de muestra para este trabajo, lo que sugiere ser similar a las concentraciones encontradas en las mieles de la Provincia de Tucumán, Argentina, para *Tetragonisca angustula fiebrigi*, de 12 a 20 µg equivalentes de quercetina/g y de *Plebeia wittmanni*, de 8 a 14 µg equivalentes de quercetina/g (Vattuone, et al., 2007); sin embargo, las mismas concentraciones halladas en las muestras de Cuetzalan y San Antonio Rayón, se encuentran por debajo de las concentraciones encontradas en el estado de Alagoas, Brasil, con rangos en unidades de µg

equivalentes de quercetina/g de muestra para *Melipona scutellaris* de 79.4 a 295.1, para *M. quadrifasciata* de 76.3 a 495.0, para *M. subnitida* de 104.4 a 107.6, para *Plebeia* spp. de 391.9 a 404.4 (Fernandes Duarte, et al., 2012), así como de la miel de *Trigona carbonaria*, colectada en Brisbane y Queensland, Australia, de la cual se describió una concentración de 100.2 µg equivalentes de quercetina/g (Persano Oddo, et al., 2008).

La presencia de los flavonoides en la miel resulta ser relevante ya que, al ser compuestos que el organismo humano no puede producir, estos coadyuvan como suplemento alimenticio medicinal y protector contra patógenos (Martínez-Florez, et al., 2002). Los flavonoides encontrados en los alimentos como la miel confieren una gran capacidad como antioxidante, cicatrizante, antiinflamatoria, antibacteriana y antifúngica (Alvarez-Suarez, et al., 2009; Graikou, et al., 2011), por ejemplo, están involucrados en la actividad antiinflamatoria, pues se ha demostrado que puede inhibir la producción de la citoquina inflamatoria, factor de necrosis tumoral alfa (Schencke, et al., 2016). Por tal razón, la presencia de estos compuestos en la miel de *S. mexicana* puede ser correlacionada con los usos medicinales que se le confieren al producto en las regiones trabajadas, sobre todo en los usos contra enfermedades respiratorias al inhibir el crecimiento de bacterias y la aceleración de la cicatrización en las heridas, así como la sanación postparto; de esta manera mientras mayor es la concentración, la efectividad es mejor para sus usos medicinales. Sin embargo, esto podrá corroborarse solamente cuando existan normas de calidad en México para las mieles de meliponinos, pues en estas se estimarían las concentraciones ideales para ser consideradas como un producto medicinal de buena calidad.

Por otro lado, la actividad antioxidante hallada en las mieles analizadas del presente trabajo se encontraron en un rango de 0.222 a 6.641 µM/mL de CE<sub>50</sub>; del mismo modo, en trabajos previamente realizados, se documentó que la miel de *Scaptotrigona pectoralis*, obtenida en Tekax, Yucatán, presentó una CE<sub>50</sub> de 0.50 mg/mL (Leyva-Moguel & Cuevas-Glory, 2015), lo que sugiere similitudes en el atrapamiento de radicales libres en las mieles que producen especies del mismo género. En contraste, en mieles de especies como *Tetragonula leaviceps* de las provincias de Tailandia Chantaburi y Trat, la actividad antioxidante se encontró en 0.07 ± 0.01 mg/mL y 0.04 ± 0.00 mg/mL de CE<sub>50</sub> (Suntiparapop, et al., 2012), es decir, el atrapamiento de radicales libres tiende a ser menor respecto al de las mieles de *S. mexicana* en Cuetzalan y San Antonio Rayón.

Dado que la actividad antioxidante ha sido relevante en los alimentos que se consumen cotidianamente, resulta ser de suma importancia que las mieles de las regiones estudiadas contengan concentraciones efectivas en el atrapamiento de radicales libres, lo que las hace más nutritivas y

benefician al cuerpo humano de distintas maneras, sobre todo al actuar como producto medicinal. Además, la cualidad de fermentación que poseen las mieles de abejas sin aguijón ayuda al incremento de su capacidad antioxidante, lo cual puede potenciar su uso medicinal (Pérez-Pérez, et al., 2007; Zepeda, 2018). De esta manera, permitir la fermentación antes de guardar en lugares secos y frescos, como hacen algunos meliponicultores entrevistados, permite que las mieles de *S. mexicana* puedan tener mejores efectos en los usos que se les han dado en la medicina tradicional.

De manera general, existe una correlación en cuanto a la presencia de fenoles y flavonoides con la actividad antioxidante (Tomás-Barberán, et al., 2001; Gheldof, et al., 2002) como es el caso de las muestras de Floriberta y Vicenta, de la región de San Antonio Rayón, donde se muestra mayor concentración de estos compuestos y mayor efectividad de la actividad antioxidante en sus mieles (Snow & Manley-Harris, 2004), coincidiendo de este modo con la distancia espacial en que viven y en los conocimientos que tienen sobre las especies de plantas que son visitadas por las abejas, mismas que las diferencian de los demás meliponicultores, tales como el huichín, el jonote, el limón, el mango y la rosa de castilla, por lo cual, no se descarta la posibilidad de que estas plantas puedan estar aportando una mayor cantidad de fenoles y flavonoides. Cabe resaltar que los fenoles y flavonoides no son los únicos compuestos con potencial antioxidante, ya que en la miel de estas abejas podrían existir otros tipos de compuestos que coadyuvan a dicha actividad, tales como compuestos nitrogenados, carotenoides, aminoácidos, vitamina C y E (Pérez, et al., 2007; Alvarez-Suarez, et al., 2009) y enzimas (como la oxidasa y catalasa) (Molan & Betts, 2004) que son conocidos por sus propiedades antioxidantes. Dichos compuestos no se analizaron en este trabajo, pero pueden tener influencia en las distintas  $CE_{50}$  que aquí se reportan, lo que explicaría la no correlación entre los fenoles y flavonoides con la actividad antioxidante en varias de las muestras analizadas.

Basados en las pruebas estadísticas, en todos los análisis existen variaciones tanto para fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante; en el caso de la concentración de fenoles, resaltan las muestras de miel de Vicenta como aquellas que poseen mejores concentraciones de dichos compuestos; para las concentraciones de flavonoides no hay diferencias y, en cuanto a la actividad antioxidante, las de Pedro son las que mejor actividad de atrapamiento de radicales libres presentan, es decir, que las muestras requieren pequeñas concentraciones de miel para tener una mayor efectividad como antioxidantes. Por el contrario, en cuanto a menor concentración de fenoles se encuentran las muestras de Lázaro y de actividad antioxidante las muestras de Baudel y Floriberta son las que menor cantidad de radicales libres atrapan. Lo anterior sugiere que no existen patrones de menor o mayor



concentración de los compuestos estudiados para algún sitio o meliponario en específico; sin embargo, al hacer un análisis conjunto de los datos, se puede observar en la Gráfica 16 que las muestras de Vicenta parecen ser las mejores en cuanto a cantidad de fenoles, flavonoides y una mejor  $CE_{50}$ . Por ello, sería interesante estudiar con mayor rigor las plantas que visitan las abejas de este meliponario, ya que proporcionaría información valiosa para el mejoramiento en cuanto a compuestos químicos para los demás meliponarios.

Existen pocos estudios sobre la composición química de la miel de abejas sin aguijón y, salvo Brasil, ningún país tiene estándares oficiales para su control de calidad, lo que representa un conflicto para determinar la calidad de la miel de *S. mexicana*, ya que, como se mencionó anteriormente, todas las mieles de meliponinos varían en gran medida respecto a sus propiedades fisicoquímicas de acuerdo con la especie y la región en la que se encuentran. Pocos son los trabajos que han buscado crear dichos estándares de calidad para usos medicinales de la miel, como (Vit, et al., 2004), quien ha propuesto estándares para mieles de *Melipona*, *Scaptotrigona* y *Trigona* de países como Guatemala, México y Venezuela, lo que contribuiría además a la regulación comercial de este producto. Desafortunadamente todavía no existe un consenso para una norma de calidad mexicana.

Aunado a los compuestos químicos encontrados en este trabajo, se puede decir que la diversidad de la vegetación de los ecosistemas tropicales y subtropicales, hábitat de las abejas sin aguijón, es la causa de la variabilidad en la composición de la miel y de sus propiedades medicinales (Obregon & Nates-Parra, 2014), por ello, el conocer las plantas que visita *S. mexicana* proporciona información sobre la concentración de fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante. Debido a que en este estudio se consideró primordialmente el conocimiento de los meliponicultores, se registraron 48 especies vegetales visitadas por estas abejas dadas las observaciones de cada uno de los entrevistados. Sin embargo, es probable que la información proporcionada puede estar sesgada a las observaciones, ya que de las plantas mencionadas se encontró que la mayoría crecen en el solar (37 %) y en los cultivos (31%), mientras que las plantas silvestres son menos consideradas; por tal, se puede inferir que se presta mayor atención a los sitios cercanos al hogar o a los lugares donde se trabaja cotidianamente, como son las tierras de cultivo.

Además, la distancia del forrajeo de *S. mexicana* es un factor que puede influir en las visitas florales que realiza la especie, ya que al estimarse las distancias de vuelo con precisión de 50 m respecto al nido (Sánchez, et al., 2004) se explicaría la razón de las observaciones centradas en los solares de cada meliponario. Además, a partir de las observaciones de los meliponicultores, se determinó que las

plantas de tipo arbóreas son aquellas que más frecuentan las abejas; este resultado tal vez se debe a que la vegetación es más conspicua en la época de floración (Slaa, et al., 2003), pues las plantas como el café, los cítricos, la palma, la pimienta, entre otras, presentan mayor tamaño y producen una gran cantidad de flores, siendo así que atraen tanto a los insectos como la atención de los meliponicultores.

Algunas plantas visitadas por *S. mexicana* aquí descritas, coinciden con trabajos previos como el de Padilla Vargas *et al.*, (2014) donde se entrevistaron a otros meliponicultores pertenecientes a la región de Cuetzalan, en meliponarios distintos a los aquí considerados, a partir de los cuales se determinaron plantas visitadas y de las que se alimenta *S. mexicana*, tales como: café (*Coffea arabica*), pimienta (*Pimenta dioica*), naranja (*Citrus sinensis*), albahaca (*Ocimum* spp.), chamaqui (*Heliconia bibai*), huichin (*Verbesina persicifolia*), sauco (*Sambucus canadensis*), el jonote (*Heliocarpus* spp.), chalahuite (*Inga vera*), guacamaya (*Heliconia rostrata*), bugambilia (*Bougainvillea spectabilis*), zapote (*Diospyros nigra*), mamey (*Pouteria sapota*) y capulín agrio (*Ardisia compressa*), de las cuales, las primeras nueve especies son las mismas descritas en el presente trabajo.

Asimismo, en un estudio de observación directa de las visitas a plantas por *S. mexicana* (Ramírez-Arriaga & Martínez-Hernández, 2007), se encontró que las abejas visitan exclusivamente cinco especies de plantas: *Ageratum houstonianum*, *Muntingia* sp., *M. calabura*, *Heliocarpus donnell-smithii*, *Miconia argentea* y *Vernonia* sp., de los cuales, *A. houstonianum* fue importante para las regiones de Cuauhtamazaco, Ixtahuata y Tzinacapan, mientras que *Vernonia* fue importante en Cuauhtamazaco y Xalpantzingo. De dichas especies vegetales, ninguna es similar a las reportadas en el presente trabajo, aun cuando el estudio se realizó en la región de la Sierra Norte, en los alrededores de Cuetzalan, lo cual sugiere que *S. mexicana* presenta un amplio rango de preferencias florales, es decir, que la especie tiende a ser generalista. Así, una de las aportaciones de este trabajo radica en la ampliación sobre el conocimiento de las plantas y su importancia como posibles donadoras de recursos para *S. mexicana* para la elaboración de miel en las regiones de Cuetzalan y San Antonio Rayón.

En este mismo sentido, en investigaciones realizadas con otras especies de meliponinos, entre las que se encuentran especies del género *Scaptotrigona*, se encontró que **visitan y polinizan** cultivos de plantas frutales como limón, mango, papaya, maracuyá, frijol, tomate, palma, calabaza, coco, manzana, durazno, nuez, cereza, uva, chirimoya, melón, sandía, granadilla, uchuva, fresa, frambuesa y condimentos como pimienta negra, cacao, café, té y vainilla (Roubik, 1995; Bonilla Gómez, 2016). Otras especies visitadas en Costa Rica por las abejas sin aguijón son *M. pudica*, *Piper aduncum*, *Solanum diversifolium* y *Psidium guajava* (Aguilar, et al., 2013). Lo anterior sugiere que los meliponinos, como las

especies del género *Scaptotrigona*, pueden tener un amplio rango de visitas florales en la región tropical, lo que las hace importantes tanto para plantas cultivadas como para la vegetación nativa.

También se han reportado abejas sin aguijón como **polinizadores efectivos** de algunas especies vegetales, entre las que destacan abejas del género *Scaptotrigona*, junto con *Trigona silvestriana*, *Tetragonisca angustula*, *Trigona williana*, y dos especies de *Partamona*, como polinizadores eficientes de la palma *Syagrus orinocensis* (Nuñez-Avellaneda & Carreño, 2017), así como en el achiote de monte *Bixa urucurana* (Magnoliopsida: Bixaceae) junto con abejas del género *Melipona*, *Trigona*, *Plebeia* y *Nannotrigona* (Nuñez-Avellaneda & Carreño, 2010) en la región Orinoquía colombiana. En un trabajo realizado por Castro *et al.*, (2006) en Brasil, se mencionan 22 cultivos en los que los meliponinos tienen gran influencia como polinizadores, entre los que se encuentran: la carambola (*Averrhoa carambola*), fresa (*Fragaria* spp.), tomate (*Lycopersicon esculentum*), pimentón (*Capsicum annuum*), café (*Coffea arabica*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*) y guayaba (*Psidium* spp.), especies encontradas en el listado elaborado en este trabajo.

Por lo tanto, la variedad de plantas que visita *S. mexicana*, así como las microrregiones en que se encuentra cada meliponario estudiado, determinan las cualidades y diferencias en cuanto a las concentraciones encontradas de fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante de todas las muestras analizadas. No obstante, aun cuando estas abejas visitan una amplia diversidad de flores, la producción por colmena tiende a ser muy baja (alrededor de 250 ml por año) respecto a las observaciones en áreas de cafetales y remanentes de vegetación nativa, donde la producción oscila de 600 a 800 ml por colonia (Medina, et al., 1994).

Algunos meliponicultores, como Pedro, Isela y Baudel, mencionan que las plantas observadas en sus cultivos y solares presentaban mejoras en la calidad respecto al tamaño y la cantidad de frutos producidos al ser visitadas por las abejas, por lo cual, sería importante determinar el grado de eficiencia en la polinización mediante otros estudios, tal como el realizado en la región del Soconusco, Chiapas, donde se utiliza *S. mexicana* como un polinizador eficiente en el cultivo de rambután (Guzmán, et al., 2011). De esta manera, para determinar con exactitud qué plantas son las más relevantes, tanto para la obtención de una miel de mejor calidad como para incentivar su polinización, será importante realizar estudios palinológicos sobre su composición floral en las diversas regiones y buscar su correlación con la cantidad de fenoles y flavonoides aportada, ya que esta especie puede tener un gran potencial como polinizador eficiente en las plantas nativas y cultivadas (Slaa, et al., 2006; Zepeda, 2018) y producir mieles de mejor calidad y en mayor cantidad, al mismo tiempo que les confiere

mayores posibilidades de reproducción y perpetuidad a través del entrecruzamiento a las plantas (Cunningham, 2000) evitando la depresión por endogamia (Campbell, 1958) .

La descripción sobre la diversidad de plantas visitadas por *S. mexicana* sugiere que las observaciones hechas por los meliponicultores son similares entre aquellos que viven o tienen sus meliponarios cercanos entre sí, como es el caso de Pedro y Miguel (verificar en Figura 1 y **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), quienes viven a distancias cercanas, son amigos y se comparten experiencias respecto a la crianza de las abejas. De manera similar, se puede apreciar una distancia cercana en cuanto a la compartición de saberes, sobre plantas visitadas por *S. mexicana*, entre las meliponicultoras Floriberta y Vicenta, quienes de igual manera viven en cercanía. Por el contrario, el meliponicultor Baudel no presenta similitudes en cuanto a las plantas reconocidas por otros meliponicultores. Estas observaciones empíricas hechas por cada meliponicultor pueden estar influenciadas por factores (Tarrés, 2001; Cook & Reichardt, 2005) como las conversaciones que se mantienen entre ellos durante las épocas de cosecha, donde posiblemente hay un intercambio y un flujo de conocimientos respecto a las plantas visitadas por las abejas de acuerdo con la experiencia de cada persona, ya que ellos mencionan las reuniones de cosecha como un punto de encuentro de aprendizaje y de socialización; por tal, es necesaria una investigación biológica con mayor profundidad *in situ*, lo cual proporcionaría información más concreta respecto a las plantas cuyos recursos florales son mayormente explotados por las abejas.

Asimismo, la variedad de flores visitadas indica que las abejas pueden tener un mayor potencial de explotación de los recursos florales que muchas veces no se observan ni se consideran, tales como las plantas arbustivas, epífitas y rastreras, en complemento con lo descrito en este trabajo, donde las plantas arbóreas son mayormente visitadas por las abejas, lo cual proporcionaría información sobre otros elementos, compuestos químicos o propiedades fisicoquímicas presentes las mieles (como la humedad, pH, viscosidad, conductividad eléctrica, entre otras), mismos que no se consideraron para su análisis en este trabajo. De igual manera, se observa una concordancia entre las investigaciones hechas desde la academia sobre las plantas visitadas por *S. mexicana*, así como con los conocimientos empíricos acumulados a través de las observaciones y la experiencia de los meliponicultores, lo que resulta ser relevante por la necesidad del trabajo en conjunto entre los investigadores y las comunidades poseedoras de estos conocimientos acumulados a lo largo de su experiencia.

Por otra parte, a pesar de que el manejo de *S. mexicana* se ha dado desde épocas prehispánicas en la comunidad de Cuetzalan, los meliponicultores entrevistados no se dedicaban a esta actividad debido a la interrupción del traspaso de conocimientos de generaciones anteriores. En la región de

San Antonio Rayón la meliponicultura es relativamente nueva (11 años aproximadamente), puesto que esta no se practicaba en la comunidad. Sin embargo, aun cuando la presencia de las abejas en los hogares es reciente, es evidente la preocupación por la recuperación de sus poblaciones y de la significancia cultural que existía desde generaciones anteriores, principalmente por los abuelos. Esta manifestación del rescate cultural se observa en los rituales que se llevan a cabo antes de la cosecha, al menos en la región de San Antonio Rayón, donde usar el incienso simboliza la purificación de cada persona participante y la tranquilidad de las abejas (véase Ilustración 1. Minerva en ritual con incienso), es decir, hay la existencia de una cosmovisión arraigada al respeto por las abejas.

A su vez los nahuas de Cuetzalan narran que estas abejas requieren de un ambiente estable y en armonía dentro de las familias, es decir, que no haya pleitos, problemas o vicios, para lograr una buena convivencia, lo que deriva en estrechar los **lazos familiares** y la **identidad comunitaria** (Padilla Vargas, et al., 2014). Desafortunadamente, el robo es un factor externo que ocurre en los meliponarios y puede deberse a distintas causas, tales como la apreciación del valor económico de la miel de estas abejas, la prohibición de los saqueos de colonias silvestres dentro de la comunidad y los bajos recursos económicos a los que se enfrentan los ladrones, lo que les limita costear la compra de la miel o de colonias de abejas. Así, las personas que hurtan las colonias pueden ser aquellas que no tienen relación directa con los meliponicultores y pueden estar buscando su propio beneficio, ya que los meliponicultores mencionan que no saben sobre la creación de nuevos meliponarios o de personas que tengas a estas abejas de manera reciente, pues la comunidad de meliponicultores se conoce entre sí. Además, este factor no excluye el hecho del fortalecimiento de las relaciones con quienes se lleva a cabo el intercambio de la miel.

Dentro de los rituales que se llevan a cabo durante las cosechas, anteriormente se quemaba una porción pequeña de miel, cera y propóleo como agradecimiento por el regalo de la miel a las *pisilnekmej* (*S. mexicana*), al mismo tiempo que el humo las alejaba para poder realizar la cosecha (Padilla Vargas, et al., 2014). De igual manera, al ser consideradas como parte de la familia, las abejas son tratadas con delicadeza, se les habla como a un miembro más en todas las casas que las poseen y se tiene la creencia de que las abejas atacan siempre que perciban que alguna persona es “infidel a su pareja” en Cuetzalan y San Antonio Rayón, similar a lo que sucede en varias comunidades de Oaxaca, donde se cree que las abejas “se van cuando hay pleito en la casa” o por causa del mal humor del meliponicultor, según lo registrado por Arnold y Aldasoro Maya (2018).

El arraigo se da tanto en contextos ambientales como sociales alrededor de los **usos de la miel como producto medicinal**, alimento y por el servicio de polinización que otorgan las abejas.

En este sentido, la miel toma un valor importante, pues conlleva beneficios sociales como las dinámicas que se generan entre los vecinos durante las épocas de su cosecha, mismas que fueron mencionados con anterioridad, los vínculos que se generan al intercambiarla, pues a los vecinos o familiares se les vende en un precio más accesible de otros productos, así como el **ingreso económico** que se obtiene en los mercados locales o regionales, al igual que en algunas regiones del país. Por ello, la meliponicultura en estas regiones estudiadas ha sido un pilar durante el corto periodo que se han mantenido estas abejas, de las relaciones que se establecen tanto entre meliponicultores como con su comunidad y se genera la inclusión haciendo partícipes a niños, jóvenes, adultos y personas de la tercera edad, sin importar el sexo ni posición económica o nivel de estudios.

El respeto con el que se trabaja la meliponicultura es un indicador del manejo sostenible que se puede hacer con otros organismos. Similarmente se ha descrito que muchas comunidades, sobre todo indígenas, son quienes practican la meliponicultura bajo las mismas razones, agregando contextos como la educación ambiental que se genera en el cuidado de las abejas, la conservación de estos insectos y su uso como animales ornamentales (Nates-Parra & Rosso Londoño, 2017). Desafortunadamente, los conocimientos sobre esta actividad se han perdido en algunos lugares debido al saqueo de los nidos encontrados en el traspatio familiar, la deforestación, los agroquímicos y el saqueo desmesurado de los nidos silvestres que se usan solo para extraer la miel y no para su cuidado o la creación de otros meliponarios (com. pers. de los meliponicultores Isela y Baudel).

Como se mencionó anteriormente, la posesión de las colmenas y la producción de miel han significado un incentivo económico para los meliponicultores. A pesar de **no ser una fuente de ingreso primaria**, las ganancias que se generan ayudan en la compra de la canasta básica o de materiales para los meliponarios. Así, en el análisis de costo-beneficio se reflejan ganancias monetarias, aun cuando en algunos casos es mínima, lo que hace rentable económicamente la actividad de la meliponicultura, sobre todo cuando se tienen números elevados de colonias. Es importante destacar que no existe un interés meramente monetario, mismo que se refleja en las pérdidas de muchas de las colonias de abejas por meliponario (resaltando el de Pedro (44.44 % de pérdidas) y Miguel (35.00 %)) y, consecuentemente, en la baja producción de miel por colmena.

A pesar de las grandes pérdidas de colonias registradas en el año 2018, debidas al robo o por los cambios de temperatura, los meliponicultores continuaron manteniendo las abejas y buscando la manera de conservar las colonias, usando estrategias como la poca cosecha de miel, aun cuando se obtuvo una baja cantidad del producto, misma que sería almacenada y usada de manera familiar o solo

para la venta a los vecinos. Además, cabe resaltar que de toda la miel cosechada cada año, ellos no venden toda, sino que reservan a veces hasta un litro para sí mismos, en caso de ser escasa el resto del año. Mientras que Pedro perdería 123.00 pesos por cada litro de miel que logre vender, Miguel sólo obtendría 61.00 pesos de ganancia después de todas las inversiones, pero ninguno de ellos se desanima y continúa con el mantenimiento de las colmenas, es decir, le dan mayor importancia al hecho de poseer las abejas y no al dinero que se pueda generar a partir de ellas. De esta manera, la elaboración de un análisis de costo-beneficio permitió determinar las pérdidas y ganancias que se generan por la venta de la miel y la posesión de las colmenas. Principalmente se encontró que el comercio de la miel es rentable, aun cuando las ganancias puedan ser mínimas.

Este tipo de análisis (costo-beneficio) es de gran utilidad para los meliponicultores, debido a que en general no llevan las cuentas de los gastos que efectúan y de las pérdidas monetarias que ocasiona el robo o la muerte de colonias completas en los meliponarios; así, el análisis de costo-beneficio no solamente permitió conocer el retorno financiero, sino también contabilizar las pérdidas de colonias y los impactos económicos negativos que estas generaron, los cuales pueden tener otras repercusiones en el ambiente, como la disminución del servicio de polinización tanto para la vegetación nativa como la cultivada (Bifani, 1999). Aunado a estas pérdidas, sería interesante retomar este análisis en las siguientes cosechas y determinar si las pérdidas serían constantes o se debe a factores externos temporales como los mencionados por los meliponicultores (lluvias, nubosidad), más allá del manejo que se les da, ya que ellos han recibido capacitación constante e intercambian ideas constantemente para la mejora de sus meliponarios, como se ha descrito en los resultados.

La conciencia ambiental alrededor de las abejas se ha dado de manera amplia entre los meliponicultores, principalmente a través del reconocimiento en el beneficio de la polinización. Ahora que se sabe de la gran diversidad de plantas que visita *S. mexicana* (Ramírez-Arriaga & Martínez-Hernández, 2007; Padilla Vargas, et al., 2014), se destaca la posibilidad del aumento en la productividad de alimentos cultivados en la región, como son la pimienta, los cítricos, y el café en menor proporción, mismos que son de interés económico y representan ingresos primarios para la gente, ya que la mayoría mantiene la agricultura como actividad primaria. De este modo, las observaciones realizadas por los meliponicultores respecto a sus colonias de abejas son de suma importancia para evitar el declive en su entorno, pues este proporciona información valiosa de manera directa, ya que son ellos quienes conviven día a día con las abejas y las plantas visitadas por estos insectos. De esto, se han reportado algunas observaciones empíricas en un estudio realizado en Oaxaca, a través de entrevistas a

meliponicultores, donde se encontró que el 90% de las comunidades observaban una disminución en el número de abejas en comparación a diez años anteriores y en otras cinco comunidades se observó lo contrario, debido a que los entrevistados no habían detectado pérdidas en las poblaciones de abejas sin aguijón, sino que en algunos casos habían incrementado debido a un mejor cuidado del ambiente (Arnold & Aldasoro Maya, 2018).

Es menester decir que la conciencia ambiental se puede generar a partir de la convivencia con los organismos, sin importar el tiempo que se lleva en convivencia con ellos, como es el caso de la meliponicultura en los sitios de estudio. Dado que la cuantificación exacta del número de poblaciones de abejas es difícil debido a que tienen poblaciones grandes y aún no se cuenta con un registro de todas las especies existentes, al igual que otros insectos (Reyes-Novelo, et al., 2009), estos datos se pueden aportar desde la crianza de las abejas, pues en ellas se puede conocer el número de colonias que existen y cuántos individuos conforman una colonia. Por ejemplo, dada la pérdida de 130 colonias en la región de Cuetzalan y 58 en San Antonio Rayón, 188 colonias en total, y estimando que en cada colonia hay alrededor de 2,500 individuos (Sánchez, et al., 2004), se puede hacer una inferencia de 470,000 abejas perdidas, lo que representa un impacto negativo de manera económica por la baja producción de miel y por la inversión en dinero y esfuerzo que cada uno de los meliponicultores realiza. Además, estos datos permiten un acercamiento a conocer el estado de vulnerabilidad de las abejas de manera local.

Del mismo modo, a partir de los datos se puede hacer una inferencia sobre el impacto negativo para el ambiente, por la posible baja en la producción de frutos de mejor calidad y el mantenimiento de ciertas especies vegetales que influyen a su vez en el ofrecimiento de recursos polínicos y nectaríferos para la producción de miel. Por ello, es necesario conocer, mediante otras investigaciones, cuáles han sido los factores que provocan la pérdida de colonias completas, pudiéndose lograr en conjunto con las observaciones directas de los meliponicultores (por robos, cambios de temperatura bruscos, nubosidad y lluvias constantes, el manejo que se da al meliponario o plagas que puedan presentarse).

Encontrar un mercado potencial para la venta de la miel debe tener como base el monitoreo de los posibles compradores que estén dispuestos a comprar el producto para satisfacer ciertas necesidades a través de un pago justo para los meliponicultores (Prieto Herrera, 2013). Debido a que no se cuenta aún con normas de calidad en México respecto a la sanidad y calidad (Vit, et al., 2004), esto puede generar que la miel no sea apreciada por su valor monetario real. Por lo anterior, es necesario informar al consumidor sobre las propiedades terapéuticas de la miel a partir de bases



científicas, lo que puede generar mayor interés en la compra de dicho producto, como se muestra en los resultados de las encuestas hechas en el presente estudio, donde las personas consumidoras de miel tienen la disposición a pagar un sobreprecio (29.23 % = \$146.15 en promedio) dadas las cualidades que la miel de *S. mexicana* presenta, independientemente del género de cada entrevistado, del nivel académico que tienen y del salario que perciben, puesto que, basados en los análisis estadísticos, estos no presentaron diferencias significativas, probablemente por la concientización sobre los compuestos químicos encontrados en la miel, la influencia de ser producidas de manera amigable con el ambiente y por el pago de un precio justo, ya que el 98 % de los encuestados estarían dispuestos a comprar la miel bajo estas condiciones. Por el contrario, el número de hijos que cada consumidor tiene es un factor decisivo para comprar la miel en un sobreprecio, sobre todo con aquellos que tienen uno o cuatro hijos, ya que las personas con cuatro hijos tienen mayor disposición a pagar un porcentaje extra más elevado, en contraste con los que tienen solamente un hijo, quien también pagarían un sobreprecio, pero menor. Esto puede deberse al interés por las propiedades medicinales de la miel que se ocupan en muchas ocasiones para tratar malestares en los niños, lo que ayudaría en el ahorro para la compra de medicamentos de origen farmacéutico, mismos que muchas veces resultan más caros. Asimismo, este análisis abre posibilidades para la venta de la miel de *S. mexicana* en otro tipo de mercados con un pago que solvete las inversiones realizadas por los meliponicultores, lo que requeriría un estudio más profundo para determinar dónde serían los lugares o sectores ideales que logren compensar un costo-beneficio.

De igual manera, en el mercado pueden existir intermediarios que buscan conseguir la miel en precios bajos y revender en precios más altos, afectando de este modo a los meliponicultores, ya que son ellos quienes percibirían menores ganancias en la cadena de comercialización. Por lo cual, es necesario insertar el producto en los mercados emergentes de comercio justo, orgánico, agroecológico o artesanal (Arnold, et al., 2018), más allá del local o regional (donde en muchas ocasiones la venta se da en muy bajos precios), lo que permitirá obtener mejores ganancias a los meliponicultores por los esfuerzos y dedicación en el manejo de las abejas. La venta directa en estos tipos de mercados genera un consumo más consciente del comprador al conocerse las propiedades medicinales, avaladas mediante estudios científicos junto al conocimiento empírico de la comunidad de meliponicultores, la apreciación cultural que se tiene sobre estos insectos, así como los esfuerzos que implican mantener muchas colonias de abejas. En consecuencia, la estimación de los valores netos, realizados en este estudio, podría contribuir a diseñar incentivos económicos que permitan internalizar los costos de los impactos ambientales y que ayuden en los programas de conservación y aprovechamiento sustentable

de la biodiversidad en la región estudiada (Vega López, 1997). Por lo tanto, se espera que la meliponicultura en las regiones de Cuetzalan y San Antonio Rayón ayude en la conservación biocultural de las abejas a través de su función como alternativa económica (Gavin, et al., 2015).

Una disyuntiva en la búsqueda de un mercado más amplio para el mejoramiento de los ingresos de los meliponicultores y su calidad de vida por la comercialización de la miel, puede llevar a la sobreexplotación de las abejas, ya que cuando un recurso alternativo llega a ser muy demandado, se puede ejercer alta presión sobre los productores, quienes corren el riesgo de tergiversar la importancia cultural y social del mantenimiento de las abejas (Armella & Yáñez López, 1997), es decir, en lugar de ser vistas como parte de la familia, como entes que permiten estrechar lazos con otros compañeros meliponicultores o con otras personas dentro de la comunidad, o ser vistas como polinizadores para los cultivos, estas pueden volverse solamente de importancia económica y ser explotadas con tal finalidad (Hernández, 2012). Por eso, se requieren planes de comercialización que respondan a las características propias de la miel, como las propiedades medicinales (incluyendo la concentración de compuestos como los fenoles, flavonoides y la actividad antioxidante) y alimenticias, y que se encuentren dirigidos a sectores de la población que puedan incrementar su demanda y precio sin fomentar la sobreexplotación y minimizando el impacto ambiental, lo que es, la búsqueda de mercados justos y solidarios (Armella & Yáñez-López, 1997). Debido a que la producción de la miel de *S. mexicana* se vuelve una actividad importante para los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, esto conlleva a la conservación de los remanentes de flora nativa y es una alternativa de trabajo de bajo riesgo, dada la ausencia de aguijón de dichas abejas, lo que las hace ser inofensivas y de fácil manejo para personas de distintas edades (Guzmán, et al., 2011).

Finalmente, la importancia y el cuidado que se le da a las abejas de manera sostenible en el aspecto social, cultural y económico entre la comunidad de meliponicultores, puede solventar el mantenimiento de las poblaciones de *S. mexicana* en la región, ya que, como se ha descrito anteriormente, las poblaciones de abejas en el mundo se encuentran en riesgo de desaparecer y esto se da principalmente de manera regional (Biesmeijer, et al., 2006; Kluser & Peduzzi, 2007; Burkle, et al., 2013; Ospina Torres & Nates-Parra, 2016).

Algunos factores que pueden causar el declive de las abejas nativas y, consecuentemente, la pérdida de conocimientos locales, son el *cambio de uso de suelo* (Kremen, et al., 2007), debido a la deforestación y fragmentación desmesurada de sus hábitats, ya sea por la expansión de las comunidades, introducción de megaproyectos, actividades ganaderas o la intensificación de la

agricultura, lo que a su vez puede provocar la baja producción de frutos y semillas y, consecuentemente, el declive de la reproducción de plantas (Cunningham, 2000; Potts, et al., 2010); los *agroquímicos* (insecticidas, herbicidas, pesticidas), usados de manera extensiva en los cultivos, como puede estar sucediendo en los cultivos aledaños a los meliponarios de las zonas estudiadas, lo que también podría provocar la contaminación de las mieles y pone en riesgo el servicio de polinización con las plantas (Potts, et al., 2010; Kennedy, et al., 2013; Chensheng, et al., 2014), sin embargo, esto requiere otros tipos de estudios de tipo toxicológico; las *especies exóticas* como *A. mellifera*, que compite por recursos y puede desplazar a las abejas nativas (Roubik, 1989); el *cambio climático*, el cual puede modificar la fenología de muchas plantas en el mundo, así como provocar cambios drásticos en la temperatura, lo cual evita que las abejas salgan de sus nidos a forrajear y perezcan ante la falta de alimentos (Potts, et al., 2010) como ocurrió en el último año antes de la cosecha de miel en el 2018, donde los meliponicultores resaltaban el hecho de la baja producción de miel y la pérdida de colonias de *S. mexicana* debido a las lluvias constantes, las condiciones constantes de nubosidad y la falta recursos florales.

La pérdida de los polinizadores repercutiría en daños irreparables al ecosistema y a los beneficios que se obtienen a partir de ellos, como la pérdida de las interacciones planta-polinizador y la afectación de los cultivos de interés comercial y alimenticio (Roubik, 1995), provocando la limitación de la seguridad alimentaria, misma que afectaría principalmente a los países pobres al tener mayor impacto en la calidad y variedad de alimentos que se producen a partir del servicio de polinización (Ospina Torres & Nates-Parra, 2016), por ello, el rescate de actividades como la meliponicultura, refuerza el legado cultural, la recuperación de los conocimientos tradicionales y la perpetuidad de las abejas nativas sin aguijón.

## 8. CONCLUSIONES

Las mieles analizadas de *Scaptotrigona mexicana* presentaron variaciones en sus concentraciones de fenoles y flavonoides totales, así como en sus concentraciones efectivas al 50 % para el atrapamiento de radicales libres, de acuerdo con la región de donde fueron colectadas. Estas concentraciones fueron variables a las reportadas en otros trabajos con meliponinos y se encontró que dichos compuestos están involucrados en las propiedades medicinales que se le atribuyen a la miel (enfermedades respiratorias y cicatrización, principalmente) en las regiones de Cuetzalan y San Antonio Rayón. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar el grado de efectividad para su funcionalidad en la medicina farmacéutica, así como para corroborar su relación con el tratamiento para cataratas en los ojos.

La relación existente entre los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón con *S. mexicana* se da alrededor de la importancia que tienen estas abejas en la producción de miel, pues este producto es utilizado principalmente con fines medicinales y toma relevancia por el reforzamiento de los lazos familiares y sociales que se generan a través de las reuniones durante las épocas de cosecha, el intercambio de la miel con los vecinos, así como el intercambio de aprendizajes y conocimientos sobre la crianza de las abejas, además de la unificación familiar, donde varios miembros de la familia se involucran para el manejo de las colonias de abejas. Por ello, la recuperación de la meliponicultura ha sido un factor determinante para la apreciación de las abejas, tanto de manera cultural como de manera ambiental mediante los servicios de polinización.

Se registraron 48 plantas visitadas por *S. mexicana* según observaciones de los meliponicultores entrevistados. De estas plantas la mayoría se encuentran presentes en el solar y los cultivos, y su forma de vida es principalmente arborescente. La presencia de las abejas alrededor de los sitios estudiados ha permitido producir frutos de mejor calidad y en mayor cantidad gracias al servicio de polinización, sobre todo para las plantas cultivadas o de interés económico, como son la pimienta, los cítricos y el café, y en menor proporción para las plantas nativas; por ello, es importante conocer la fenología floral y la disponibilidad de sus recursos para mantener las poblaciones de *S. mexicana*, ya que son ellas las que mayormente depende del néctar que obtienen de las plantas y quienes corren el mayor riesgo al estar en contacto con los agroquímicos rociados en los cultivos. De este modo, sería importante

retomar los saberes tradicionales o empíricos en otros estudios y construir nuevas tecnologías para la conservación de las abejas junto con los meliponicultores, al mismo tiempo que se puedan modificar las formas de cultivar en grandes extensiones, junto con los agricultores.

Por otro lado, en la valoración económica de costo-beneficio se encontró que la meliponicultura es rentable, ya que de manera general se observan ganancias monetarias, aun cuando estas puedan ser mínimas. Asimismo, este análisis permitió detectar las pérdidas de colonias de *S. mexicana* para ambas regiones (Cuetzalan y San Antonio Rayón) y, en consecuencia, las pérdidas monetarias respecto a las inversiones realizadas inicialmente por cada meliponicultor, las cuales fueron perjudiciales principalmente para el meliponicultor Pedro solamente en el año 2018. Sin embargo, en lugar de crear descontentos por el mantenimiento de las colonias, los meliponicultores continúan con el proyecto de mantenerlas, lo que indica que las ganancias económicas no son primordiales para las familias, sino que la importancia gira entorno a las cuestiones sociales y ambientales. Asimismo, este análisis resultará ser de gran ayuda para los meliponicultores, quienes muchas veces no llevan un registro exacto de los gastos efectuados para el mantenimiento de los meliponarios.

Del mismo modo, mediante la búsqueda de un mercado potencial, se generó interés en ciertos consumidores que tuvieron la disposición de comprar y pagar un sobreprecio en las mieles, respecto a las propiedades medicinales que a estas se le atribuyeron, además de los valores culturales y sociales que tienen para la comunidad. Se espera que esto permita la ampliación en un mercado justo para la venta de la miel y que no genere problemas de sobreexplotación a futuro.

La presencia de los compuestos químicos aquí descritos, aunado a las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la miel, son relevantes para la obtención de un pago justo por el producto, puesto que ello determina su calidad mientras sea mayor la concentración de los fenoles, flavonoides, la actividad antioxidante y, en cuanto existan normas de calidad para mieles mexicanas, estas puedan encontrarse en rangos óptimos para su comercialización en mercados más allá del regional y generará ingresos adecuados para las personas dedicadas a la crianza de estas abejas.

Las abejas sin aguijón pueden ser utilizadas con la finalidad de fortalecer la economía y a través del arraigo cultural que en ellas existe, sobre todo en el sitio de estudio, ya que es aplicable al desarrollo rural sostenible debido a que conlleva ventajas como el crecimiento en la demanda de la miel dentro del mercado, permitiendo un pago justo por el producto por ser un alimento de mejor calidad, las organizaciones dedicadas a esta actividad han ido creciendo, consecuentemente se generan empleos, comienzan a existir innovación en el uso de los productos (como las aplicaciones en la industria

farmacéutica y se permite el entrecruzamiento y perpetuidad de las plantas nativas y cultivadas. Sobre todo, la meliponicultura contribuye a la conservación de las abejas nativas.

Finalmente, es importante destacar que en la búsqueda por los estudios interdisciplinarios resulta ser difícil incorporar a todos los actores sociales, ya sea por cuestiones de tiempo, interés o falta de entendimiento entre uno y otro. Al ser los meliponicultores actores clave para el mantenimiento de las especies de abejas en la naturaleza, es necesaria su participación en los distintos sectores, tales como en la investigación académica, pues ellos proporcionan información relevante para los investigadores. Por ello, el presente trabajo dará una retribución a los meliponicultores en cuanto a conocimientos para que ellos puedan hacer uso de esto de acuerdo con sus necesidades o a su conveniencia. Dicha retribución se hará a través de la síntesis de los resultados obtenidos a manera de que pueda ser entendible para aquellos que no estén familiarizados con el tema, como pueden ser las cuestiones químicas y económicas; en este aspecto, se hará la entrega de un documento a manera de reporte y la elaboración de una exposición para los meliponicultores. De igual modo, se dará un archivo Excel, mismo que se enseñará a usar, para que los meliponicultores puedan tener un mejor registro de sus inversiones y ganancias (costo-beneficio).

Se espera que los resultados no sean utilizados con fines lucrativos, sino como un beneficio para aquellos que lo requieran, sobre todo para los meliponicultores. Asimismo, dados los análisis económicos de mercado, se espera que ello no conlleve a un abuso en la elevación de los precios en la miel, sino por el contrario, que esta sea rentable tanto para el vendedor como para el consumidor, es decir, que exista un comercio justo.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, I., Herrera, E. & Zamora, G., 2013. Stingless Bees of Costa Rica. En: P. Vit, S. R. Pedro & D. W. Roubik, edits. *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. New York: Springer, pp. 113-124.
- Ahmed, J., Prabhu, S., Raghavan, G. & Ngadi, M., 2007. Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *Journal Food Engineering*, Volumen 79, pp. 1207-1213.
- Ainsworth, E. A. & Gillespie, K. M., 2007. Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature Protocols*, 2(4), pp. 875-877.
- Aljadi, A. & Kamaruddin, M., 2004. Evaluation of the phenolic contents and antioxidant capacities of two Malaysian floral honeys. *Food Chemistry*, Volumen 85, p. 513–518.
- Alvarez-Suarez, J. M., Tulipani, S., Romandini, S. & Vidal, A., 2009. Methodological aspects about determination of phenolic compounds and in vitro evaluation of antioxidant capacity in the honey: A Review. *Current Analytical Chemistry*, Volumen 5, pp. 293-302.
- Alzahrani, H. y otros, 2012. Antibacterial and antioxidant potency of floral honeys from different botanical and geographical origins. *Molecules*, Volumen 9, pp. 10540-10549.
- Amaya-Márquez, M., 2016. Polinización y biodiversidad. En: G. Nates Parra, ed. *Iniciativa Colombiana de Polinizadores Capítulo Abejas -ICPA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 364.
- Amoit, M., Aubert, S., Gonnet, M. & Tacchini, M., 1989. The phenolic compounds in honeys: preliminary study upon identification and family quantification. *Apidologie*, Volumen 20, pp. 115-125.
- Armella, M. Á. & Yáñez López, L., 1997. Recursos naturales alternativos y la conservación de la biodiversidad. En: J. Carabias Lilo, E. Provencio, F. Giner de los Ríos & E. Vega López, edits. *Economía Ambiental: Lecciones de América Latina*. México: SEMARNAP.
- Armella, M. Á. & Yáñez-López, L., 1997. Recursos naturales alternativos y la conservación de la biodiversidad. En: J. Carabias Lillo, E. Provencio, F. Giner de los Ríos & E. Vega López, edits. *Economía ambiental: Lecciones de América Latina*. México: SEMARNAP, pp. 205-212.
- Arnold, N., 2018. Biología de las abejas sin aguijón. En: N. Arnold, R. Zepeda, M. Vásquez Dávila & M. Aldasoro Maya, edits. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México*. México: ECOSUR, CONABIO, p. 147.
- Arnold, N. & Aldasoro Maya, M., 2018. La meliponicultura en Oaxaca. En: N. Arnold, R. Zepeda, M. Vásquez Dávila & M. Aldasoro Maya, edits. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca*. México: ECOSUR, CONABIO, p. 147.
- Arnold, N. y otros, 2018. Registros nuevos de abejas sin aguijón (Apidae: Meliponini) para los estados de Chiapas y Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Volumen 89, pp. 651-665.
- Arnold, N., Zepeda, R. & Vásquez Dávila, M., 2018. Conservación de las abejas sin aguijón. En: N. Arnold, R. Zepeda, R. Vásquez Dávila & M. Aldasoro Maya, edits. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México: con catálogo de especies*. México: ECOSUR-CONABIO, pp. 94-115.

- Ayala, R., 1999. Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). *Folia Entomología Mexicana*, 106(1), p. 123.
- Ayala, R., 2010. Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. *Ciencia y Desarrollo*, pp. 8-13.
- Ayala, R., González, V. & Engel, M., 2013. Mexican stingless bees (Hymenoptera: Apidae): diversity, distribution, and indigenous knowledge. En: P. Vit, S. Pedro & D. Roubik, edits. *En Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. New York: Springer, pp. 135-152.
- Ayala, R., Griswold, T. & Yanega, D., 1996. Apoidea (Hymenoptera). En: J. Llorente Bousquets, A. García Aldrete & E. González Soriano, edits. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. México: UNAM, CONABIO, pp. 423-464.
- Baltrusaityte, V., Venskutonis, P. & Ceksterytė, V., 2007. Radical scavenging activity of different floral origin honey and beebread phenolic extracts. *Food Chemistry*, Volumen 101, pp. 502-214.
- Biesmeijer, J. C., 1997. *Abejas sin aguijón*. Holanda: Elinkwijk BV.
- Biesmeijer, J. y otros, 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, Volumen 313, pp. 351-353.
- Bifani, P., 1999. *Medio ambiente y desarrollo sostenible*. 4 ed. Madrid: IEPALA.
- Bonilla Gómez, M. A., 2016. El servicio ecosistémico de polinización prestado por las abejas. En: G. Nates Parra, ed. *Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas ICPA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 364.
- Buchmann, S. L. & Nabhan, G. P., 1996. *The forgotten Pollinators*. 1 ed. Washington D.C.: Island Press.
- Burkle, L., Marlin, J. & Knight, T., 2013. *Scienceexpress*. [En línea] Available at: <http://www.sciencemag.org/content/early/recent> [Último acceso: 10 Noviembre 2018].
- Campbell, D. R., 1958. Pollen and gene dispersal: the influences of competition for pollination. *Evolution*, 39(2), pp. 418-431.
- Carabias, J. & Provencio, E., 1992. El enfoque del desarrollo sustentable. Una nota introductoria. 23(91), pp. 15-26.
- Carreño Lancharos, J. . V. & Colmenares Pineda, Y. C., 2015. *Estudio de la capacidad antioxidante y antibacteriana de mieles de origen asiático*. Venezuela: Universidad de Los Andes-Facultad de Farmacia y Bioanálisis-Escuela de Bioanálisis.
- Castro, M. S. y otros, 2006. Stingless bees. En: V. L. Imperatriz-Fonseca, A. Mauro Saraiva & D. De Jong, edits. *Bees as pollinators in Brazil: assessing the status and suggesting best practices*. Sao Paulo: Holos, p. 112.
- Cauich Kumul, R., Ruiz Ruiz, J. C. & Ortíz Vázquez, E., 2015. Potencial antioxidante de la miel de Melipona beecheii y su relación con la salud: una revisión. *Nutrición hospitalaria*, 32(4), pp. 1432-1442.



- Chensheng, L., Warchol, K. & Callahan, R., 2014. Sub-lethal exposure to neonicotinoids impaired honey bees winterization before proceeding to colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology*, Volumen 67, pp. 125-130.
- Cook, T. & Reichardt, C., 2005. *Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa*. 5 ed. España: CLOSAS-ORCOYEN, S.L..
- Cunningham, S. A., 2000. Depressed pollination in habitat fragments causes low fruit set. *Proceedings of the Royal Society of London*, Volumen 267, pp. 1149-1152.
- Dardón, M. J. & Enríquez, E., 2008. Caracterización fisicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón (meliponini) de Guatemala. *Interciencia*, 33(12), pp. 916-922.
- Dayli, G., 1997. *Nature's services: societal dependence on natural ecosystems*. Washington D.C.: Island.
- FAO, 2014. Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y El Caribe. 1 ed. Santiago, Chile: FAO.
- Fernandes Duarte, A. W. y otros, 2012. Composition and antioxidant activity of honey from Africanized and stingless bees in Alagoas (Brazil): a multivariate analysis. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), pp. 23-35.
- Ferreres, F. y otros, 1992. Flavonoids of "La Alcarria" honey. A study of their botanical origin. *Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung Forschung*, Volumen 194, pp. 139-143.
- Franchin, M. y otros, 2012. Geopropolis from *Melipona scutellaris* decreases the mechanical inflammatory hypernociception by inhibiting the production of IL-1b and TNF-a. *Journal of Ethnopharmacology*, Volumen 143, pp. 709-715.
- Franchin, M. y otros, 2013. Bioactive fraction of geopropolis from *Melipona scutellaris* decreases neutrophils migration in the inflammatory process: involvement of nitric oxide pathway. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, pp. 1-9.
- Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. & Vaissière, B. E., 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Elsevier*, Volumen 68, pp. 810-821.
- Gavin, M. C. y otros, 2015. Defining biocultural approaches to conservation. *Trend in Ecology and Evolution*, 30(10), pp. 1-6.
- Gheldof, N. & Engeseth, N. J., 2002. Antioxidant capacity of honeys from various floral sources based on the determination of oxygen radical absorbance capacity and inhibition of in vitro lipoprotein oxidation in human serum samples. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Volumen 50, pp. 3050-3055.
- Gheldof, N., Wang, X.-H. & Engeseth, N. J., 2002. Identification and quantification of antioxidant components of honeys from various floral sources. *Journal of agricultural and food chemistry*, Volumen 50, p. 5870-5877.
- González, A. J. & De Araújo, F., 2005. *Manual de Meliponicultura Mexicana*. Mérida, Yucatán: Planeta impresores.

- Goodman, L. A., 1961. Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 32(1), pp. 148-170.
- Graikou, K. y otros, 2011. Chemical analysis of Greek pollen - Antioxidant, antimicrobial and proteasome activation properties. *Chemistry Central*, Volumen 5, pp. 1-9.
- Guerrero-Pérez, M. F., 2018. Determinación de la actividad antioxidante y antibacteriana de mieles mexicanas de diferentes orígenes geográficos. México: UNAM.
- Guilherme da Cunha, G. y otros, 2015. Antiproliferative constituents of geopropolis from the bee *Melipona scutellaris*. *Planta Medica*, Volumen 82, p. 190–194.
- Guzmán, M. y otros, 2011. Manejo de las abejas nativas sin aguijón: *Melipona beecheei* y *Scaptotrigona mexicana*. 1 ed. México: MUTUAL, redISA.
- Heart, T., 1999. The role of stingless bees in crop pollination. *Annual Review of Entomology*, Volumen 44, p. 83–206.
- Hernández, T., 2012. Mercado social: construir y experimentar proyectos económicos alternativos. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, Volumen 118, pp. 119-128.
- IBM, 2017. *SPSS statistics*, New York: s.n.
- INEGI, 1996. *Cuaderno estadístico municipal: Cuetzalan del Progreso, estado de Puebla*. 1 ed. México: INEGI.
- INEGI, G. D., 2018. *Ubicación de los meliponarios en Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla*, Puebla: Google Earth Pro.
- Juszczak, L. y otros, 2009. Physicochemical properties and quality parameters of herbhoney. *Food chemistry*, Volumen 113, pp. 538-542.
- Kennedy, C. M. y otros, 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, Volumen 16, pp. 584-599.
- Kent, R. B., 2009. Mesoamerican stingless beekeeping. *Journal of Cultural Geography*, 4(2), pp. 14-28.
- Klein, A.-M., Steffan-Dewenter, I. & Tscharrntke, T., 2003. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London*, Volumen 270, p. 955–961.
- Kluser, S. & Peduzzi, P., 2007. *Global Pollinator Decline: A Literature Review*. s.l.:UNEP/GRID-Europe.
- Kremen, C. y otros, 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, Volumen 10, p. 299–314.
- Leyva-Moguel, K. & Cuevas-Glory, L., 2015. *Estudio de las propiedades físico-químicas y actividad antioxidante de la miel de Scaptotrigona pectoralis*. México, Sociedad Mexicana de Inocuidad y calidad para consumidores de alimentos.
- Liberio, S. y otros, 2011. Antimicrobial activity against oral pathogens and immunomodulatory effects and toxicity of geopropolis produced by the stingless bee *Melipona fasciculata* Smith. *Complementary and Alternative Medicine*, Volumen 11, p. 108.
- Márquez Luna, J., 1994. Meliponicultura en México. *Dugesiana*, Volumen 1, pp. 3-12.

- Martínez-Florez, S., González-Gallego, J., Culebras, J. & Truñón, M. J., 2002. Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes. *Nutrición Hospitalaria*, 17(6), pp. 271-278.
- Medina, M., Guzmán, M. & Jaramillo, O., 1994. Biología y cultivo de *Scaptotrigona mexicana*. En: *Parte IV: Producción de miel en abejas "congo". Resumen. VIII Seminario Americano de Apicultura..* Villahermosa, Tabasco: s.n.
- Mendes, E., Brojo Proenca, E., Ferreira, I. & Ferreira, M., 1998. Quality evaluation of Portuguese honey. *Carbohydrate Polymers*, Volumen 37, p. 219–223.
- Mesor, L. L. y otros, 2001. Screening of brazilian plant extracts for antioxidant activity by the use of DPPH free radical method. *Phytotherapy Research*, Volumen 15, p. 127–130.
- Michener, C., 2013. The Meliponini. En: P. Vit, S. Pedro & D. Roubik, edits. *Pot-Honey: A legacy of stingless bees*. New York: Springer, pp. 3-17.
- Michener, C. D., 2007. *The bees of the world*. 2 ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington D.C.: World Resources Institute.
- Molan, C. & Betts, J., 2004. Clinical usage of honey as a wound dressing: an update. *Journal Wound Care*, Volumen 13, pp. 353-356.
- Nates-Parra, G. & Rosso Londoño, J. M., 2017. Abejas sin aguijón (tribu Meliponini). En: G. Nates-Parra, ed. *Iniciativa colombiana de polinizadores: abejas ICPA*. Bogotá: ICPA, Universidad Nacional de Colombia, pp. 111-126.
- Núñez-Avellaneda, L. A. & Carreño, J. I., 2017. Polinización por abejas en *Syagrus orinocensis* (Arecaceae) en la Orinoquía colombiana. *Acta Boológica Colombiana*, 22(2), pp. 221-233.
- Núñez-Avellaneda, L. & Carreño, J., 2010. Abejas nativas polinizan por vibración el achiote de monte Bixa urucurana Wild (Magnoliopsida: Bixaceae) en la orinoquía de Colombia.. En: G. Nates Parra, ed. *Iniciativa Colombiana de Polinizadores: Abejas -ICPA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 364.
- Obregon, D. & Nates-Parra, G., 2014. Floral preference of *Melipona eburnea* Friese (Hymenoptera: Apidae) in a Colombian Andean Region. *Neotropical Entomology*, Volumen 43, p. 53–60.
- Ospina Torres, R. & Nates-Parra, G., 2016. La desaparición de las abejas. En: G. Nates Parra, ed. *Iniciativa Colombiana de Polinizadores Capítulo Abejas -ICPA*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, p. 364.
- Padilla Vargas, P. J., Vásquez Dávila, M. A., García Guerra, T. G. & Albores González, M. L., 2014. Pisilnekmej: una mirada a la cosmovisión, conocimientos y prácticas nahuas sobre *Scaptotrigona mexicana* en Cuetzalan, Puebla, México. *Etnoecológica*, 10(1), pp. 37-40.
- Pękal, A. & Pyrzyńska, K., 2014. Evaluation of aluminium complexation reaction for flavonoid content assay. *Food Analytical Methods*, Volumen 7, p. 776–1782.

- Peñarrieta, J. M. y otros, 2014. Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), pp. 68-81.
- Pérez-Pérez, E., Rodríguez-Malaver, A. & Vit, P., 2007. Efecto de la fermentación postcosecha en la capacidad antioxidante de miel de *Tetragonisca angustula* Latreille, 1811. *BioTecnología*, 10(1), p. 14-20.
- Pérez, R. A. y otros, 2007. Amino acid composition and antioxidant capacity of spanish honeys. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, pp. 360-365.
- Persano Oddo, L. y otros, 2008. Composition and antioxidant activity of *Trigona carbonaria* honey from Australia. *Journal of Medicinal Food*, 11(4), pp. 789-794.
- Potts, S. G. y otros, 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), pp. 345-353.
- Prieto Herrera, J. E., 2013. *Investigación de mercados*. 2 ed. Bogotá: Ecoe.
- Prieto, J. M., 2012. *Procedure: Preparation of DPPH Radical, and antioxidant scavenging assay*, s.l.: s.n.
- Quezada-Euán, J. J. G., May-Itzá, W. d. J. & González-Acereto, J. A., 2015. Meliponiculture in Mexico: problems and perspective for development. *Bee world*, 84(2), pp. 160-167.
- Ramírez-Arriaga, E. & Martínez-Hernández, E., 2007. Melitopalynological characterization of *Scaptotrigona mexicana* Guérin (Apidae: Meliponini) and *Apis mellifera* L. (Apidae: Apini) honey samples in northern Puebla State, Mexico. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80(4), pp. 377-391.
- Reyes-Novelo, E., Meléndez Ramírez, V., Delfín González, H. & Ayala, R., 2009. Abejas silvestres (Hymenoptera : Apoidea) como bioindicadores en el neotrópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, Volumen 10, pp. 1-13.
- Ribeiro-Junior, J. y otros, 2015. Gastroprotective effect of geopropolis from *Melipona scutellaris* is dependent on production of Nitric Oxide and prostaglandin. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, pp. 1-5.
- Rienzo, J. D. y otros, 2017. *InfoStat versión 2017*, Argentina: Universidad Nacional de Córdoba.
- Rosa, H., Kandel, S. & Dimas, L., 2003. *Compensación por servicios ambientales y comunidades rurales: lecciones de las Américas y temas críticos para fortalecer estrategias comunitarias*. 1 ed. El Salvador: PRISMA.
- Roubik, D. W., 1989. *Ecology and natural history of tropical bees*. 1 ed. United States of America: Cambridge University Press.
- Roubik, D. W., 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. 1 ed. Roma: FAO Agricultural Services Bulletin.
- Sánchez, D. y otros, 2004. High precision during food recruitment of experienced (reactivated) foragers in the stingless bee *Scaptotrigona mexicana* (Apidae, Meliponini). *Naturwissenschaften*, Volumen 91, p. 346-349.

- Schenke, C., Vázquez, B., Sandoval, C. & del Sol, M., 2016. El rol de la miel en los procesos morfofisiológicos de reparación de heridas. *International Journal Morphology*, 34(1), pp. 85-395.
- Slaa, E. J., Tack, A. J. & Sommeijer, M. J., 2003. The effect of intrinsic and extrinsic factors on flower constancy in stingless bees. *Apidologie*, Volumen 34, p. 457–468.
- Slaa, E., Sánchez Chaves, L., Malagodi-Braga, K. & Hofstede, E., 2006. Stingless bees in applied pollination: practice and perspectives. *Apidologie*, Volumen 37, pp. 293-315.
- Smith y Smith, 2007. *Ecología*. 6a ed. Madrid: Pearson.
- Snow, M. & Manley-Harris, M., 2004. On the nature of non-peroxide antibacterial activity in New Zealand manuka honey. *Food Chemistry*, Volumen 84, p. 145–147.
- Stokols, D., 2006. Toward a Science of Transdisciplinary Action Research. *American Journal Community Psychology*, Volumen 38, pp. 63-77.
- Suntiparapop, K., Prapaipong, P. & Chantawannakui, P., 2012. Chemical and biological properties of honey from Thai stingless bee (*Tetragonula leaviceps*). *Journal of Apicultural Research*, 21(1), pp. 45-52.
- SurveyMonkey, 2018. [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com). [En línea] Available at: [www.surveymonkey.com](http://www.surveymonkey.com)
- Tarrés, M. L., 2001. *Observar, escuchar y comprender. Sobre la tradición cualitativa en la investigación social*. 1 ed. México: Porrúa.
- Toledo, V. M. & Ortíz-Espejel, B., 2014. *México, regiones que caminan hacia la sustentabilidad: Una geopolítica de las resistencias bioculturales*. 1 ed. Puebla-México: Universidad Iberoamericana Puebla.
- Tomás-Barberán, F. A. y otros, 2001. HPLC flavonoid profiles as markers for the botanical origin of European unifloral honeys. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Volumen 81, pp. 485-496.
- Uthurry, C. & Gómez, C., 2007. Los compuestos polifenólicos en productos apícolas y su función antioxidante. *Revista Apícola*, Volumen 145, pp. 9-15.
- vanEngelsdorp, D. y otros, 2009. Colony collapse disorder: A descriptive study. *Plos One*, Volumen 4, pp. 1-17.
- Vattuone, M. A. y otros, 2007. Compuestos fenólicos totales, flavonoides, prolina y capacidad captadora de radicales libres de mieles de *Tetragonisca angustula* Fiebrigi (Schwarz, 1938) y de *Plebeia wittmanni*. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 6(5), pp. 299-300.
- Vega López, E., 1997. La valuación económica de la biodiversidad en México. En: J. Carabias Lillo, E. Provencio, F. Giner de los Ríos & E. Vega López, edits. *Economía ambiental: Lecciones de América Latina*. México: SEMARNAP, pp. 213-228.
- Vit, P., Medina, M. & Enríquez, M. E., 2004. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World*, 85(1), pp. 2-5.

Zepeda, R., 2018. Los productos de la colmena: miel, cerumen, polen y propóleo. En: N. Arnold, R. Zepeda, M. Vásquez Dávila & Aldasoro Maya, Miriam, edits. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México*. México: ECOSUR, CONABIO, p. 147.

Zepeda, R. & Arnold, N., 2018. El cultivo de las abejas sin aguijón: la meliponicultura. En: N. Arnold, R. Zepeda, M. Vásquez Dávila & M. Aldasoro Maya, edits. *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México*. México: ECOSUR. CONABIO, p. 147.

## 10. ANEXOS

### 10.1. Entrevista realizada a los meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón, Puebla.

Nombre del entrevistado:

Edad:

Ocupación principal:

Nivel escolar:

Hablante de la lengua nativa:

- A) Si
- B) No
- C) Sólo entiende

1. Además de la meliponicultura, ¿Se dedica a otras actividades?  
¿Cuáles?
2. ¿Por qué razón cría a estas abejas?
  - 2.1. ¿Es usted la primera persona en su familia en criarlas?
  - 2.2. ¿Quién le enseñó a criarlas?
  - 2.3. ¿Hay otras personas en su familia dedicadas a la misma actividad?
3. ¿Qué cantidad de miel se produce aproximadamente por olla?
  - 3.1. ¿Cuál es el proceso de cosecha y almacenamiento de la miel?
  - 3.2. ¿Con qué finalidad usa la miel?
4. ¿A quién o quienes vende su miel?, es decir, el tipo de mercado que tiene.
  - 4.1. ¿En qué precio vende la miel?
  - 4.2. ¿En dónde vende la miel?
  - 4.3. ¿Cuánto invierte para la producción de miel?, p. ej., gastos en la compra de las ollas, frascos, transporte, etc.
5. ¿Qué plantas, que usted reconozca, son visitadas por las abejas?

## 10.2. Cuestionario: Consumo de miel con enfoque en abejas sin aguijón

### a) Sección: consumo de miel

1. ¿Usted compró miel en el último año?  
Si ( ) / No ( )
2. ¿Con qué frecuencia compró miel en el último año? (seleccionar una opción)
  - a. Siempre
  - b. Casi siempre
  - c. Algunas veces
  - d. Nunca
3. ¿Cuál es la razón por la que compró la miel? (puede seleccionar varias opciones e indicar el orden de preferencias de consumo de 1 a 4, donde 1 es la más preferida y 4 la menos preferida)
  - a. Como sustituto de azúcar (endulzar alimentos o bebidas)
  - b. Por sus propiedades medicinales
  - c. Por su sabor
  - d. Otro. Especifique \_\_\_\_\_
4. ¿En qué lugar compra la miel con frecuencia? (puede seleccionar varias opciones)
  - a. Mercados locales (p. ej. tianguis)
  - b. Supermercado
  - c. Proveedor del barrio
  - d. Otro: Especifique \_\_\_\_\_
5. ¿Qué cantidad de miel compra aproximadamente al año?
  - a. 100 mililitros
  - b. 200 mililitros
  - c. 300 mililitros
  - d. 400 mililitros
  - e. 500 mililitros
  - f. 1 litro
  - g. Mayor a un litro
6. ¿Aproximadamente cuánto paga por un litro de miel?
  - a. Menos de \$50.00
  - b. De \$50.00 a \$100.00
  - c. De \$100.00 a \$200.00
  - d. De \$200.00 a \$300.00



- e. De \$300.00 a \$400.00
- f. De \$400.00 a \$500.00
- g. Más de \$500.00. Por favor especifique: \_\_\_\_\_

**b) SECCIÓN: CONOCIMIENTO DE MIEL**

7. Además de las abejas comunes (*Apis mellifera*), ¿conoce usted otras especies de abejas que producen miel?

Si ( ) / No ( )

En caso de ser afirmativa su respuesta, por favor especifique:

\_\_\_\_\_

8. ¿En el último año, consumió usted otros tipos de mieles?

Si ( ) / No ( )

Especifique: \_\_\_\_\_

9. ¿Consumiría miel de otras especies de abejas?

Si ( ) / No ( )

10. ¿Consumiría mieles de abejas producidas de manera sostenible, es decir, respetando el ambiente, por un precio justo?

Si ( ) / No ( )

¿Por qué? \_\_\_\_\_

*Scaptotrigona mexicana* es una especie de abeja sin aguijón, nativa de México. En algunas comunidades, como Cuetzalan y Rayón, Puebla, se crían estas abejas con distintos motivos, destacándose el valor cultural y social, así como las propiedades medicinales que se le atribuyen a los productos de la colmena, tales como la miel, por ejemplo, el combate a enfermedades respiratorias, a cataratas en los ojos y a la pronta cicatrización de heridas en la piel. Asimismo, en la miel de *Scaptotrigona mexicana* se han encontrado compuestos químicos tales como fenoles y flavonoides, cuyas funciones son: el ser antioxidantes, antiinflamatorios, antibacterianos, fungicidas, antisépticos, entre otros, además de tener sabores y olores totalmente distintos.

De acuerdo con las propiedades mencionadas, ¿consumiría usted este tipo de miel?

Si ( ) / No ( )

11. La miel de *Scaptotrigona mexicana* tiene un precio de \$500.00 en el mercado regional. Sin embargo, para su venta fuera de la región, requiere un gasto adicional por parte de los meliponicultores (personas dedicadas a la crianza de estas abejas). De este modo, dadas sus propiedades químicas, estaría usted dispuesto(a) a pagar un sobreprecio del \_\_\_\_\_% (coloque el porcentaje que usted considere).

12. Consumiría con mayor confianza la miel de ser:
- a. Certificada
  - b. Etiquetada
  - c. Certificada y etiquetada
  - d. No la consumiría
13. En caso de ser certificada, usted prefiere una certificación:
- a. Nacional ( )
    - a.1. Entidad Privada ( )
    - a.2. Entidad Pública ( )
  - b. Internacional ( )
14. De ser certificada la miel de *Scaptotrigona mexicana* y dado el precio regional, así como sus propiedades químicas, estaría usted dispuesto(a) a pagar un sobreprecio del \_\_\_\_\_% (coloque el porcentaje que usted considere).

**c) SECCIÓN DE DATOS SOCIOECONÓMICOS**

15. Ciudad o estado en el que radica

\_\_\_\_\_

16. Sexo
- a. Hombre
  - b. Mujer
17. Edad
- Años: \_\_\_\_\_
18. Ocupación:
- a. Salariado
  - b. Asalariado
19. Educación
- a. Ninguna
  - b. Primaria incompleta
  - c. Primaria completa
  - d. Secundaria incompleta
  - e. Secundaria completa
  - f. Preparatoria incompleta
  - g. Preparatoria completa
  - h. Nivel superior incompleto
  - i. Nivel superior incompleto
  - j. Posgrado



### 10.3. Meliponicultores entrevistados

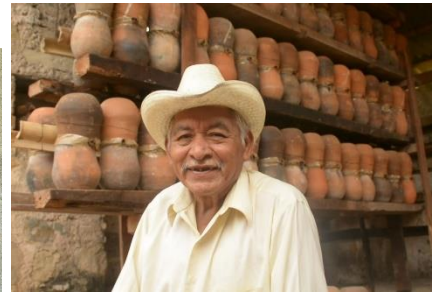


Ilustración 1. Meliponicultores de Cuetzalan y San Antonio Rayón. De izquierda a derecha: Isela, Martha y su esposo, Miguel, Baudel y su hijo, Pedro, Floriberta, Vicenta y Minerva en el ritual con incienso. Fotos: Jorge Jiménez-Díaz