



UNIVERSIDAD MICHOAQUANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO



Facultad de Biología
PROGRAMA INSTITUCIONAL DE MAESTRÍA EN
CIENCIAS BIOLÓGICAS

**Ensamblaje de potenciales polinizadores de
aguacate entre áreas de bosque y cultivo en el
Nevado de Colima**

Tesis que presenta:

Biol. Milca Izel Reyes Rodríguez

Como requisito para obtener el grado de

Maestro en Ciencias Biológicas

DIRECTORA DE TESIS: D. C. Yvonne Herrerías Diego
CO-DIRECTORA DE TESIS: Dra. Silvana Martén Rodríguez

Morelia, Michoacán, Febrero 2025



DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El presente documento es producto del trabajo original de investigación de Milca Izel Reyes Rodríguez, estudiante del Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas y respetando siempre los más altos estándares éticos solicitados por la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

Todos los datos de la investigación reportada en el presente documento de tesis (excepto los indicados explícitamente en el texto), fueron obtenidos por Milca Izel Reyes Rodríguez durante el periodo que fue estudiante de la Maestría en Ciencias Biológicas bajo la Dirección de la Dra. Yvonne Herrerías Diego y Co-Dirección de la Dra. Silvana Martén Rodríguez.

Morelia, Mich., a 14 de Febrero de 2025



Biol. Milca Izel Reyes Rodríguez _____ 



Dra. Yvonne Herrerías Diego _____ 

**Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas,
UMSNH**

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas e instituciones que hicieron posible la
realización de esta tesis

Agradezco a mis profesores y compañeros de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y la Universidad Autónoma de México por sus valiosas aportaciones y consejos, que enriquecieron mi formación académica. Este proyecto fue financiado por CONACYT ahora SECIHTI y por la Dirección General del Personal Académico, UNAM (proyecto PAPIIT IN226423 a Silvana Martén Rodríguez), y por la beca CONAHCyT 1186906 a mi persona. Además, agradecer al Ing. Del toro, Sr. Erick, Sr. Jaime, Sr. Habakuc, Sr. Caballos a grupos Cerritos y al recinto del Nevado de colima por permitirnos trabajar en sus propiedades

Agradezco a mi asesora de tesis la Dra. Yvonne Herrerías Diego por su
orientación y apoyo que ha sido importante para este trabajo

También agradezco a mi Co-asesora la Dra. Silvana Martén Rodríguez por
permitirme ser parte de este proyecto, por su orientación y apoyo para la
culminación de este trabajo

Agradezco a mi comité el Dr. Leonel López Toledo, Dr. Arnulfo Blanco García, Dr. Oliverio Delgado Carrillo que se dieron el tiempo para evaluar este trabajo, les agradezco por todos las aportaciones y consejos que han hecho crecer este trabajo

Al Dr. Oliverio Delgado Carrillo por su apoyo, paciencia y orientación para este trabajo. Su guía y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo de esta investigación, brindándome herramientas para crecer académicamente. Asimismo, agradezco la amistad y colaboración que formamos durante este proyecto

Al Dr. Martin Hesajim de Santiago Hernández agradezco profundamente por su invaluable orientación, paciencia y apoyo en este trabajo, por su compromiso y conocimiento fueron fundamentales para poder culminar este trabajo, además le

agradezco por la amistad adquirida pese las circunstancias. Su acompañamiento ha sido una inspiración, le estoy muy agradecida.

A mi familia, que siempre estuvo presente con palabras de aliento y comprensión, y a mis amigos, quienes con su compañía y apoyo incondicional hicieron este camino más llevadero

Agradezco a mis padres por todo su esfuerzo y tiempo en el que me han apoyado, los amo gracias por estar para mí siempre

A mi hermana Kuanari por ser mi mejor amiga y compañera en mis momentos más difíciles durante todo este camino, te amo.

A todas las personas que fueron parte importante en este trabajo, como mis compañeros que se dieron el tiempo para acompañarme a campo y apoyarme, a eli, osiel, frecia, Lilia, kuani, lucero, Karen.

Al maestro memo por el apoyo en la identificación de plantas

A la maestría en ciencias Frecia por estar conmigo en campo cuando más lo necesite

A mis compañeros y amigos Lilia, Josafat, Carlos y Alex que estuvieron conmigo echándose porras, por siempre escucharme y soportar mis crisis, gracias por ser parte importante en este proceso, los quiero mucho

También agradezco a Mariela, Zulma, Jaramillo, Arturo, Dani y Edgar por creer en mí y animarme en este proceso, los quiero

También agradezco a Estrellita que ahora es parte del universo, por escucharme, enseñarme y comprenderme, fue muy lindo conocerte, ojalá existieran más personas como tú de perseverantes y dedicadas, dejaste una huella en mi vida

ÍNDICE

RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	8
PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS EXPLÍCITAS	13
Hipótesis:	13
OBJETIVOS.....	13
Objetivo general:	13
Objetivos específicos:.....	13
MATERIALES Y MÉTODOS	14
Especie de estudio	14
Sitio de estudio	15
Muestreo.....	16
ANÁLISIS DE DATOS	18
Ensamble de la comunidad de potenciales polinizadores.....	18
RESULTADOS	21
Diversidad alfa.....	21
Abundancia relativa de los grupos de insectos	23
Diversidad Beta	26
Índices de similitud de grupos de insectos	27
Tasa de visita de los potenciales polinizadores	30
Tasa de visita por grupo de insectos	30
DISCUSIÓN.....	33
Literatura Citada	41
ANEXOS.....	64

RESUMEN

Los insectos polinizadores son esenciales para la reproducción sexual y la diversidad genética de muchos cultivos. Se estima que el 75% de los principales cultivos consumidos por los humanos dependen de la polinización biótica, y en México este porcentaje asciende al 85%. Sin embargo, los polinizadores y los servicios que estos proveen están amenazados por actividades antropogénicas, como la destrucción de hábitat y el cambio climático. En algunas regiones de México, el cultivo de aguacate ha ocasionado un cambio significativo de uso de suelo contribuyendo al declive de las poblaciones de polinizadores. En este estudio se investiga cómo cambia la diversidad y riqueza de morfoespecies de polinizadores en relación con la distancia entre el bosque y áreas de cultivo de aguacate. Para realizar este estudio, se seleccionaron sitios dentro del bosque del Área Natural Protegida Parque Nacional Volcán Nevado de Colima y en áreas de cultivo de *Persea americana* var. Méndez localizadas a tres diferentes distancias respecto al bosque: cultivo cercano (<2 km), intermedio (>2 km y <5 km) y lejano (>5 km). En la temporada de floración del aguacate, se trazaron dos transectos de 2x50 m en cada sitio estudiado. Se realizaron observaciones de polinizadores durante 135 minutos en cada transecto, desde las 8:00 am hasta las 6:00 pm. Se identificaron 46 morfoespecies en el bosque y 79 en los cultivos de aguacate, estas morfoespecies pertenecen a los grupos de abejas, moscas, avispas, mariposas. Este estudio encontró que se comparten 14% de las morfoespecies de polinizadores entre el bosque y los cultivos. La mayor diversidad y abundancia de polinizadores fue mayor en el bosque que en los cultivos. La mayor abundancia relativa y tasa de visita la realizaron *Deltoptila elefas*, *Apis mellifera* y *Bombus ephippiatus*, mientras que en las áreas de cultivo fue *A. mellifera*. Las abejas fueron los visitantes con la mayor tasa de visitas en todas las condiciones. Las moscas y avispas tuvieron mayor tasa de visitas en los cultivos cercanos al bosque que en los cultivos intermedios y lejanos. Lo que sugiere que el bosque ofrece refugio y alimento que favorece la continuidad del servicio de polinización por insectos para plantas cultivadas.

Palabras clave: bosque, cultivo, polinizadores, distancia, diversidad

ABSTRACT

Insect pollinators are essential for the sexual reproduction and genetic diversity of many crops. It is estimated that 75% of the main crops consumed by humans depend on biotic pollination, and in Mexico this percentage is 85%. However, pollinators and the services they provide are threatened by anthropogenic activities, such as habitat destruction and climate change. In some regions of Mexico, avocado cultivation has caused significant land use change contributing to the decline of pollinator populations. This study investigates how the diversity and richness of pollinator morphospecies changes in relation to the distance between the forest and avocado growing areas. For this study, sites were selected within the forest of the Parque Natural Protegida Parque Nacional Vulcan Nevado de Colima and in cultivation areas of *Persea americana* var. Méndez located at three different distances from the forest: close (<2 km), intermediate (>2 km and <5 km) and distant (>5 km) cultivation. During the avocado flowering season, two 2x50 m transects were drawn at each site studied. Observations of pollinators were made for 135 minutes in each transect, from 8:00 am to 6:00 pm. Forty-six morphospecies were identified in the forest and 79 in the avocado crops, these morphospecies belong to the groups of bees, flies, wasps, butterflies. This study found that 14% of the pollinator morphospecies are shared between the forest and the crops. The greater diversity and abundance of pollinators was higher in the forest than in the crops. The highest relative abundance and visitation rate was by *Deltoptila elefas*, *Apis mellifera* and *Bombus ephippiatus*, while in crop areas it was *A. mellifera*. Bees were the visitors with the highest visitation rate in all conditions. Flies and wasps had higher visitation rates in crops near the forest than in intermediate and distant crops. This suggests that the forest provides shelter and food that favors the continuity of insect pollination service for cultivated plants.

Key words: forest, cultivation, pollinators, distance, diversity

INTRODUCCIÓN

La polinización es un proceso que ocurre cuando el polen es transportado de las anteras de una flor al estigma de flores de la misma especie (Aizen *et al.* 2002, Sosenski y Domínguez 2018). Este proceso puede ocurrir por elementos abióticos como el viento, agua, o vectores bióticos conocidos como polinizadores, entre los que se encuentran insectos, aves y mamíferos (Albrecht *et al.* 2012). La polinización por animales es fundamental para favorecer la reproducción sexual y mantener la diversidad genética de las plantas con flor (Aizen *et al.* 2002, Ish-Am *et al.* 2011, Jiménez-Mais 2016, García *et al.* 2016, Dymond *et al.* 2021, Carabali *et al.* 2020). Entre los diferentes tipos de polinizadores, los insectos son el grupo más diverso (Stephens *et al.* 2023). Por ejemplo, las abejas están representadas por aproximadamente 20,000 a 30,000 especies (Ocampo & Santa Catarina 2019), las mariposas con 166,393 especies (Catalogue of life 2024) y otros grupos de insectos asociados a la polinización como: moscas (175,597 especies), avispas (85,000) y escarabajos (327,431) de los que se desconoce cuántas especies están asociadas a la polinización (Catalogue of life 2024).

Desde el Cretácico hasta la actualidad, las plantas con flor han interactuado con polinizadores (Stephens *et al.* 2023). Actualmente se han registrado aproximadamente 365,000 especies de angiospermas y se estima que el 90% de estas especies requiere de polinizadores para su reproducción (Tong *et al.* 2023). En el mundo se han registrado alrededor de 7,000 especies de plantas que son cultivadas para la obtención de alimentos y se estima que entre el 70% y el 87% dependen en algún grado de la polinización por animales (Klein 2007, Ricketts *et al.* 2008, García *et al.* 2016, Sosenski & Domínguez 2018, Khoury *et al.* 2023). El servicio de polinización por animales también ha sido valorado económicamente y se calcula que asciende alrededor de 153 millones de euros a nivel mundial (Gallai *et al.* 2009), lo que representa aproximadamente el 10% del valor económico de la producción agrícola total (Gallai *et al.* 2009, Chaplin-Kramer *et al.* 2014, M. Ramírez 2023).

En México se han registrado alrededor de 316 especies de plantas cultivadas, de las cuales 80 se utilizan para ganadería, 236 son utilizadas directamente para el

consumo humano y de estas 171 son cultivadas exclusivamente para la producción de frutos y/o semillas (Ashworth *et al.* 2009). Del total de especies cultivadas para la producción de frutos y semillas en México al menos el 85% depende en algún grado de la polinización por insectos, cuyo valor económico calculado para el 2009 fue de 43 mil millones de pesos (Ashworth *et al.* 2009, Quesada *et al.* 2011). Entre las plantas cultivadas con mayores niveles de dependencia de polinizadores están la calabaza, la sandía, el tomate, el mango, el cacao, el café y el aguacate. Estos cultivos se encuentran entre las principales fuentes de ingresos económicos por productos agrícolas para el país (Klein *et al.* 2007, Ashworth *et al.* 2009, Gallai *et al.* 2009, Carvalheiro *et al.* 2010, Delgado-Carrillo *et al.* 2018, ENCUSP 2021, Delgado-Carrillo *et al.* 2024).

Entre las especies cultivadas, el aguacate (*Persea americana*) representa uno de los cultivos económicamente más importantes para México, con un valor aproximado para el 2023 de sesenta mil millones de pesos (SIAP 2023). El aguacate es una especie cultivada cuya producción de frutos depende en un 90% del servicio de polinización por insectos (Wysoki *et al.* 2002, Klein *et al.* 2006, ENCUSP 2021, Dymond *et al.* 2021, SIAP 2023). La alta dependencia del aguacate al servicio de polinización provisto por insectos se debe a su sistema reproductivo, en que la maduración del polen y los estigmas de las flores hermafroditas ocurre en tiempos diferentes del día. Esta separación temporal de la función masculina y femenina de la planta evita la autopolinización entre flores del mismo árbol (Stout 1923, Wysoki *et al.* 2002). Por otra parte, la proporción fruto flor es baja; se estima que un árbol puede llegar a producir hasta un millón de flores y solo el 0.1% se convierte en fruto (Stout 1923, Wysoki *et al.* 2002, Jiménez-Mais 2016, Davenport 2019, Dymond *et al.* 2021).

Diversos estudios han sugerido que existe una relación positiva entre la abundancia de visitantes florales y el incremento en la producción de frutos de aguacate (Clark-Orange 1923, Vildózola *et al.* 1999, Can-Alonzo *et al.* 2005, Klein *et al.* 2007, Ashworth *et al.* 2009, Carabali-Banguero *et al.* 2020, Dymond *et al.* 2021, Muñoz *et al.* 2023). En México se han registrado más de 100 especies de insectos asociados a la floración del aguacate (Ish-Am *et al.* 1999, Carabali-Banguero *et al.*

2018), pertenecientes a los órdenes: Díptera, Coleóptera, Hymenoptera, Lepidoptera, Neuroptera y Thysanoptera (Wysoki *et al.* 2002, Jiménez-Mais 2016, Dymond *et al.* 2021). Actualmente no hay información sobre la identidad de los polinizadores efectivos para el aguacate en México. La información disponible sugiere potenciales polinizadores basados en la tasa de vista y la carga polínica de los insectos polinizadores (Vildózola *et al.* 1999, Muñoz *et al.* 2017, Villanueva-Espino 2020 datos no publicados, Dymond *et al.* 2021, Carabali-Banguero *et al.* 2020, Muñoz *et al.*, 2023, Sagwe *et al.* 2023). Se ha propuesto a *Apis mellifera* como un potencial polinizador debido a que es muy abundante y a que transporta una alta carga polínica de *P. americana* (Vildózola *et al.* 1999, Muñoz *et al.* 2017: Villanueva-Espino 2020 datos no publicados, Dymond *et al.* 2021, Carabali-Banguero *et al.* 2020, Muñoz *et al.* 2023). Otras especies pertenecientes al orden Diptera (Syrphidae, Tachinidae, Calliphoridae, del orden Hymenoptera; *Geotrigona acapulconis*, *Brachygastra mellifica*, *Mischocyttarus sp.*, *Ancistrocerus sp.*, *Polistes sp.*, también son considerados potenciales polinizadores de acuerdo a la carga polínica (Vildózola *et al.* 1999, Muñoz *et al.* 2017, Villanueva-Espino, 2020 datos no publicados, Carabali-Banguero *et al.* 2020, Dymond *et al.* 2021, Muñoz *et al.* 2023). Sin embargo, estas especies de potenciales polinizadores presentan baja abundancia en contraste con *Apis mellifera* (Vildózola *et al.* 1999, Muñoz *et al.* 2017, Carabali-Banguero *et al.* 2018, Villanueva-Espino 2020 datos no publicados, Muñoz *et al.* 2023).

Por otra parte, la distribución del aguacate en México en 2023 asciende al menos a 264,589 hectáreas debido a la alta demanda comercial (SIAP 2023). El incremento excesivo del área cultivada de aguacate ha ocasionado la deforestación desmedida de áreas naturales ocasionando la pérdida de diversidad de plantas y animales (Potts *et al.* 2016). Por ejemplo, el estado de Michoacán -principal productor de aguacate en el mundo- ha perdido al menos 857,54 km² de bosque desde el 2001 y 2017 por plantación de aguacate (Cho *et al.*, 2020). Otros estados como Jalisco y Colima también han perdido áreas naturales a causa de la proliferación de monocultivos, donde se estima la pérdida de al menos 15 mil

hectáreas de bosque asociada con el aumento en el cultivo de aguacate y durazno (Alarcón-Cháires 2020).

A pesar de la gran importancia de los polinizadores en la productividad agrícola, estos han disminuido por diferentes causas como el cambio de uso de suelo, cambio climático, patógenos, especies invasoras y el uso desmedido de insecticidas y herbicidas (Potts *et al.* 2016). Diversos estudios han determinado que la perturbación de las áreas naturales y/o bosques pueden tener un efecto negativo sobre los polinizadores (Blanche & Cunningham 2005, Benjamin *et al.* 2013, Bravo-Monroy *et al.* 2015). La constante pérdida de hábitat provoca la reducción de la riqueza y abundancia de polinizadores que podrían moverse entre el bosque y las áreas de cultivo (Marco y Coelho 2004, Blanche & Cunningham 2005, Öckinger & Smith 2006, Carvalheiro *et al.* 2010, Benjamin *et al.* 2013). Este movimiento de polinizadores entre el bosque y áreas de cultivo incrementa la producción de frutos y semillas de plantas cultivadas dependientes de polinizadores como el café, calabaza, sandía, mango (Marco y Coelho 2004, Bravo-Monroy *et al.* 2015, Delgado-Carrillo *et al.* 2018, Severiano-Galeana *et al.* 2024, ENCUSP 2021, Delgado-Carrillo *et al.* 2024). Se ha sugerido que la producción de frutos de plantas cultivadas incrementa cuando el área de cultivo se encuentra próxima a las áreas naturales (Vildózola *et al.* 1999, Quesada *et al.* 2012, Miñarro *et al.* 2018, Woodcock *et al.* 2019).

A la fecha, son pocos los estudios que analizan el ensamble de polinizadores en cultivos dependientes de polinización animal como el café, chirimoya, mango, etc. en los que se evalúa diferentes parámetros del paisaje como la distancia de las áreas de cultivo al bosque (Blanche & Cunningham 2005, Carvalheiro *et al.* 2010, Benjamin *et al.* 2013, Bravo-Monroy *et al.* 2015, Severiano-Galeana *et al.* 2024). Estos estudios sugieren que los cultivos tienen mayor diversidad de polinizadores con cercanía de bosque y que está asociado al aumento de producción de frutos (Marco y Coelho 2004, Blanche & Cunningham 2005, Carvalheiro *et al.* 2010, Benjamin *et al.* 2013, Bravo-Monroy *et al.* 2015). Además, las áreas naturales son ecosistemas que ofrecen recursos para anidación y alimentación óptimos para los polinizadores (Winfree & Kremen 2008, Vieli *et al.* 2015). Las áreas naturales

también proporcionan servicios que benefician al ser humano, como la producción de alimentos, materiales para construcción, servicios ambientales y áreas de recreación, etc. Por lo tanto, la conservación de áreas naturales es importante para la conservación de los polinizadores que mantienen la función de los ecosistemas y es fundamental para la continuidad de la seguridad alimentaria (Öckinger & Smith 2006, Carvalheiro *et al.* 2010, Quesada *et al.* 2011, Sosenski & Domínguez 2018, Delgado-Carrillo *et al.* 2018, ENCUSP 2021).

Actualmente, se ha sugerido que existe un declive de polinizadores a nivel mundial y se considera que este fenómeno es uno de los principales factores causantes de la baja producción del cultivo del aguacate (Wysoki *et al.* 2002, Alcázar 2009). La diversidad de los polinizadores en una zona agrícola es favorecida por la proximidad de las áreas de bosque (Quesada *et al.* 2012, Miñarro *et al.* 2018). En este estudio se pretende describir, analizar y comparar el ensamblaje de potenciales polinizadores de cultivos de aguacate en México en relación con la distancia a un área de bosque. También busca describir la diversidad de recursos florales disponibles en el bosque para polinizadores en relación con el monocultivo de aguacate. Esto con la finalidad de comprender el papel de las áreas de bosque como proveedoras del servicio de polinización hacia los cultivos de aguacate. Se espera que las áreas de cultivo próximas a las áreas de bosque tengan mayor riqueza, abundancia y frecuencia de visitas florales que aquellas áreas de cultivo que se encuentran a mayor distancia del bosque.

PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS EXPLÍCITAS

Hipótesis:

Las áreas naturales representan áreas de forrajeo y anidamiento para los diversos polinizadores, por lo que los cultivos de aguacate cercanos a estas áreas van a presentar una mayor abundancia y frecuencia de visitantes florales que los cultivos que se encuentran más alejados del bosque.

OBJETIVOS

Objetivo general:

Determinar el ensamblaje de potenciales polinizadores de aguacate en áreas de bosque y cultivo en el Nevado de Colima.

Objetivos específicos:

1. Determinar el ensamblaje de polinizadores del bosque y de los cultivos de aguacate ubicados a diferentes distancias del bosque.

Comparar la composición y la estructura del ensamblaje de potenciales polinizadores entre el bosque y cultivos de aguacate ubicados a diferentes distancias del bosque.

2. Determinar la diversidad de recursos florales en el bosque y cultivos cercanos, cultivos intermedios y lejanos.
3. Determinar la tasa de visita de los potenciales polinizadores en del bosque y en cultivos de aguacate a tres diferentes distancias durante la temporada de floración.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie de estudio

El aguacate, *Persea americana*, pertenece a la familia Lauraceae. México es considerado centro de origen del aguacate y cuenta con una alta diversidad de variedades originadas a partir de hibridaciones, que varían en altura, época de floración y maduración de frutos, forma, peso y tamaño de los frutos, características de la corteza, contenido de aceite, color y olor del follaje, forma de los pedúnculos, resistencia al frío y grupo floral (tipo A y tipo B) (Sánchez-Colín *et al.* 2001, Pérez Álvarez *et al.* 2015, Jiménez-Masís 2016).

En *P. americana* las flores abren por la mañana expresando la fase femenina con el estigma receptivo y las anteras inmaduras (fase A). Las flores en fase femenina cierran al mediodía y al día siguiente vuelven a abrir en fase masculina, esto es, únicamente con las anteras listas para la dispersión de polen fértiles (fase B) (Can-Alonso *et al.* 2005, Jiménez-Mais 2016, Read *et al.* 2017, Acosta-Estévez 2020). Estas fases pueden ocurrir en un mismo individuo en diferentes flores, por lo que la polinización cruzada es fundamental para mover el polen entre flores con diferente expresión sexual.

Entre las variedades de *P. americana* con mayor producción en México se encuentran Hass, el Fuerte y el criollo (Salinas Vargas *et al.* 2021). Estas variedades comparten tiempo de floración y fructificación entre los meses de diciembre a febrero (Sánchez-Colín *et al.* 2001, Salazar-García *et al.* 2011). Cuando estas variedades reducen su producción, otras variedades como la variedad Méndez que florece y produce frutos durante septiembre a julio que son utilizadas para continuar con la comercialización del aguacate (Illsley *et al.* 2011, Pérez Álvarez *et al.* 2015, Salazar-García *et al.* 2018).

Sitio de estudio

Este estudio se llevó a cabo en plantaciones de aguacate variedad Méndez aledaños al bosque protegido del Volcán Nevado de Colima. Las áreas cultivadas cuentan con árboles de aguacate con una edad aproximada entre 6 y 8 años de edad. Se seleccionaron tres cultivos de aguacate a tres distancias del bosque: Cultivos cercanos a 2 km aproximadamente, cultivos a distancia intermedia mayor de 2 km y menor de 5 km, y cultivos lejanos a una distancia mayor de 5 km y menor de 12 km. Estos sitios fueron definidos como condiciones: área natural (Bosque), cultivo cercano, cultivo intermedio y cultivo lejano (Figura 1). Las distancias se establecieron de acuerdo con la capacidad de vuelo de *Apis mellifera* que se desplaza hasta 14 km de distancia de la colmena (Eickwort & Ginsberg 1980, Greenleaf *et al.* 2007).

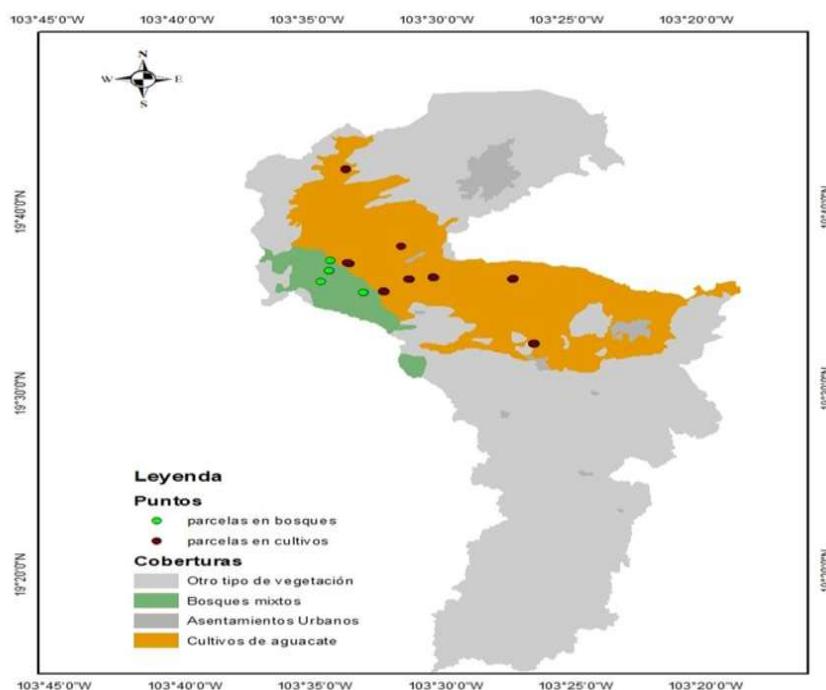


Fig 1. Mapa de la distribución de las áreas de estudio del Nevado de Colima. En color verde el bosque y en naranja las áreas de cultivo. Puntos color verde indican áreas de muestreo en el bosque y los puntos rojos indican áreas de cultivo de aguacate.

Muestreo

Para determinar el ensamblaje de polinizadores entre el bosque y cultivos de aguacate a diferentes distancias del bosque, se seleccionaron tres sitios para cada condición, en cada sitio se trazaron dos transectos lineales de 50 x 2 m con una separación de 50 m entre cada uno. Los sitios de muestreo seleccionados estaban a diferente elevación en metros sobre el nivel del mar (msnm) (Tabla 1).

Tabla 1. Elevación en msnm de los sitios de estudio para cada condición.

Condición	sitio 1	sitio 2	sitio 3
Bosque	2339	2679	2614
cultivo cercano	2134	2243	2236
cultivo intermedio	1863	1714	1749
cultivo lejano	1443	1231	1675

En el bosque los sitios de muestreo estuvieron separados a una distancia promedio de 2 km y los sitios de cultivos estuvieron separados entre 2 y 16 km de distancia. Los sitios seleccionados en las áreas de cultivo estuvieron sujetas a la autorización de los dueños de los predios. De cada uno se realizó el muestreo en los dos transectos mencionados. En cada transecto se realizaron colectas y observaciones directas de los polinizadores utilizando una red entomológica. La colecta se llevó a cabo en octubre de 2022 durante la floración del aguacate en un horario de 8:00 a 18:00 hrs en tres períodos de dos horas: 8:00-10:00; 12:00-14:00 y de 16:00-18:00 hrs. Los horarios fueron seleccionados con la finalidad de considerar la fase masculina y femenina de las flores de aguacate (fase A y B). Durante estos horarios, se llevaron a cabo observaciones por períodos de 30 min y fueron realizadas por tres personas al mismo tiempo para obtener un total de 90 min observados un periodo de dos horas para el bosque, mientras que en los cultivos se realizaron las observaciones por cuatro personas para tener el mismo tiempo de observación. Se consideró como potenciales polinizadores a todos aquellos visitantes florales que tuvieron contacto con las estructuras masculinas y femeninas de la flor de plantas silvestres y en árboles de *P. americana* var. Méndez. Los

insectos recolectados se preservaron en alcohol al 70% y posteriormente fueron montados e identificados hasta el nivel taxonómico más bajo posible utilizando claves taxonómicas (McGinley 1986, Brown *et al.* 2010, Moissett & Buchmann 2010, Williams *et al.* 2014, Kirk-Spriggs & Sinclair 2017, Skevington *et al.* 2019, Garwood & Jaramillo 2023). Los potenciales polinizadores fueron categorizados en cuatro grandes grupos de insectos: abejas, moscas, avispas y mariposas.

Para la tasa de visita de los polinizadores, en cada transecto se realizaron observaciones directas durante una hora y media en cada uno de los tres períodos de tiempo de colecta de insectos polinizadores. En los transectos del bosque se seleccionaron tres áreas que incluyeron individuos de todas las especies de plantas con flor registradas dentro del transecto. En el cultivo de aguacate en cada transecto se seleccionaron tres árboles y se registraron todos los potenciales polinizadores. Además de cuantificar el número de flores abiertas por individuo de cada especie de plantas con flor.

ANÁLISIS DE DATOS

Ensamble de la comunidad de potenciales polinizadores

Diversidad alfa

Para estimar la diversidad de potenciales polinizadores entre el bosque y las áreas cultivadas, se utilizaron índices de diversidad alfa (α) y beta (β). La diversidad alfa se estimó mediante diversidad verdadera o números de Hill (qD) (Jost 2006, Moreno *et al.* 2011, Jost 2018) mediante la siguiente fórmula:

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

Donde: S= número de especies, P_i = abundancia relativa de la especie i, q = es el orden de diversidad, que define la sensibilidad del índice para las abundancias relativas de las especies. Se consideran tres medidas de diversidad (q_0 = riqueza, q_1 = y q_2) (Jost, 2018): donde q_0 representa la riqueza del ensamblaje, q_1 la abundancia relativa de las especies, y q_2 la dominancia de las especies del ensamblaje.

Curva rango abundancia y abundancias relativas

Para describir la distribución de la abundancia de las especies de potenciales polinizadores se realizó una curva de rango-abundancia para cada condición (Carmona-Galindo & Carmona 2013). Para elaborar la curva de rango abundancia todos los valores fueron transformados a logaritmo base 10. También se calcularon las abundancias relativas de las especies de potenciales polinizadores y de los grupos de insectos (abejas, mariposas, avispas y moscas) de cada condición al dividir la abundancia de cada especie y/o morfo-especies entre la abundancia total. Las abundancias relativas se calcularon con la finalidad de describir la contribución de cada especie y/o morfoespecies a la abundancia total.

Diversidad Beta

Para comparar la similitud del ensamblaje de los potenciales polinizadores entre todas las condiciones se calcularon índices de diversidad beta (Rocha 2013, Rico-Sánchez *et al.* 2014). Se calculó el índice de similitud de Jaccard que compara la presencia y ausencia de las especies entre condiciones (A. Chao *et al.* 2005) mediante la siguiente fórmula:

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde: a = número de especies exclusivas de la comunidad A, b = número de especies exclusivas de la comunidad B, y c = número de especies comunes para ambas comunidades.

También se calculó el índice Bray-Curtis para cuantificar la similitud en riqueza y abundancia de las condiciones de estudio, utilizando la siguiente fórmula (A. Chao *et al.* 2005):

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum(x_i - y_i \cdot)}{\sum(x_i + y_i)}$$

Donde: x_i y y_i = abundancias de las especies compartidas entre condiciones. x_i = abundancia de la especie i en un ensamble 1; y_i = abundancia de la especie i en un ensamble 2.

Las especies de potenciales polinizadores de cada condición fueron separados en grupos de insectos y se calcularon los índices Jaccard y Bray-Curtis para las especies de cada grupo por separado. Los índices Jaccard y Bray-Curtis van de 0 al 1, donde valores cercanos a 1 indican mayor similitud. Todos los índices se calcularon usando Past 4.03 (Hammer, Harper y Ryan 2001). Adicionalmente, para determinar la significancia estadística de los índices de diversidad beta se realizó un Análisis de similitud (ANOSIM) implementado en el paquete “vegan” en la plataforma de programación R ver. 4.3.1.

Tasa de visitas

Se calculó la tasa de visita por hora de observación de los potenciales polinizadores en cada condición y también se calculó la tasa de visita para cada grupo de insectos de cada condición, utilizando la siguiente fórmula:

$$T.V. = (N.V./T.F.A)/T$$

Donde: T.V.= Tasa de Visita, N.V= Número de Visitas totales de cada polinizador y/ o grupo de insectos: T.F.A.= Total de Flores Abiertas de cada especie de planta, T= Tiempo observación en horas.

Para comparar si hubo diferencias en la tasa de visita de los potenciales polinizadores entre condiciones y la tasa de visita de los grupos de insectos entre condiciones, se utilizó un Modelo lineal generalizado. Se utilizó la tasa de visita de los potenciales polinizadores y la tasa de visita de los grupos de insectos como variables independientes y la condición como variable independiente. Se utilizó una distribución gamma con una variable logarítmica asociada y la función ILINK para obtener los valores en la escala original. Todos los análisis se realizaron con el procedimiento GLIMMIX en el programa SAS (ver. 3.81).

Para visualizar la distribución de la tasa de visita de los grupos de insectos se dibujó una red de interacciones utilizando la tasa de visita de los grupos de insectos como magnitud para los enlaces. La red de interacciones se dibujó utilizando la función plotweb del paquete “bipartite” en la plataforma de programación R package versión 4.3.1 (Dormann *et al.*, 2009).

RESULTADOS

Diversidad alfa

En el bosque se registró un total de 31 especies de plantas con flor, clasificadas en 15 familias y 26 géneros (Anexo 1). En áreas cultivadas solo se encontraron individuos de *Persea americana* var. Méndez.

Se registró un total de 110 morfoespecies de polinizadores que pertenecen a cuatro órdenes, 29 familias y 30 géneros (Anexo 2). En el bosque presentó mayor número de familias y géneros de polinizadores (Tabla 2)

Tabla 2. Representación del número de familias y géneros para cada condición.

Registro	bosque	cultivo cercano	cultivo intermedio	cultivo lejano
familia	18	11	17	14
género	16	13	11	11

El índice de diversidad verdadera de los potenciales polinizadores indica que el bosque tuvo la mayor riqueza, abundancia y dominancia (Tabla 3).

Tabla 3. Índices de diversidad verdadera de cada condición

bosque			cultivo cercano			cultivo intermedio			cultivo lejano		
Q0	Q1	Q2	Q0	Q1	Q2	Q0	Q1	Q2	Q0	Q1	Q2
46	10	6	35	3	2	36	2	1	34	2	1

La curva de rango abundancia de las morfoespecies de potenciales polinizadores en el bosque indica que las 10 morfoespecies más abundantes en orden de mayor a menor abundancia fueron: *Deltoptila elephas*, *Apis mellifera*, *Bombus ephippiatus*, *Musidae* 1, *Vespidae* 1, *Mischocyttarus pallidipectorus*, *Syrphide* 1, *Tachinidae_2*, *Deltoptila* 2, *Deltoptila aurolentocaudata*), de las cuales las seis primeras morfoespecies son las dominantes (Figura 2). En cultivo cercano se registraron tres morfoespecies con mayor abundancia: *A. mellifera*, *Syrphidae* 1 y *Muscidae* 1; de las cuales las dos primeras morfoespecies fueron las morfoespecies dominantes. En cultivos intermedios y lejanos *Apis mellifera* y *Muscidae* 1 fueron las morfoespecies más abundantes y *A. mellifera* fue la especie dominante en ambas condiciones (Figura 2). Cabe mencionar que en todas las áreas de cultivo había colmenas manejas de *A. mellifera* a una distancia aproximada de al menos 500 metros o más del área muestreada.

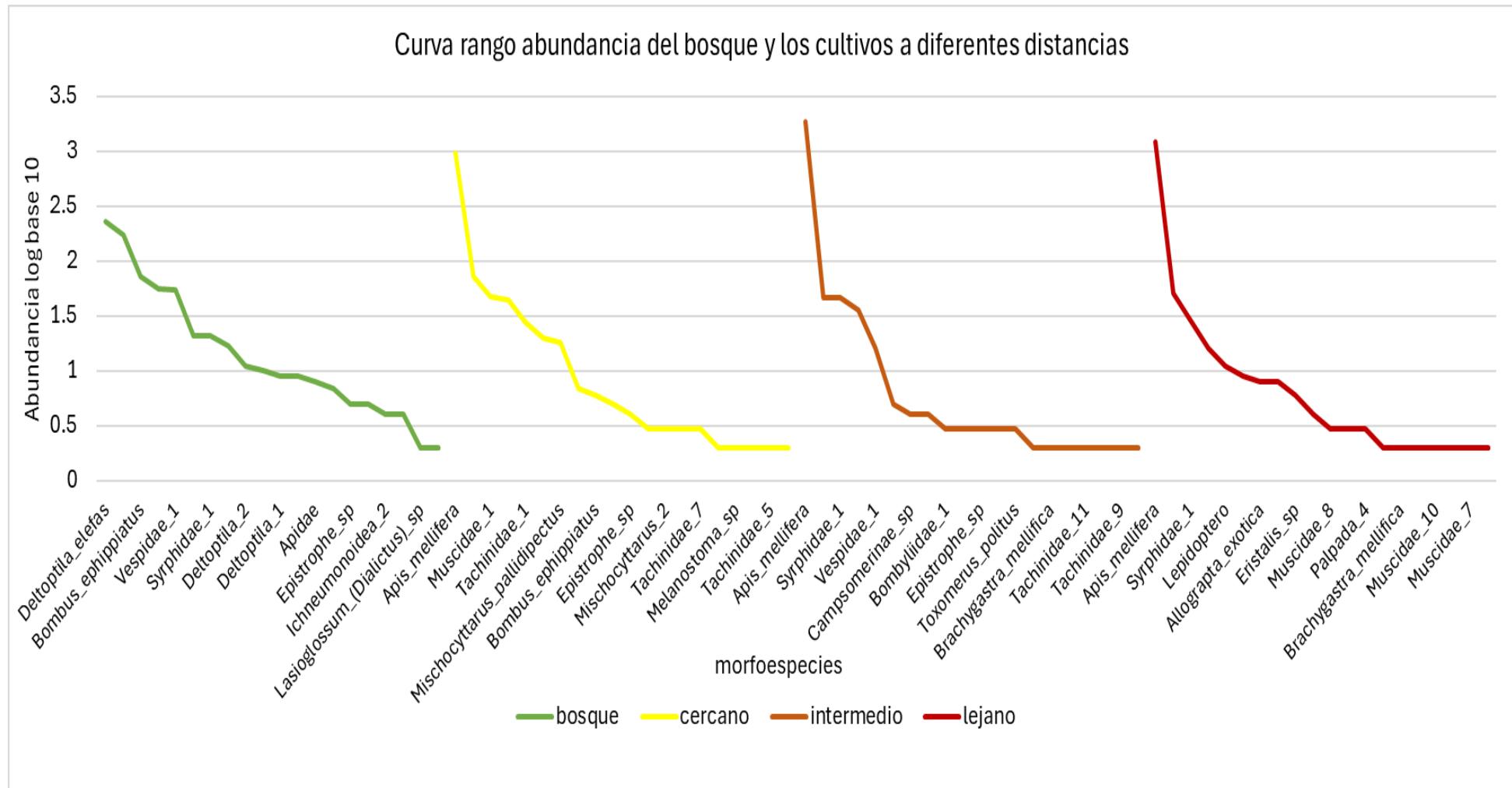


Fig. 2. Curva de rango- abundancia entre el bosque y áreas de cultivo a tres diferentes distancias. Cada color indica una condición diferente: Bosque; verde, Cultivos cercanos; amarillo, Cultivos intermedios; naranja y Cultivos lejanos; rojo.

Abundancia relativa de los grupos de insectos

La abundancia relativa indica que las abejas fueron el grupo de insectos con mayor contribución en todas las condiciones (Figura 3). La abundancia relativa de las abejas aumentó del bosque a los cultivos de aguacate, donde el bosque representa el 71%, seguido de cultivos cercanos (78%), intermedios (90%) y lejanos (87%).

Otros grupos de insectos contribuyeron a la abundancia relativa total de potenciales polinizadores entre condiciones (Figura 3). Estos grupos de insectos tuvieron el mismo orden de mayor a menor abundancia relativa moscas, avispas y mariposas en todas las condiciones (bosque: moscas (17%), avispas (11%), mariposas (0.5%); cultivo cercano, moscas (15%), avispas (7%), mariposas (0.2%); cultivo intermedio, moscas (8.6%), avispas (1.2%), mariposas (0%); cultivo lejano, moscas (9.7%), avispas (2.1%), mariposas (0.8%)).

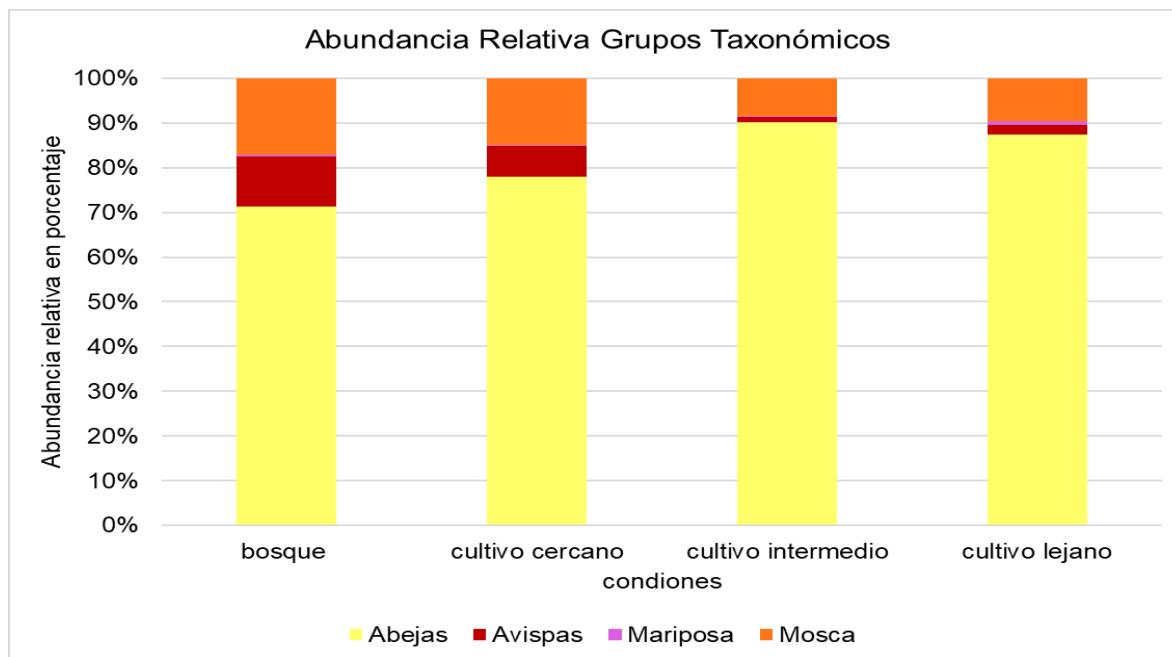


Fig. 3. Abundancia relativa expresada en porcentaje de los grupos abejas, moscas, avispas y mariposas para cada condición de estudio (Bosque, cultivos cercanos, cultivos intermedios y cultivos lejanos). Los grupos de insectos se representan por colores (Abejas; amarillo, Moscas; naranja, Avispas; café y Mariposas; rosa).

Abejas

Cuando se analizó la abundancia relativa de las morfoespecies de potenciales polinizadores de cada grupo de insectos por separado, se encontró que de las 16 morfoespecies de abejas registradas *A. mellifera* estuvo presente en todas las condiciones. Sin embargo, no en todas las condiciones *A. mellifera* tuvo la mayor abundancia relativa. En el Bosque *Deltoptila elefas* representó el 42% de la abundancia relativa total seguido por *Apis mellifera* con el 32% y *Bombus ephippiatus* con el 13%. En el cultivo cercano, intermedio y lejano, *A. mellifera* fue la especie dominante con un 99% de la abundancia relativa total.

Moscas

El grupo de insectos de moscas tuvo 74 morfoespecies registradas. Solamente dos morfoespecies tuvieron la mayor abundancia relativa en todas las condiciones; Muscidae 1 (bosque 43%, cultivo cercano 25%, cultivo intermedio 26%, cultivo lejano 37%) y Syrphidae 1 (bosque 16%, cultivo cercano 37%, cultivo intermedio 26%, cultivo lejano 21%). Otras morfoespecies de moscas dentro del bosque también contribuyeron a la abundancia relativa como, Tachinidae 2 (13%), Tachinidae 1 (6.9%) y Epistrophe (3.8%); en cultivos cercanos, Tachinidae 1 (14%), Palpada 1 (3.6%), *Copestylum violaceum* (2.63%) y Epistrophe (2.10%); cultivos intermedios, Eristalis (20%) y *Allograpta exotica* (2.8%) y en cultivos lejanos las especies *Toxomerus politus* (11%) y *Allograpta exotica* (5.8%).

Avispas

Para avispas, registramos 18 morfoespecies de las cuales solo Vespidae 1 fue la especie con mayor abundancia relativa en tres condiciones: bosque 65%, cultivo cercano 50%, cultivo intermedio 64%, mientras que en cultivos lejanos fue la segunda especie con mayor abundancia relativa con el 27% por debajo de Myzinum 2 que fue la más abundante con el 31% de la abundancia relativa. En el bosque, hubo presencia de otras morfoespecies como *Mischocyttarus pallidipectus* 25%, Ichneumonoidae 4.7% y *Vespa pensylvanica* 2.3%. En los cultivos cercanos, *Vespa pensylvanica* (22%) fué la segunda especie con mayor abundancia relativa y en tercer lugar fue *Mischocyttarus pallidipectus* (20%). En cultivos intermedios

Campsomerinae sp. (16%), *Myzinum* (14%) y *Polybia* sp. (4%) tuvieron la mayor abundancia relativa.

Mariposas

En mariposas, de las tres morfoespecies registradas, la especie *Parides photinus* tuvo 50% de la abundancia relativa en bosques seguido por *Ascia* sp. con 25% y Lepidoptero 1 con el 25%. En zonas de cultivo Lepidoptero 1 tuvo el 100% de abundancia relativa.

Diversidad Beta

Se registraron 15 morfoespecies compartidas del total de morfoespecies registradas en todas las condiciones. El bosque con cultivos cercanos, intermedios y lejanos compartieron cinco morfoespecies.

Los índices de similitud de Jaccard (J) y Bray-Curtis (B) sugieren que el ensamble de potenciales polinizadores del bosque tuvo mayor similitud en riqueza de morfoespecies y abundancia con el cultivo cercano ($J=0.17$, $B=0.33$). Mientras en las áreas de cultivo: el cultivo cercano tuvo mayor similitud en riqueza con el cultivo intermedio ($J=0.18$), y en abundancia la mayor similitud fue en el cultivo lejano ($B=0.80$). El cultivo intermedio tuvo mayor similitud de riqueza y abundancia con el cultivo lejano ($J=0.27$, $B=0.77$) (Figura 4). El análisis de similitud (ANOSIM) basado en el índice Bray-Curtis sugiere que no hay diferencias significativas en el ensamble de los potenciales polinizadores entre las condiciones de análisis ($p=0.17$).

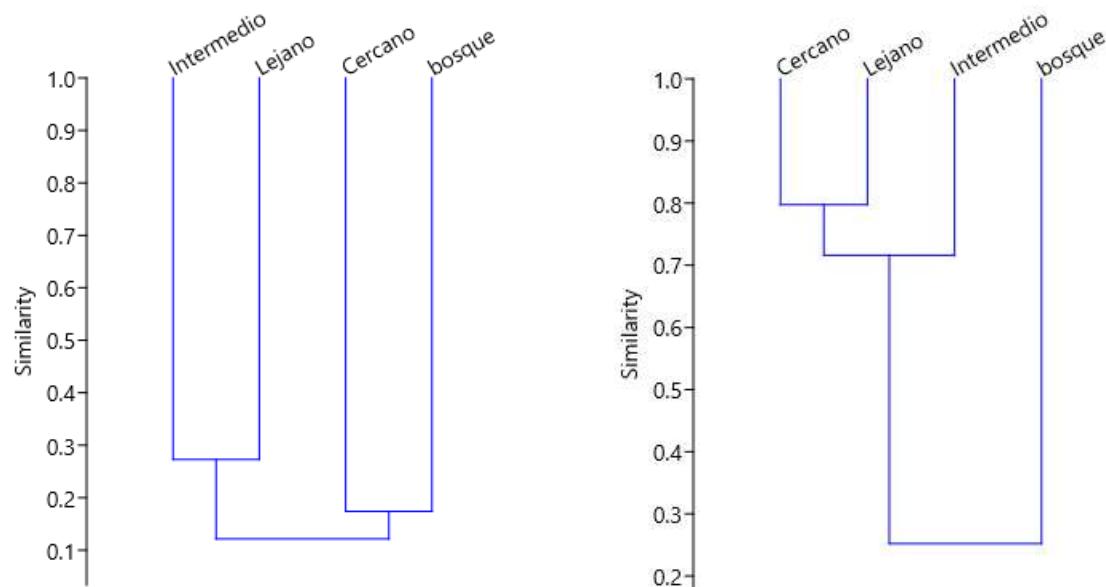


Fig. 4. Dendograma de los Índices de similitud Jaccard y Bray Curtis. La figura de la izquierda representa la similitud de diversidad basada en el índice de Jaccard y del lado derecho el índice de similitud de diversidad de Bray Curtis.

Índices de similitud de grupos de insectos

Abejas

Los índices de similitud de Jaccard (J) y Bray Curtis (B), para cada grupo de insectos, indican que la riqueza de abejas del bosque tuvo valores bajos de similitud con las tres áreas de cultivo ($J=0.13$); mientras que en abundancia el ensamble del bosque tuvo mayor similitud con el cultivo cercano ($B=0.24$). Para las áreas de cultivo: el cultivo cercano tuvo mayor similitud en riqueza con el cultivo intermedio ($J=0.50$) y la abundancia tuvo mayor similitud con el cultivo lejano ($B=0.88$). El cultivo lejano la mayor similitud de riqueza ocurrió con el cultivo cercano e intermedio ($J=0.25$) (Figura 5).

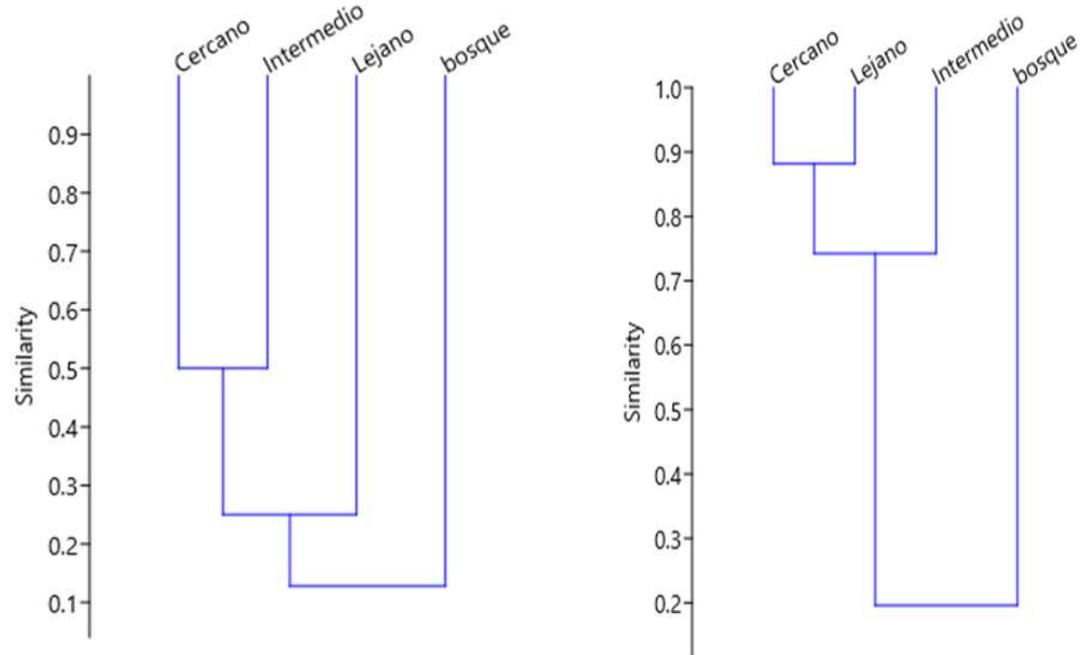


Fig. 5. Índice de similitud de Jaccard y Bray Curtis entre condiciones por grupo de insectos de abejas. La figura del lado izquierdo representa la diversidad de Jaccard y el lado derecho representa la diversidad de Bray Curtis.

Moscas

Cuando analizamos el grupo de moscas, los índices de Jaccard y Bray Curtis indican que el bosque tuvo una baja similitud en riqueza con el cultivo cercano ($J=0.12$) y en abundancia la mayor similitud fue con el cultivo lejano ($B=0.55$). Entre las áreas de cultivo; los índices sugieren que el cultivo cercano tiene una baja similitud en riqueza y abundancia con el cultivo intermedio ($J=0.18$, $B=0.56$) y el cultivo intermedio tuvo una baja similitud en riqueza y abundancia con el cultivo lejano ($J=0.19$, $B=0.61$) (Figura 6).

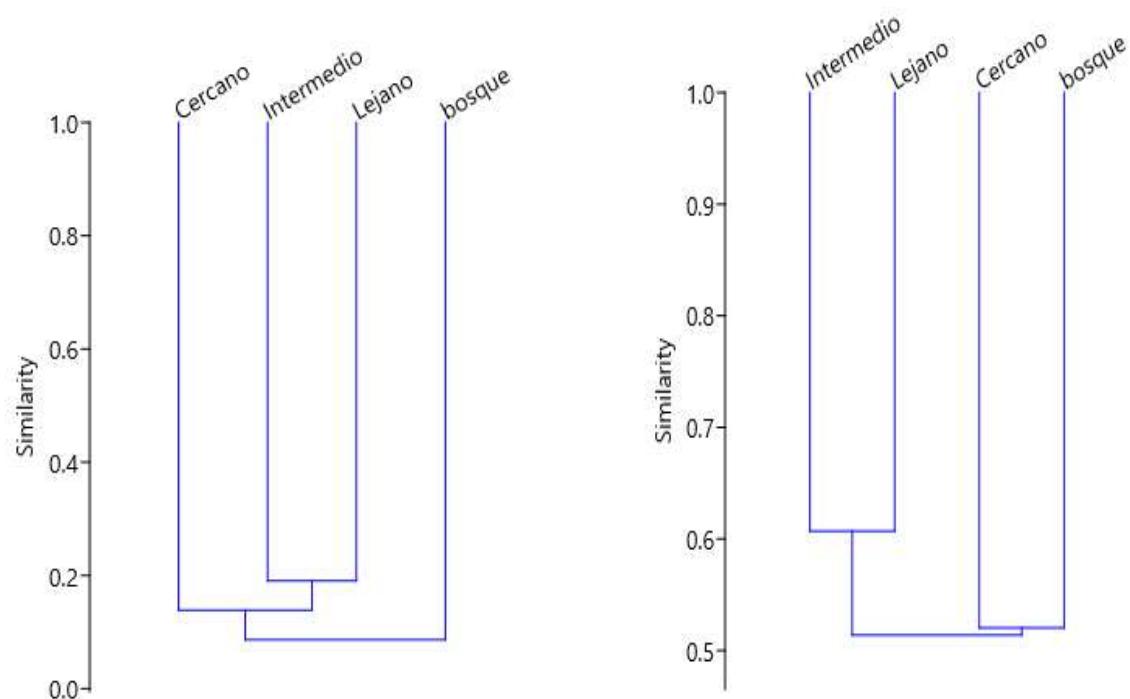


Fig. 6. Índice de similitud de Jaccard y Bray Curtis entre condiciones por el grupo de moscas. La figura del lado izquierdo representa la diversidad de Jaccard y el lado derecho representa la diversidad de Bray Curtis.

Avispas

Para el grupo de avispas, los índices de Jaccard y Bray Curtis sugieren que el bosque y el cultivo cercano tuvieron mayor similitud en riqueza y abundancia ($J=0.44$, $B=0.76$). En las áreas de cultivo: cultivo cercano tuvo una baja similitud en riqueza y abundancia con el cultivo intermedio ($J=0.09$, $B=0.29$) y el cultivo intermedio tuvo mayor similitud en riqueza y abundancia con cultivo lejano ($J=0.5$, $B= 0.48$) (Figura 7).

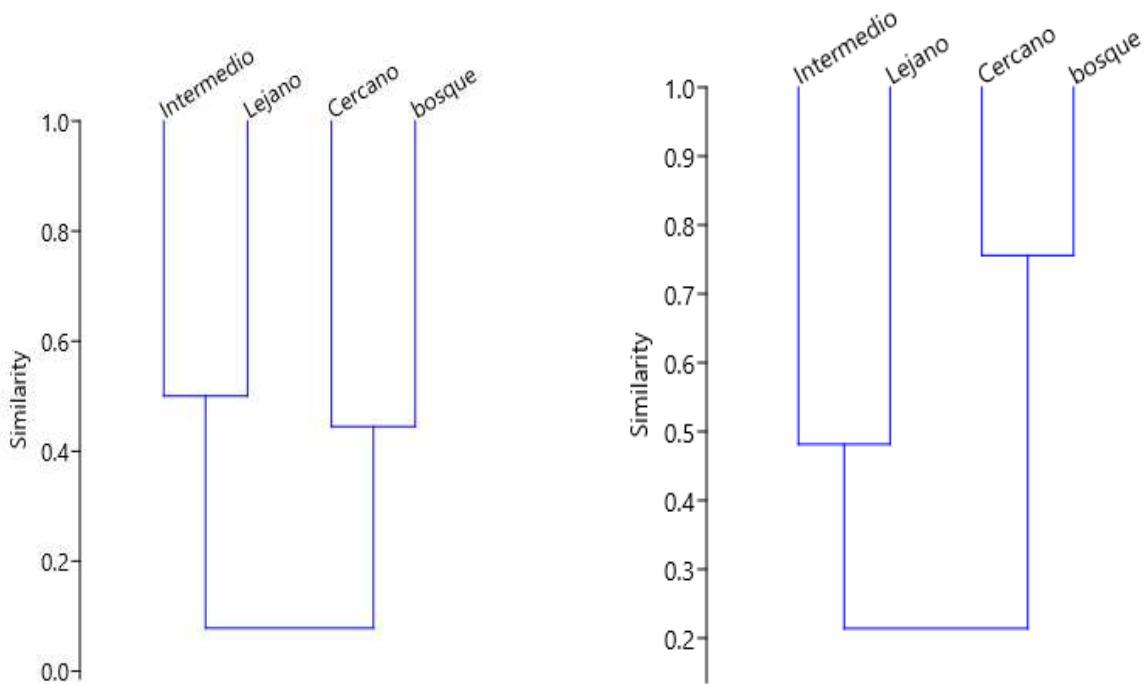


Fig. 7. Índice de similitud de Jaccard y Bray Curtis entre condiciones por grupo de avispas. La figura del lado izquierdo representa la diversidad de Jaccard y el lado derecho representa la diversidad de Bray Curtis.

El análisis de similitud basado en Bray-Curtis (ANOSIM) indica que no hubo diferencias significativas en el ensamble de los grupos de insectos (Abejas $R=0.17$, $P= 0.09$, Avispas $R=-0.01$, $P= 0.49$, Moscas $R=0.09$, $P= 0.24$.) entre condiciones. El análisis para las morfoespecies de mariposas no se realizó debido a que se registraron tres morfoespecies y pocos individuos entre condiciones.

Tasa de visita de los potenciales polinizadores

Registraron un total de 5,481 visitas entre las cuatro condiciones. En el bosque registraron 755 visitas, 1266 en cultivo cercano, 2053 en cultivos intermedios y 1407 visitas en cultivos lejanos.

La tasa de visitas totales en el bosque fue baja (0.025) respecto a las áreas de cultivo, donde el cultivo cercano presentó la mayor tasa de visitas (0.060), seguido del cultivo intermedio (0.056) y el cultivo lejano con 0.050 visitas/flor/hora.

Tasa de visita por grupo de insectos

Cuando se analizó la tasa de visita para cada grupo de insectos, las abejas tuvieron la mayor tasa de visitas en todas las condiciones respecto a las abejas y avispas. Las abejas en el bosque tuvieron mayor tasa de visita (0.035) que en las áreas de cultivo. Entre áreas de cultivo, la mayor tasa de visita ocurrió en cultivos lejanos (0.033), seguido por cultivos intermedios (0.030) y cultivos cercanos (0.023) (Figura 8).

La tasa de visitas de moscas en el bosque fue mayor (0.019) respecto a las áreas de cultivo. El cultivo cercano tuvo la mayor tasa de visita (0.008), seguido que los cultivos lejanos (0.0005) e intermedios (0.004) (Figura 8). Para las avispas, el bosque tuvo mayor tasa de visita (0.0097), y entre áreas de cultivo, la tasa de visita fue mayor en cultivos cercanos (0.0012), seguido del cultivo lejano (0.0003) e intermedio (0.0002) (Figura 8).

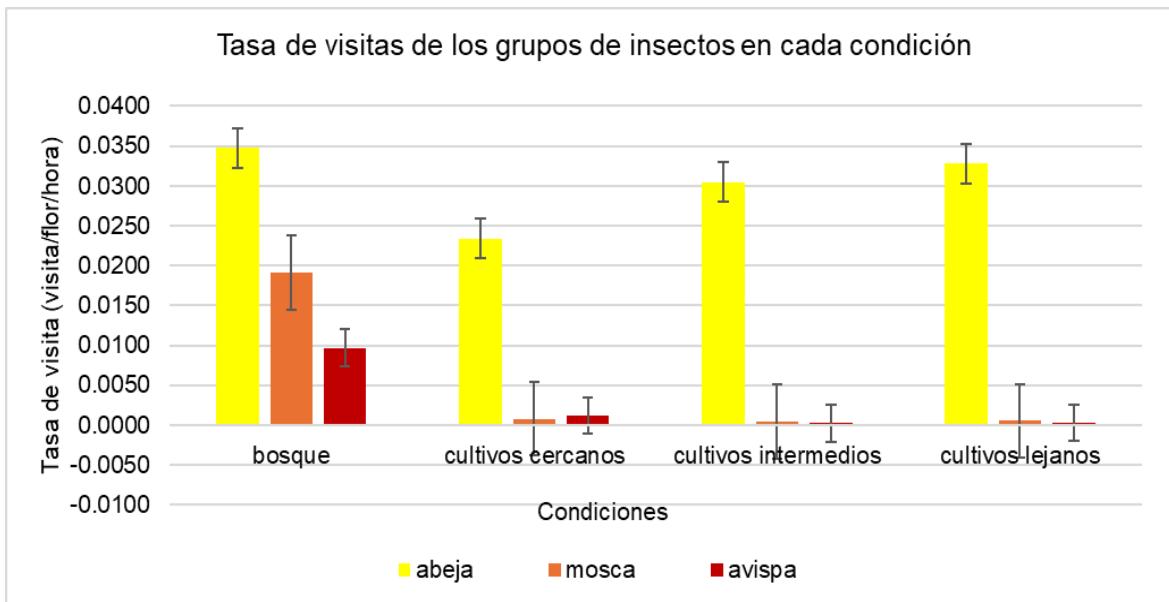


Fig. 8. Tasa de visitas de los grupos de insectos en cada condición expresados en (visita/flor/hora). Los grupos de insectos se representan en colores: Abejas; amarillo, Moscas; naranja y Avispas; café.

El análisis de la tasa de visita de los potenciales polinizadores indica que hubo diferencias significativas entre condiciones ($F_{3,31}=55.19$, $p=<0.0001$). Así mismo, hubo diferencias taxonómicas en la tasa de visita para cada grupo de insectos entre condiciones ($F_{6,31}= 11.76$, $p=<0.0001$). El análisis no se realizó para el grupo de mariposas, ya que el número de muestras fue muy bajo.

En todas las condiciones, las abejas fueron el grupo de insectos con mayor tasa de visitas seguido por moscas y avispas. El bosque tuvo la mayor tasa de visitas seguido por cultivo intermedio, cultivo lejano y cultivo cercano (Figura 9). Excluyendo a la especie *Apis mellifera* de grupo de abejas, se observa que la tasa de visitas entre cultivo es mayor la tasa de visitas en los cultivos intermedios, seguido de los cultivos lejanos y el cultivo cercano (Figura 9).

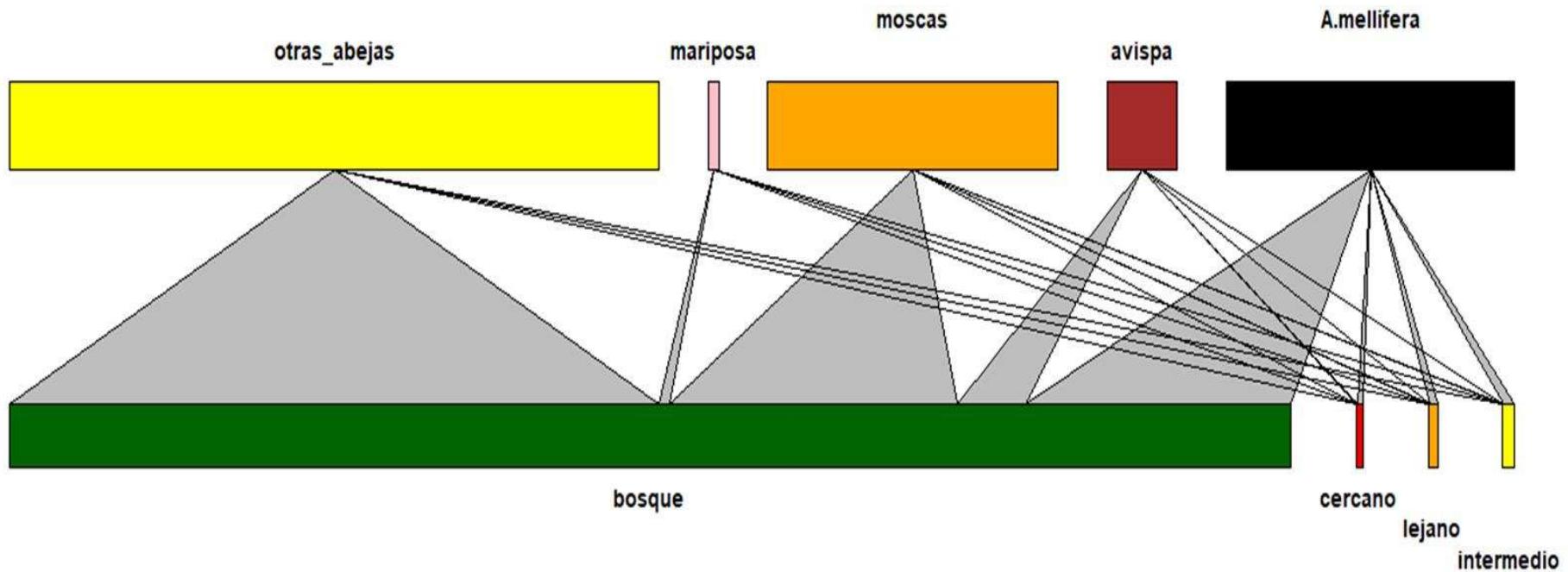


Fig. 9. Red de interacción de tasa de visita de cada condición y grupo de insectos. Las barras de la parte inferior representan las condiciones en diferente color: bosque; verde, cultivo cercano; amarillo, cultivo intermedio; naranja, cultivo lejano; rojo y las barras de la parte inferior representan los grupos de insectos en colores diferentes: otras abejas; amarillo, moscas; naranja, *A. mellifera*; negro, avispas; café y mariposas; rosa. Las líneas de color gris representan las interacciones y su grosor indica la intensidad de la interacción.

DISCUSIÓN

En este estudio se analizó la diversidad de polinizadores en condiciones de bosque y en áreas de cultivo de *Persea americana* ubicados a tres distancias respecto al bosque. Acorde a lo planteado, el bosque tuvo la mayor diversidad de polinizadores. Esta diversidad se redujo en las áreas de cultivo a medida que se aleja del bosque y las áreas de cultivo tuvieron una diversidad similar entre ellas. En cuanto a la tasa de visitas florales, el bosque tuvo menor tasa de visitas que las áreas de cultivo; mientras que, entre las áreas de cultivo, aquellos con mayor cercanía al bosque tuvieron mayor tasa de visitas. En todas las áreas de estudio, las abejas fueron el grupo de insectos con mayor tasa de visita, los principales visitantes en las áreas de cultivo fueron abejas de *Apis mellifera* y en el bosque fueron abejas de la especie *Deltoptila elefas*.

En este estudio los resultados sugieren que la diversidad de polinizadores se redujo gradualmente del bosque a las áreas de cultivo de *Persea americana* más alejadas de las zonas de bosque. El análisis de similitud de Bray-Curtis y Jaccard sugiere que el bosque y el cultivo cercano tuvieron mayor similitud entre ellos que con cultivos a una distancia intermedia y lejana, sin embargo, este resultado no tuvo significancia estadística. Resultados similares han sido descritos en cultivos como el mango y café, en los que se ha sugerido que parches, fragmentos y áreas naturales tienen mayor diversidad de polinizadores que las áreas de cultivo (Carvalheiro *et al.* 2010, Banks *et al.* 2013, Bravo-Monroy *et al.* 2015, Severiano-Galeana *et al.* 2024). Algunos estudios en plantas cultivadas dependientes de polinizadores como el café y el mango han descrito resultados similares en distancias que van desde los 50, 100, 500 y 2000 metros respecto a las áreas naturales (Carvalheiro *et al.* 2010, Banks *et al.* 2013, Bravo-Monroy *et al.* 2015, Severiano-Galeana *et al.* 2024). Esta reducción de la diversidad de polinizadores también ha sido asociada a la disminución del número y calidad de frutos o semillas de plantas cultivadas dependientes de polinizadores como lo es *P. americana* (Bommarco *et al.* 2012, Bravo-Monroy *et al.* 2015).

El análisis de diversidad para cada grupo de insectos sugiere que, entre las morfoespecies de abejas, *A. mellifera*, representa el 99% de la abundancia relativa de las áreas cultivadas y apenas el 64% en áreas de bosque. *A. mellifera* es una especie de abeja introducida, que tiene poblaciones ferales en todo México (De Jesús Aguilar-Aguilar *et al.* 2024), las variedades africanizadas se han naturalizado exitosamente con amplia distribución en áreas naturales, áreas agrícolas y en áreas urbanas de México (Hung *et al.*, 2018, Cortés-Flores *et al.* 2023, Balvino-Olvera *et al.* 2024, De Jesús Aguilar-Aguilar *et al.* 2024). En el estudio de Bravo-Monroy *et al.* (2015), obtuvieron resultados similares a este estudio en cultivos de café, donde la diversidad de polinizadores en áreas de cultivos cercanas a un área de bosque tuvo menor abundancia de *A. mellifera* y en cultivos lejanos la abundancia fue mayor. Es posible que las áreas de cultivo a mayor distancia del bosque se encuentren rodeadas de una matriz de paisaje dominada por monocultivos, lo que implica menor diversidad de recursos florales que reducen la abundancia de polinizadores (Balvino-Olvera *et al.* 2024, Tsang *et al.* 2025).

Por otro lado, las abejas nativas no se encontraron en todas las áreas de estudio. Por ejemplo, *Deltoptila elefas* y *Bombus ephippiatus* fueron especies muy abundantes en el bosque y solamente *B. ephippiatus* estuvo compartida entre el bosque y el cultivo cercano; mientras que *D. elefas* solo estuvo presente en el bosque. *Bombus ephippiatus* en condiciones naturales anida en el suelo, es una especie eusocial, cuya época reproductiva va de los meses de diciembre a enero y de junio a julio. El cultivo de *P. americana* var. Méndez florece en los meses de septiembre y octubre, momento en el cual las abejas obreras de *Bombus ephippiatus* eclosionan. La fase adulta de *B. ephippiatus* traslapa con el tiempo de floración de *P. americana* var. Mendez, esto podría favorecer que *B. ephippiatus* contribuya a la polinización del aguacate (Fuentes-Montemayor *et al.* 2003, SEMARNAT 2023). Esta especie de abejorro, que está distribuida en todo México, es de gran importancia ecológica y económica, al ser clave para la polinización de plantas silvestres y cultivadas. En la actualidad *B. ephippiatus* es manejado para la polinización de cultivos de chile, tomate, frambuesa, manzana, etc (Vergara & Fonseca-Buendía 2012, Cerna Chávez *et al.* 2015, Nayak *et al.* 2020, Stern *et al.*

2021). También, se ha sugerido que algunas especies del género *Bombus* pueden contribuir al incremento del rendimiento del cultivo de aguacate (Stern *et al.* 2021). Por tanto, esta abeja puede jugar un papel muy importante como proveedor de servicios ecosistémicos.

Las especies de abejas del género *Deltoptila* están muy asociadas a condiciones naturales de alta montaña en bosques de pino, encino y bosques de niebla con elevaciones mayores a los 2000 msnm (Ayala, 2018). Sin embargo, para *D. elefas* no hay información relacionada a su ciclo de vida, por lo que se puede asumir que es una especie susceptible a la fragmentación del hábitat o que utiliza recursos florales diferentes al aguacate. Otras abejas nativas que se han considerado potenciales polinizadores de diversos cultivos como el aguacate son las abejas sin aguijón (Cauich *et al.* 2004, Quezada-Euán 2009, Villanueva-Espino 2020 datos no publicados, Sibaja *et al.* 2021). Las abejas sin aguijón se distribuyen en diferentes elevaciones, por ejemplo, en México en el estado de Oaxaca se han registrado abejas sin aguijón a elevaciones que van desde los 853 msnm a los 1181 msnm (Vásquez-García *et al.*, 2021), otro país como Costa Rica se han registrado desde 200 msnm a 1400 msnm (Ortiz-Mora *et al.* 1995). En este estudio se registraron dos especies de abejas sin aguijón; *Melipona colimana*, que tiene registro en Jalisco a una altitud de 1500 msnm (Macías-Macías *et al.* 2014), en este estudio *M. colimana* se registró únicamente en el bosque a una elevación de 2679 msnm, se considera una especie susceptible a la fragmentación del hábitat, debido a su anidación que es principalmente en árboles vivos como árboles del género *Quercus* que se encuentran en el área de bosque circundante al Parque Nacional Nevado de Colima (Macías-Macías *et al.* 2014; Quezada-Euán 2018, Cab-Baqueiro *et al.* 2021). La otra especie registrada fue *Nannotrigona perilampoides* en cultivos cercanos e intermedios, los cultivos se encuentran a mayor elevación (Tabla 1) que las registradas para las abejas sin aguijón. Este resultado sugiere que el desplazamiento de las abejas sin aguijón registradas en este estudio no se limita a la elevación de los sitios, si no a la distancia de las áreas de bosque. Por esta razón el bosque ofrece una mayor diversidad de árboles para construir nidos, y consecuentemente, al moverse a las áreas de cultivo favorecen el incremento del

servicio de polinización a plantas cultivadas como el aguacate, anudo a que las flores pequeñas de *P. americana* se acoplan con su tamaño pequeño facilitando la obtención de recursos florales (Araújo *et al.*, 2004).

Otros grupos de insectos, como moscas y avispas, tuvieron mayor riqueza y menor abundancia en áreas de cultivo que en el bosque. Las moscas tuvieron una reducción de la abundancia relativa del 2% en cultivos cercanos, 8.4% cultivos intermedios y 7.3% en cultivos lejanos respecto al bosque. Para las avispas se encontró un patrón similar en el que la abundancia relativa se reduce del bosque a las áreas de cultivo (cultivos cercanos 4%, cultivos intermedios 9.8% y cultivos lejanos 8.9%). Este patrón en la riqueza y abundancia puede estar asociado a la morfología de moscas y avispas. Por ejemplo, moscas de la familia Syphidae fueron registradas en todas las condiciones, que se caracteriza por tener un tamaño que va de 4 a 25 mm (Sarmiento Cordero *et al.*, 2010) y un aparato bucal corto (Zamora-Carrillo *et al.* 2011). Estas características les facilita consumir néctar y polen de flores de tamaño pequeño como las de aguacate que miden aproximadamente 1 cm de diámetro (Wysoki *et al.* 2002; Jiménez-Mais, 2016). Además, los Syrphidae presentan numerosas vellosidades en el cuerpo que permiten el transporte de polen (Ssymank *et al.* 2008). La alta disponibilidad de flores de aguacate (>1 millón de flores por árbol) podría favorecer mayor riqueza de moscas que son atraídas por la abundancia de recursos florales en las zonas de cultivo (Sarmiento Cordero *et al.* 2010). Un género de mosca que fue registrada únicamente en el bosque, cultivo cercano e intermedio fue *Epistrophe sp.* El género *Epistrophe sp.* durante la fase larvaria se alimenta principalmente de pulgones, mientras que en la fase adulta se alimenta de néctar y polen (Rotheray & Gilbert, 2011, Láska *et al.* 2013, Skevington *et al.* 2019). Las hembras depositan sus huevos en lugares donde se encuentren recursos necesarios para su desarrollo (colonias pulgonas, polen y néctar). Además, se ha descrito que se alimenta de algunas especies de pulgones que son considerados plagas en diversos cultivos como los manzanos (Miñarro & Dapena 2011); por tanto, esté género, además de ser un potencial polinizador de *P. americana* en su fase adulta, también puede fungir como controlador de plagas durante la fase larvaria. Otras morfoespecies de moscas de la familia Tachinidae,

también estuvieron presentes en todas las condiciones, esta familia se caracteriza por ser parasitoide de insectos, lo que hace que esta familia se considere como controladores biológicos de cultivos. Además, igual que los sírfidos, esta familia presenta especies que fungen como polinizadores en la fase adulta, al buscar flores para libar néctar (Mulieri *et al.* 2023). Por su función en el control de plagas y la polinización, las moscas que visitan flores juegan un papel importante en áreas de cultivo de *P. americana*.

Las avispas fueron el grupo de insectos que presentó menor diversidad de morfoespecies en todas las condiciones. Una de las familias con mayor abundancia fue Vespidae, principalmente de las subfamilias Vespinae y Polistinae. Especies de la subfamilia Polistinae se distribuyen principalmente en la región del Neotrópico y se consideran cosmopolitas (Carpenter 1982), se caracterizan por tener un comportamiento eusocial y por la construcción de nidos complejos formado por celdas para el cuidado de sus crías (Carpenter & Marques 2001). Especies de la subfamilia Polistinae tienen una dieta basada principalmente en el consumo de presas como trips, moscas y larvas de insectos y complementan su dieta con néctar y polen (Tellería 1996, Carpenter & Marques 2001). En este estudio registramos especies de avispas del género *Mischocyttarus* y *Polistes* alimentándose de néctar y polen, por lo que al igual que las moscas estas pueden tener una doble función en controlar plagas y polinizar los cultivos de aguacate (Souza & Pezoto 2006). En estudios relacionados con los potenciales polinizadores del aguacate se ha documentado la presencia de especies de avispas como *Brachygastra mellifica*, *Mischocyttarus sp.*, y *Polistes sp.* y estas se han considerado potenciales polinizadores (Villanueva-Espino 2020 datos no publicados, Dymond *et al.* 2021, Carabali-Banguero *et al.* 2020, Muñoz *et al.* 2023). En otro estudio, Prezoto y Clemente en 2010 al analizar el número de nidos de avispas sociales y solitarias sugieren que los bosques naturales son fundamentales para la conservación de avispas, ya que se encuentran sitios propicios para la construcción de nidos. Por lo que, la presencia de especies registradas en este estudio puede favorecer su ciclo de vida en el área de bosque y forrajar en los cultivos cercanos al área natural.

Aunque el análisis de similitud no mostró diferencias significativas en la diversidad de polinizadores entre condiciones, la identidad de las especies de polinizadores observados en áreas de cultivo, así como su historia natural, sugieren que algunas especies requieren recursos específicos en distintas etapas de su ciclo de vida. Por estas razones, solo el bosque puede ofrecer la gama de recursos que favorecen la reproducción y una dieta más diversa para asegurar la permanencia y salud de las especies de polinizadores.

Cuando cuantificamos la tasa de visitas de cada grupo de insectos, las abejas contribuyen de manera diferencial en cada condición, mientras que las moscas y avispas contribuyen con tasas de visita similares en todas las condiciones. El bosque fue la condición con mayor tasa de visita de los grupos de insectos. El grupo de abejas tuvo mayor tasa de visitas en cultivos lejanos este resultado se asoció que *A.mellifera* fue la única especie de abeja registrada, aunado a la implementación de cajas apícolas lo que favorece el aumento de tasa de visitas de *A. mellifera*. Otros grupos como moscas y avispas en las condiciones de cultivo tuvieron mayor tasa de visitas en cultivos cercanos, por lo que se puede sugerir que las moscas y avispas pueden moverse del bosque al cultivo cercano para aprovechar los recursos florales que ofrece *P. americana*.

Los resultados de este estudio apoyan la hipótesis de que las áreas de bosque son fuente de potenciales polinizadores para plantas cultivadas como *P. americana*. Los grupos de insectos requieren de la presencia de áreas naturales que ofrezcan las condiciones necesarias para completar los ciclos de vida. Sin embargo, para la mayoría de las especies de polinizadores hay poca información de su historia natural y en su mayoría se desconoce cuáles son las áreas de anidamiento y el uso de recursos florales disponibles a lo largo del año. Generar información de la historia natural de los polinizadores permitirá diseñar e implementar estrategias de conservación y manejo a largo plazo de las diferentes especies de polinizadores asociados a los cultivos dependientes de polinizadores.

Aunque nuestros sitios de estudio tuvieron diferente elevación debido a la orografía se los sitios, el diseño experimental planteado se ajusta al bosque

protegido y cultivos disponibles en el área ubicada en las faldas del Volcán Nevado de Colima. En la literatura, se ha documentado que la diversidad de visitantes florales, como insectos polinizadores, tiende a disminuir con el aumento de la altitud debido a factores como; la menor disponibilidad de recursos florales, condiciones microclimáticas más extremas y limitaciones fisiológicas de los insectos (Rahbek, 1995; Hoiss et al., 2012; Körner, 2007). Sin embargo, en este estudio, se observó que los cultivos más cercanos al bosque, que se encuentran a mayor altitud (Tabla 1), presentaron una mayor riqueza de potenciales polinizadores en comparación con los cultivos (Tabla 2). Este patrón contrasta con lo esperado si la altitud fuera el factor principal, de acuerdo con la literatura, deberíamos observar una disminución en riqueza a mayor altitud. Por lo tanto, nuestros resultados sugieren que la proximidad al bosque es un factor más influyente que la altitud en la estructuración de las comunidades de visitantes florales en este sistema

Con este estudio se espera fomentar la valoración ecológica de los polinizadores, para posteriormente tomar acciones en la preservación de áreas naturales y el servicio de polinización. La Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores propone como uno de sus objetivos incrementar la producción de alimentos en un 45% para el 2030 sin incrementar la deforestación de las áreas naturales (ENCUSP 2021). Es fundamental comprender cómo responden los polinizadores a los cambios en el paisaje y cómo estos cambios afectan la productividad de los cultivos (Kremen et al. 2007). Al involucrar la importancia de los ciclos de vida de los potenciales polinizadores del aguacate nos permitirá preservar áreas naturales para la supervivencia de estos, además de fomentar estrategias óptimas para el incremento de la producción del aguacate.

CONCLUSIONES GENERALES

De acuerdo con los objetivos de este estudio, el ensamble de potenciales polinizadores difiere entre áreas de bosque y cultivo: donde el bosque tuvo mayor riqueza y tasa de visitas de polinizadores que las áreas de cultivo. La diversidad de polinizadores no mostró diferencias significativas entre el bosque y los cultivos a diferentes distancias. Sin embargo, la identidad de los polinizadores fue distinta entre el bosque y los cultivos, siendo *Apis mellifera* la especie con mayor dominancia en áreas de cultivo, mientras que en el bosque la especie con mayor dominancia fue la especie de abeja nativa *D. elefas*. La tasa de visitas tuvo diferencias significativas entre los potenciales polinizadores y a nivel de grupos de insectos. Los resultados de este estudio también sugieren que hay movilidad de especies de polinizadores entre áreas de cultivo de *P. americana* y el bosque, ya que la tasa de visitas de las áreas de cultivo fue mayor en cultivos cercanos al bosque. Por otra parte, los cultivos de *P. americana* tienen una ventana de tiempo limitado en floración (Riggi *et al.*, 2023), mientras que el área de bosque proporciona refugio y valiosos recursos florales a lo largo del año que benefician a la diversidad de polinizadores. Finalmente, la diversidad de polinizadores sugiere que los son grupos de insectos abejas, moscas y avispas se encuentran especies que son controladores de plagas y que además pueden estar realizando el servicio de polinización tanto en áreas de cultivo como en áreas de bosque.

Literatura Citada

- Abrahamczyk, S., Wohlgemuth, T., Nobis, M., Nyffeler, R., & Kessler, M. 2020. Shifts in food plant abundance for flower-visiting insects between 1900 and 2017 in the canton of Zurich, Switzerland. *Ecological Applications*, 30(6). <https://doi.org/10.1002/eap.2138>
- Acosta, A., & Gutiérrez, A. 2020. Floral visitors of avocado (*Persea americana* Mill.) in an urban area in La Habana, Cuba. *Acta Botánica Cubana*, 1, 1–7.
- Aizen, M. A., Vázquez, D. P., & Smith-Ramírez, C. 2002. Historia natural y conservación de los mutualismos planta-animal del bosque templado de Sudamérica austral. *Revista Chilena De Historia Natural*, 75(1). <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2002000100008>
- Alarcón-Cháires, P. 2020. Aguacate: El desierto verde mexicano. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/538901/15_AGUACATE_si_n.pdf
- Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y., & Müller, C. B. 2012. Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 279(1748), 4845–4852. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1621>
- Alcaraz, M. L. 2009. Biología reproductiva del aguacate (*Persea americana* Mill.). Implicaciones para optimización del cuajado. Universidad de Málaga
- Amiri, E., Abou-Shaara, H., & McAfee, A. 2024. The effect of major abiotic stressors on honey bee (*Apis mellifera* L.) queens and potential impact on their progeny. *Apidologie*, 56(1). <https://doi.org/10.1007/s13592-024-01133-0>
- Araújo, E. D., Costa, M., Chaud-Netto, J., & Fowler, H. G. 2004. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): inference of flight range and possible ecological implications. *Brazilian Journal of Biology*, 64(3b), 563–568. <https://doi.org/10.1590/s1519-69842004000400003>

- Ashworth, L., Quesada, M., Casas, A., Aguilar, R., & Oyama, K. 2009. Pollinator-dependent food production in Mexico. *Biological Conservation*, 142(5), 1050–1057. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.016>
- Ayala, R. 2018. Las abejas del género Deltoptila (Apidae: Apinae). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/327120960_Las_abejas_del_genero_Deltoptila_Apidae_Apinae
- Balvino-Olvera, F. J., Olivares-Pinto, U., González-Rodríguez, A., Aguilar-Aguilar, M. J., Ruiz-Guzmán, G., Lobo-Segura, J., Cortés-Flores, J., Cristobal-Perez, E. J., Martén-Rodríguez, S., Patiño-Conde, V., & Quesada, M. 2024. Effects of floral resources on honey bee populations in Mexico: Using dietary metabarcoding to examine landscape quality in agroecosystems. *Ecology and Evolution*, 14(6). <https://doi.org/10.1002/ece3.11456>
- Banks, J. E., Hannon, L., Hanson, P., Dietsch, T., Castro, S., Urena, N., & Chandler, M. 2013. Effects of proximity to forest habitat on hymenoptera diversity in a Costa Rican coffee agroecosystem. *The Pan-Pacific Entomologist*, 89(1), 60–68. <https://doi.org/10.3956/2012-28.1>
- Benjamin, F. E., Reilly, J. R., & Winfree, R. 2013. Pollinator body size mediates the scale at which land use drives crop pollination services. *Journal of Applied Ecology*, 51(2), 440–449. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12198>
- Blanche, R., & Cunningham, S. A. 2005. Rain forest provides pollinating beetles for atemoya crops. *Journal of Economic Entomology*, 98(4), 1193–1201. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-98.4.1193>
- Botías, C., & Sánchez-Bayo, F. 2018. The role of pesticides in pollinator declines. *Ecosistemas*, 27(2), 34–41. <https://doi.org/10.7818/ecos.1314>
- Bravo Espinoza, M., Sánchez Pérez, J., Vidales Fernández, J. A., Sáenz Reyes, J. T., Chávez León, J. G., Madrigal Huendo, S., Muñoz Flores, H. J., Tapia Vargas, L. M., Orozco Gutiérrez, G., Alcántar Rocillo, J. J., Vidales Fernández, I., & Venegas González, E. 2009. Impactos ambientales y socioeconómicos del cambio de uso del suelo forestal a huertos de aguacate

en Michoacán (2.a ed., Vol. 2). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Bravo-Monroy, L., Tzanopoulos, J., & Potts, S. 2015. Ecological and social drivers of coffee pollination in Santander, Colombia. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 211, 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.06.007>

Brown B. V, Borkent A., Cumming J. M., Wood D. M., Woodley N. E., and Zumbado M. A. 2010. Manual of Central American Diptera: Volume 2. NRC Research Press

Cab-Baqueiro, S., Ferrera-Cerrato, R., Quezada-Euán, JJ, Moo-Valle, H., & Vargas-Díaz, AA. 2021. Sustratos de nidificación y densidad de nidos de abejas sin aguijón en la Reserva de la Biosfera de los Petenes, México. *Acta Biológica Colombiana*, 27 (1). <https://doi.org/10.15446/abc.v27n1.88381>

Can-Alonso, C., Quezada-Euán, J. J. G., Xiu-Ancona, P., Moo-Valle, H., Valdovinos-Núñez, G. R., & Medina-Peralta, S. 2005. Pollination of ‘criollo’ avocados (*Persea americana*) Tolediand the behavior of associated bees in subtropical Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 44(1), 3–8. <https://doi.org/10.1080/00218839.2005.11101138>

Catalogue of life. (n.d.). Diptera species data. Retrieved (2024-08-29), from <https://www.catalogueoflife.org>

Carabalí-Banguero, D., Montoya-Lerma, J., & Carabalí-Muñoz, A. (2018). Dípteros asociados a la floración del aguacate *Persea americana* Mill cv. Hass en Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 19(1), 92–111. <https://doi.org/10.21068/c2018v19n01a06>

Carabali-Banguero, D., Montoya-Lerma, J., & Carabalí-Muñoz, A. 2020. Cargas polínicas en entomofauna visitante floral de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass. *Caldasia*, 42(1), 105–114. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v42n1.77136>

Carmona-Galindo, V. D., & Carmona, T. V. 2013. La diversidad de los análisis de diversidad La diversidad de los análisis de diversidad [The Diversity of

Diversity Analyses]. Biology Faculty Works.
https://digitalcommons.lmu.edu/bio_fac/28/

Carpenter, J. M. 1982. The phylogenetic relationships and natural classification of the Vespoidea (Hymenoptera). *Systematic Entomology*, 7(1), 11–38.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-3113.1982.tb00124.x>

Carpenter, J. M., & Marques, O. M. 2001. Contribuição ao estudo dos vespídeos do Brasil (Insecta, Hymenoptera, Vespoidea, Vespidae) [CD-ROM]. Universidade Federal da Bahia, Escola de Agronomia, Departamento de Fitotecnia / Mestrado em Ciências Agrárias.

Carvalheiro, L. G., Seymour, C. L., Veldtman, R., & Nicolson, S. W. 2010. Pollination services decline with distance from natural habitat even in biodiversity-rich areas. *Journal of Applied Ecology*, 47(4), 810–820.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01829.x>

Cauich, O., Quezada-Euán, J. J. G., Macias-Macias, J. O., Reyes-Oregel, V., Medina-Peralta, S., & Parra-Tabla, V. 2004. Behavior and Pollination Efficiency of *<I>Nannotrigona perilampoides</I>* (Hymenoptera: Meliponini) on Greenhouse Tomatoes (*<I>Lycopersicon esculentum</I>*) in Subtropical México. *Journal of Economic Entomology*, 97(2), 475–481.
<https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.2.475>

Cerna Chávez, Ernesto, Lara Sánchez, Edgar Daniel, Ochoa Fuentes, Yisa, Hernández Bautista, Omegar, Aguirre Uribe, Luis Alberto, Landeros Flores, Jerónimo, Flores Canales Ricardo. Comparación de cuatro especies entomófilas sobre parámetros agronómicos del fruto de tomate de invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas [en línea]*. 2015, (11), [fecha de Consulta 31 de enero de 2025]. ISSN: 2007-0934. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263138103024>

Chao, A., Chazdon, R. L., Colwell, R. K., & Shen, T.-J. 2005. A new statistical approach for assessing similarity of species composition with incidence and

abundance data. *Ecology Letters*, 8, 148–159. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2004.00707.x>

Chaplin-Kramer, R., Dombeck, E., Gerber, J., Knuth, K. A., Mueller, N. D., Mueller, M., Ziv, G., & Klein, A. 2014. Global malnutrition overlaps with pollinator-dependent micronutrient production. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 281(1794), 20141799.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2014.1799>

Cho, K., Goldstein, B., Gounaris, D., & Newell, J. P. (2020). Where does your guacamole come from? Detecting deforestation associated with the export of avocados from Mexico to the United States. *Journal of Environmental Management*, 278, 111482.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111482>

Cook, D. F., Voss, S. C., Finch, J. T. D., Rader, R. C., Cook, J. M., & Spurr, C. J. 2020. The Role of Flies as Pollinators of Horticultural Crops: An Australian Case Study with Worldwide Relevance. *Insects*, 11(6), 341. <https://doi.org/10.3390/insects11060341>

Corella Saborío, M. F. 2015. Agroforestería y biodiversidad: La importancia de los sistemas agroforestales en la conservación de especies. *Artículos Científicos*, 19(1), 1–4.

Cortés-Flores, J., Lopezaraiza-Mikel, M., De Santiago-Hernández, M. H., Martén-Rodríguez, S., Cristóbal-Pérez, E. J., Aguilar-Aguilar, M. J., Balvino-Olvera, F. J., Delgado-Carrillo, O., Sayago, R., Fuchs, E. J., Sanchez-Montoya, G., & Quesada, M. 2023. Successional and phenological effects on plant-floral visitor interaction networks of a tropical dry forest. *Journal of Ecology*, 111(4), 927–942. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14072>

Coudrain, V., Rittiner, S., Herzog, F., Tinner, W., & Entling, M. H. 2015. Landscape distribution of food and nesting sites affect larval diet and nest size, but not abundance of *Osmia bicornis*. *Insect Science*, 23(5), 746–753. <https://doi.org/10.1111/1744-7917.12238>

Cuartas-Hernández, S. E., & Medel, R. 2015. Topology of Plant - Flower-Visitor Networks in a tropical mountain forest: Insights on the role of altitudinal and temporal variation. PLOS ONE, 10(10), e0141804. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0141804>

Davenport, T. L. 2019. Cross- vs. self-pollination in 'Hass' avocados growing in coastal and inland orchards of Southern California. *Scientia Horticulturae*, 246, 307–316. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.051>

De Jesús Aguilar-Aguilar, M., Lobo, J., Cristóbal-Pérez, E. J., Balvino-Olvera, F. J., Ruiz-Guzmán, G., Quezada-Euán, J. J. G., & Quesada, M. 2024. Dominance of African racial ancestry in honey bee colonies of Mexico 30 years after the migration of hybrids from South America. *Evolutionary Applications*, 17(6). <https://doi.org/10.1111/eva.13738>

De la Peña Alonso, E., Pérez Méndez, V., Alcaraz, L., Lora, J., Larrañaga, N., Hormaza, I. 2017. Pollinators and pollination in subtropical fruit crops: management and implications for conservation and food-security. *Ecosistemas*, 27(2), 91–101. <https://doi.org/10.7818/ecos.1480>

Delgado-Carrillo, O., Martén-Rodríguez, S., Ashworth, L., Aguilar, R., Lopezaraiza-Mikel, M., & Quesada, M. 2018. Temporal variation in pollination services to *Cucurbita moschata* determined by bee gender and diversity. *Ecosphere*, 9(11). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2506>

Delgado-Carrillo, O., Martén-Rodríguez, S., Ramírez-Mejía, D., Novais, S., Quevedo, A., Ghilardi, A., Sayago, R., Lopezaraiza-Mikel, M., Pérez-Trujillo, E., & Quesada, M. 2024. Pollination services to crops of watermelon (*Citrullus lanatus*) and green tomato (*Physalis ixocarpa*) in the coastal region of Jalisco, Mexico. PLoS ONE, 19(7), e0301402. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0301402>

Díaz Castellanos, R. 2021. mercado mundial de aguacate: 60 años del liderazgo de México y su impacto en la próxima década. *The Anáhuac Journal*, 21(2), 12–49. <https://doi.org/10.36105/theanahuacjour.2021v21n2.01>

Dicks, L. V., Breeze, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., Basu, P., Buchori, D., Galetto, L., Garibaldi, L. A., Gemmill-Herren, B., Howlett, B. G., Imperatriz-Fonseca, V. L., Johnson, S. D., Kovács-Hostyánszki, A., Kwon, Y. J., Lattorff, H. M. G., Lungharwo, T., Seymour, C. L., Potts, S. G. 2021. A global-scale expert assessment of drivers and risks associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 5(10), 1453–1461. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01534-9>

Dymond, K., Celis-Diez, J. L., Potts, S. G., Howlett, B. G., Willcox, B. K., y Garratt, M. P. D. 2021. The role of insect pollinators in avocado production: A global review. *Journal of Applied Entomology*, 145(5), 369–383. <https://doi.org/10.1111/jen.12869>

FAO. 2008, febrero. Los polinizadores: Su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la agricultura. Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, 3-15.

Fuentes-Montemayor, E. y Madrid, A. 2003. Biología de *Bombus ephippiatus* Say (Hymenoptera, Apidae) [Tesis Licenciatura, Universidad de las Américas-Puebla].

Gallai, N., Salles, J., Settele, J., & Vaissière, B. E. 2009. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>

García, M. G., Ríos Osorio, L. A., & Álvarez del Castillo, J. 2016. La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura (No. 34). Instituto de Sostenibilidad, Universidad Politécnica de Cataluña-Barcelona Tech. Calle Jordi Girona No 31, Ed. TG, planta S1. 08034, Barcelona, España.

Garibaldi, L. A., Sáez, A., Aizen, M. A., Fijen, T., & Bartomeus, I. 2020. Crop pollination management needs flower-visitor monitoring and target values. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 664–670. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13574>

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Greenleaf, S. S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Potts, S. G., Ricketts, T. H., Szentgyörgyi, H., . . . Klein, A. M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14(10), 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Kremen, C., Morales, J. M., Bommarco, R., Cunningham, S. A., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Dudenhöffer, J. H., Greenleaf, S. S., Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M. M., Morandin, L. A., Potts, S. G., Ricketts, T. H., Szentgyörgyi, H., Klein, A. M. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters*, 14(10), 1062–1072. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01669.x>

Garwood K., Jaramillo J.G. 2023. Guide to the genus of neotropical Butterflies. BioButterfly Database. 1ra Edición. 190 pp. Disponible en / Available at <http://www.butterflycatalogs.com>

Gavito-Pardo M., Astier Calderón M., Martínez Cruz J., Ayala Barajas R., Ramírez García E.. 2012, mayo. Evaluación del impacto ecológico del cultivo de aguacate a nivel regional y de parcela en el Estado de Michoacán; validación de indicadores ambientales en los principales tipos de producción. Informe final etapa 2.

Geslin, B., Aizen, M. A., Garcia, N., Pereira, A., Vaissière, B. E., & Garibaldi, L. A. (2017). The impact of honey bee colony quality on crop yield and farmers' profit in apples and pears. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 248, 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.07.035>

Gómez Demetrio, W., & Martínez, D. V. 2020. Procesos locales de transformación que detonan el cambio de uso de suelo y vegetación en un área natural protegida de la Región Centro de México. *Acta Universitaria*, 30, 1–21. <https://doi.org/10.15174/au.2020.2864>

- Gómez Tagle, A., Morales Chávez, R., García González, Y., & Gómez Tagle, A. F. 1999. Participación de la precipitación en cultivo de aguacate y bosque de pino-encino en Michoacán, México. *Biológicas*, 21(1), 1–18.
- Gotelli, Nj. And Entsminger, GL. 2001. EcoSim: Null Models Software for Ecology Acquired Intelligence Inc. and Kesey-Bear. Jericho, VT 05465. <http://garyentsminger.com/ecosim>
- Gutiérrez-Contreras, Maribel, & Lara-Chávez, Ma. Blanca Nieves, & Guillén-Andrade, Héctor, & Chávez-Bárcenas, Ana T. 2010. Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia*, 35(9),647-653. ISSN: 0378-1844. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33914212003>
- Hammer, O., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Hanson, P. E., & Nishida, K. (2016). Insects and other arthropods of tropical America. <https://doi.org/10.7591/9781501704291>
- Hoiss, B., Krauss, J., Potts, S. G., Roberts, S., & Steffan-Dewenter, I. (2012). Altitude acts as an environmental filter on phylogenetic composition, traits and diversity in bee communities. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 279(1746), 4447–4456. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1581>
- Hung, K. J., Kingston, J. M., Albrecht, M., Holway, D. A., & Kohn, J. R. 2018. The worldwide importance of honey bees as pollinators in natural habitats. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 285(1870), 20172140. <https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2140>
- Illsley, C., Brokaw, R., Ochoa, S., & Brewuer, T. 2011. Hass Carmen®. A Precocious Flowering Avocado Tree. En Memories of VII Word Avocado Congress. Cairns, Queensland, Australia. Recuperado 13 de junio de 2022, de https://www.avocadosource.com/wac7/section_14/illsleycarlos2011b.pdf

- Inouye, D. W., Larson, B. M. H., Ssymank, A., & Kevan, P. G. 2015. Flies and Flowers III: Ecology of foraging and pollination. *Journal of Pollination Ecology*, 16, 115–133. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2015\)15](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2015)15)
- Ish-Am, G., & Lahav, E. 2011. Evidence for a major role of honeybees (*Apis mellifera*) rather than wind during avocado (*Persea americana* Mill.) pollination. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86(6), 589–594. <https://doi.org/10.1080/14620316.2011.11512808>
- Ish-Am, Gad & Barrientos-Priego, Alejandro & Castañeda-Vildózola, Alvaro & Gazit, S. 1999. Avocado (*Persea Americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura.* 5. 137-143. [10.5154/r.rchsh.1999.05.137](https://doi.org/10.5154/r.rchsh.1999.05.137).
- Jiménez Masís, R. M. 2016. Evaluación de los servicios de polinización de *Apis mellifera* l. (hymenoptera: apidae) en el cultivo del aguacate (*persea americana* mil var. hass) y su aporte en la producción. San Pablo de león cortés, San José, Costa Rica. Universidad Nacional Facultad de Ciencias de la Tierra y el mar Escuela de Ciencias agrarias.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- Jost, L. (2018). What do we mean by diversity? The path towards quantification. *Mètode Science Studies Journal: Annual Review*, 9. <https://doi.org/10.7203/metode.9.11472>
- Khoury, C.K., Sotelo, S., Amariles, D. & Hawtin, G. 2023. The plants that feed the world – Baseline data and metrics to inform strategies for the conservation and use of plant genetic resources for food and agriculture. Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc6876en>
- Kirk-Spriggs, A.H. & Sinclair, B.J. (eds). 2017. Manual of Afrotropical Diptera. Volume 1. Introductory chapters and keys to Diptera families. Suricata 4. South African National Biodiversity Institute, Pretoria.

- Kirk-Spriggs, A.H. & Sinclair, B.J. (eds). 2017. Manual of Afrotropical Diptera. Volume 2. Nematocerous Diptera and lower Brachycera. Suricata 5. South African National Biodiversity Institute, Pretoria.
- Kirk-Spriggs, A.H. & Sinclair, B.J. (eds). 2021. Manual of Afrotropical Diptera. Volume 3. Brachycera–Cyclorrhapha, excluding Calyptratae. Suricata 8. South African National Biodiversity Institute, Pretoria.
- Körner, C. (2007). The use of ‘altitude’ in ecological research. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(11), 569–574. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2007.09.006>
- Klein, A., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. 2006. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences*, 274(1608), 303–313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Láska, P., Mazánek, L., & Bičík, V. 2013. Key to adults and larvae of the genera of European Syrphidae (Diptera, Syrphidae). *Acta Musei Silesiae. Scientiae Naturales*, 62(3), 193–206. <https://doi.org/10.2478/cszma-2013-0021>
- Lázaro, A., & Tur, C. (2018). Land-use changes as drivers of pollinator declines. *Ecosistemas*, 27(2), 23–33. <https://doi.org/10.7818/ecos.1378>
- Loza, Á. (2015). Situación actual del sistema producto aguacate (Dirección de estudios sobre soberanía alimentaria y nueva ruralidad ed., Vol. 1). CEDRSSA.
- Macias-Macias, J. O., Quezada-Euán, J., Tapia-González, J. M., & Conteras-Escareño, F. (2014). Nesting sites, nest density and spatial distribution of *Melipona colimana* Ayala (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) in two highland zones of western Mexico. *Sociobiology*, 61(4). <https://doi.org/10.13102/sociobiology.v61i4.423-427>
- Maggi & Chreil. 2024. Toxicidad de pesticidas para insectos polinizadores. Polinizador de cultivos, (5) 33-42. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.10772.48007>.

- Marco, P. D., and F. M. Coelho. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. *Biodivers. Conserv.* 13: 1245–1255.
- Mas, J. F., Lemoine Rodríguez, R., González, R., López Sánchez, J., Piña Garduño, A., & Herrera Flores, E. 2017. Evaluación de las tasas de deforestación en Michoacán a escala detallada mediante un método híbrido de clasificación de imágenes SPOT. *Madera y Bosques*, 23(2), 119–132. <https://doi.org/10.21829/myb.2017.2321472>
- McGinley, R.J. 1986. Estudios de Halictinae (Apoidea: Halictidae), I: Revisión de *Lasioglossum curtis* del Nuevo Mundo. *Contribuciones del Smithsonian a la zoología*, 429 , 1–294. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.429>
- Medina, C. R. Q., Lanzas, M. J. B., Illescas, P. F. S., Baca, C. I. R., Lezama, P. I. B., Mayorga, L. F. M., Sánchez, R. E. V., & De Jesús Hernández Duarte, S. 2023. Anidación e interacción de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) con plantas herbáceas en una zona antrópica de León, Nicaragua. *REVISTA CHILENA DE ENTOMOLOGÍA*, 49(3), 589–601. <https://doi.org/10.35249/rche.49.3.23.18>
- Merlín-Uribe, Y., Villamil-Echeverri, L., Martínez, J. C., Astier, M. C., & Gavito, M. E. 2013. PLANTAS SILVESTRES ASOCIADAS AL CULTIVO DE AGUACATE. Centro de investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Miñarro Prado, M., García, D., & Martínez Sastre, R. 2018. Impact of insect pollinators in agriculture: importance and management of their biodiversity. *Ecosistemas*, 27(2), 81–90. <https://doi.org/10.7818/ecos.1394>
- Miñarro, Marcos & Dapena, Enrique & Blázquez, Dolores. 2011. Guía ilustrada de las enfermedades, las plagas y la fauna beneficiosa del cultivo del manzano.
- Moissett, B., & Buchmann, S. L. 2010. Bee basics : an introduction to our native bees /. <https://doi.org/10.5962/bhl.title.149919>

Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E., & Pavón, N. P. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana De Biodiversidad*, 82(4). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.4.745>

Mulieri, P. R., Gramajo, M., Diana, M., Torres-Domínguez, C., Claps, L., Roig-Juñent, S., & Morrone, J. J. 2023. Tachinidae. Fundación Miguel Lillo, Biodiversidad de Artrópodos Argentinos. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/375528658_TACHINIDAE_Pablo_Ricardo_MULIERI

Muñoz, A. C., Tenganan, S. Y. P., Rodríguez, I. M. L., Mojica, J. F. P., & Banguero, D. J. C. 2017. Insectos polinizadores del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en Colombia. Alianza Editorial.

Ocampo, M., & Santa Catarina, C. 2019. Abejas: insectos polinizadores. In Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión, México. Obtenido de https://foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_19-031.pdf.

Öckinger, E., & Smith, H. G. 2006. Semi-natural grasslands as population sources for pollinating insects in agricultural landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 44(1), 50–59. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2006.01250.x>

Ortiz-Mora, R. A., van Veen, J. W., Corrales, G., & Sommeijer, M. J. (1995). Influence of altitude on the distribution of stingless bees (Hymenoptera Apidae: Meliponinae). *Apiacta*, 4, [3].

Otavo, S., & Echeverría, C. 2017. Fragmentación progresiva y pérdida de hábitat de bosques naturales en uno de los hotspot mundiales de biodiversidad. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(4), 924–935. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.10.041>

Pantoja, A., Smith-Pardo, A., García, A., Sáenz, A., & Rojas, F. 2014. Principios y avances sobre la polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe (Primera edición).

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

Parra, N. S. R., Figueredo, C. A., & Villamil, N. S. S. (2015). Impacto de la aplicación de la norma GlobalGAP, en el sector agroalimentario Latinoamericano. Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales, 2, 83. <https://doi.org/10.23850/24220582.173>

Patricia Rivas-Arancibia, S., Bello-Cervantes, E., Carrillo-Ruiz, H., Rosa Andrés-Hernández, A., María Figueroa-Castro, D., & Guzmán-Jiménez, S. 2015. Variaciones de la comunidad de visitadores florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. Revista Mexicana de Biodiversidad, 86(1), 178–187. <https://doi.org/10.7550/rmb.44620>

Peña, J. E. 2003. Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 69 p. 6–20

Pérez Álvarez, S., Ávila Quezada, G., & Coto Arbelo, O. 2015. EL AGUACATERO (*Persea americana* Mill). Cultivos Tropicales, 36(2),111-123.[fecha de Consulta 19 de septiembre de 2024]. ISSN: . Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193239249016>

Pérez-Balam, J., Quezada-Euán, J. J. G., Alfaro-Bates, R., Medina, S., McKendrick, L., Soro, A., & Paxton, R. J. 2012. The contribution of honey bees, flies and wasps to avocado (*persea americana*) pollination in southern México. Journal of Pollination Ecology.

Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution, 25(6), 345–353. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.01.007>

Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Aizen, M. A., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., Garibaldi, L. A., Hill, R., Settele, J., & Vanbergen,

- A. J. 2016. Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540(7632), 220–229. <https://doi.org/10.1038/nature20588>
- Prezoto, Fabio & Clemente, Mateus. 2010. Vespas sociais do Parque Estadual do Ibitipoca, Minas Gerais, Brasil. *MG Biota*. 3. 22-32.
- Proesmans, W., Bonte, D., Smagghe, G., Meeus, I., & Verheyen, K. 2018. Importance of forest fragments as pollinator habitat varies with season and guild. *Basic and Applied Ecology*, 34, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2018.08.004>
- Protegidas, C. N. D. Á. N., C., Rural, J. S. D. D., Adyacentes, C. C. D. N. D. P. Y., Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (México), Boneta, A., Castillo, J. V., Flores, A. L., Colima, Jalisco. Secretaría de Desarrollo Rural, & Patronato del Nevado de Colima y Cuencas Adyacentes (México). 2006. Programa de conservación y manejo. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.
- Quesada, M., Rosas, F., Aguilar, R., Ashworth, L., Rosas-Guerrero, V. M., Sayago, R., Lobo, J. A., Herrerías-Diego, Y., & Sánchez-Montoya, G. 2011. Human impacts on pollination, reproduction, and breeding systems in tropical forest plants. In Island Press/Center for Resource Economics eBooks (pp. 173–194). https://doi.org/10.5822/978-1-61091-021-7_11
- Quesada, M., Rosas, F., López, A. M. M., Aguilar, R., Ashworth, L., Rosas, V. G., & Sánchez, M. G. 2012. Ecología y conservación biológica de sistemas de polinización de plantas tropicales. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Quezada-Euán, J. J. 2009. POTENCIAL DE LAS ABEJAS NATIVAS EN LA POLINIZACIÓN DE CULTIVOS. *Acta Biológica Colombiana*, 14(2), 169–172. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v14n2/v14n2a14.pdf>
- Quezada-Euán, J. J. G. 2018. Stingless Bees of Mexico. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-77785-6>

Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., Mayfield, M. M., Arthur, A. D., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Brittain, C., Carvalheiro, L. G., Chacoff, N. P., Entling, M. H., Foully, B., Freitas, B. M., Gemmill-Herren, B., Ghazoul, J., Woyciechowski, M. 2015. Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146–151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>

Rahbek, C. 1995. The elevational gradient of species richness: a uniform pattern? *Ecography*, 18(2), 200–205. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.1995.tb00341.x>

Ramírez Ramírez, Minella. 2023. Valoración económica de la polinización en México durante el periodo 2003-2021. Coordinación General de Estudios de Posgrado, UNAM; Facultad de Economía, UNAM. Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/3695349>

Ramírez-Mejía, A. F., Chacoff, N. P., Cavigliasso, P., & Blendinger, P. G. 2024. How much is enough? Optimizing beehive stocking densities to maximize the production of a pollinator-dependent crop. *Ecological Modelling*, 498, 110891. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2024.110891>

Rasmussen, C., Engel, M. S., & Vereecken, N. J. 2020. A primer of host-plant specialization in bees. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4(1), 7–17. <https://doi.org/10.1042/etls20190118>

Read, S. F. J., Howlett, B. G., Jesson, L. K., & Pattemore, D. E. 2017. Insect visitors to avocado flowers in the Bay of Plenty, New Zealand. *New Zealand Plant Protection* 70: 38–44.

Rengifo Mejía, P. A., Mora Gaviria, G. A., Estrada Mesa, E. M., Londoño Zuluaga, J. D., & Guzmán Molina, M. S. 2019. Conceptos de fertilización para el cultivo de aguacate (1.a ed.). SENA.

Research Press, Ottawa, Ontario, Canada.

Reyes-Novelo, E., Meléndez-Ramírez, V., Delfín-González, H., & Ayala, R. 2008. ABEJAS SILVESTRES (HYMENOPTERA: APOIDEA) COMO BIOINDICADORES EN LOS NEOTRÓPICOS. DOAJ (DOAJ: Directorio de Revistas de Acceso Abierto)
<https://doaj.org/article/aa778610e8f94ba7b84d6b97de85d8b7>

Reynolds, S. K., Clem, C. S., Fitz-Gerald, B., & Young, A. D. 2024. A comprehensive review of long-distance hover fly migration (Diptera: Syrphidae). Ecological Entomology, 49(6), 749–767. <https://doi.org/10.1111/een.13373>

Rico-Sánchez, A. E., A. J. Rodríguez-Romero, E. López-López y J. E. Sedeño-Díaz. 2014. Patrones de variación espacial y temporal de los macroinvertebrados acuáticos en la Laguna de Tecocomulco, Hidalgo, México. Revista de Biología Tropical (International Journal of Tropical Biology and Conservation). (62) 2: 81-96.

Riggi, L. G. A., Raderschall, C. A., Fijen, T. P. M., Schepers, J., Smith, H. G., Kleijn, D., Holzschuh, A., Aguilera, G., Badenhausen, I., Bänsch, S., Beyer, N., Blitzer, E. J., Bommarco, R., Danforth, B., González-Varo, J. P., Grab, H., Provost, G. L., Poveda, K., Potts, S. G., Lundin, O. 2023. Early-season mass-flowering crop cover dilutes wild bee abundance and species richness in temperate regions: A quantitative synthesis. Journal of Applied Ecology, 61(3), 452–464. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14566>

Rincón-Hernández, C. A., Sánchez Pérez, J. D. L. L., & Espinosa-García, F. J. 2011. Caracterización química foliar de los árboles de aguacate criollo (*Persea americana* var. *drymifolia*) en los bancos de germoplasma de Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 82(2).
<https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2011.2.474>

Rotheray, G. E., & Gilbert, F. 2011. The natural history of hoverflies.
https://openlibrary.org/books/OL31835764M/The_Natural_History_of_Hoverflies

Roubik, D. W., y P. J. E. Moreno. 1991. Pollen and Spores of Barro Colorado Island.

Sabatino, M., Rovere, A. E., & Maceira, N. 2014. Germinación de *Eryngium regnellii*: especie clave para la restauración ecológica de las interacciones planta-polinizador en la Pampa Austral (Buenos Aires, Argentina). Revista Internacional de botánica experimental.

Sáez, A., Aizen, M. A., Medici, S., Viel, M., Villalobos, E., & Negri, P. 2020. Bees increase crop yield in an alleged pollinator-independent almond variety. *Scientific Reports*, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59995-0>

Sáez, A., Sabino, M., & Aizen, M. 2014. La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. Universidad Nacional del Comahue-INIBIOMA. San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina.

Sagwe, R. N., Peters, M. K., Dubois, T., Steffan-Dewenter, I., & Latorff, H. M. G. 2023. Insect pollination and pollinator supplementation enhances fruit weight, quality, and marketability of avocado (*Persea americana*). *Arthropod-Plant Interactions*, 17(6), 753–763. <https://doi.org/10.1007/s11829-023-09996-3>

Salazar García, S., Ibarra Estrada, M. E., Álvarez Bravo, A., & González Valdivia, J. 2017. Determinación irreversible a la floración del aguacate ‘Méndez’ en el sur de Jalisco, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 19, 3923–3938. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i19.661>

Salazar-García, S., González-Durán, I. J. L., & Tapia-Vargas, L. M. 2011. INFLUENCIA DEL CLIMA, HUMEDAD DEL SUELO y ÉPOCA DE FLORACIÓN SOBRE LA BIOMASA y COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL DE FRUTOS DE AGUACATE “HASS” EN MICHOACÁN, MÉXICO. DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals). <https://doaj.org/article/a6852b754836486999aa437b7c047a36>

Salinas Vargas, D., Cruz Mendivil, A., Peraza Magallanes, AY, Valenzuela Leal, B., Ligne Calderón Vázquez, C., Sandoval Castro, E., Martínez Alvarez, JC, Cuadras Camacho, JE, Romero Romero, JL , Castro López, ML, & Magallanes Tapia, MA 2021. Manual para el establecimiento del cultivo de

aguacate en la zona centro de Sinaloa (<https://códigos.mx/archivo/4//128%20del%20A%20-%2017%201%202%20.pdf.pdf>

Sánchez Colín, S., Mijares Oviedo, P., López López, L., F., A., & Barrientos Priego. 2001. Historia del Aguacate en México. CICTAMEX, 171–178.

Sarmiento Cordero, M. A., Ramírez García, E., & Contreras Ramos, A. 2010. DIPTERA: Diversidad de la familia Syrphidae (Diptera) en la Estación de Biología “Chamela”, Jalisco, México. Dugesiana, 17(2). <https://doi.org/10.32870/dugesiana.v17i2.3965>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2021. Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP). <https://www.semarnat.gob.mx/encusp>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2023. Buenas prácticas para el uso de abejorros en la agricultura. <https://www.gob.mx/semarnat/polinizadores>

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023. Cierre agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Severiano-Galeana, F., Rosas-Guerrero, V., Alemán-Figueroa, L., Lucas-García, R., Almazán-Núñez, R. C., & Kuk-Dzul, J. G. 2024. Orchards closer to forest patches produced fewer malformed fruits and more commercial fruits: The importance of legitimate floral visitors. Agriculture Ecosystems & Environment, 363, 108872. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108872>

Sibaja, J. M., Monge, I. A., Beita, C. M., Guevara-Mora, M., & Alvarado, L. D. A. 2021. Distribución espacial de las abejas meliponas (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en el Corredor Biológico Montes del Aguacate, Costa Rica. REVISTA CHILENA DE ENTOMOLOGÍA, 47(3), 479–487. <https://doi.org/10.35249/rche.47.3.21.04>

Skevington, J. H., Locke, M. M., Young, A. D., Moran, K., Crins, W. J., & Marshall, S. A. 2019. Field guide to the flower flies of Northeastern North America. <https://doi.org/10.2307/j.ctv7xbrvz>

- Ssymank, A., Kearns, C. A., Pape, T., & Thompson, F. C. (2008). Pollinating Flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity*, 9(1–2), 86–89. <https://doi.org/10.1080/14888386.2008.9712892>
- Solga, M. J., Harmon, J. P., & Ganguli, A. C. 2014. Timing is Everything: An Overview of Phenological Changes to Plants and Their Pollinators. *Natural Areas Journal*, 34(2), 227–234. <https://doi.org/10.3375/043.034.0213>
- Sonco, R. S. 2013. Estudio de la diversidad alfa (α) y beta (β) en tres localidades de un bosque montano en la región de Madidi, La Paz, Bolivia. Tesis de grado. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 126 pp.
- Sosenski, P., & Domínguez, C. A. 2018. El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(3). <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2168>
- Souza, Marcos & Prezoto, Fabio. 2006. Diversity of social wasps (Hymenoptera : Vespidae) in semideciduous forest and cerrado (Savanna) regions in Brazil. *Sociobiology*. 47. 135-147.
- Stephens, R. E., Gallagher, R. V., Dun, L., Cornwell, W., & Sauquet, H. 2023. Insect pollination for most of angiosperm evolutionary history. *New Phytologist*, 240(2), 880–891. <https://doi.org/10.1111/nph.18993>
- Stern, R. A., Rozen, A., Eshed, R., Zviran, T., Sisai, I., Sherman, A., Irihimovitch, V., & Sapir, G. 2021. Bumblebees (*Bombus terrestris*) Improve 'Hass' Avocado (*Persea americana*) Pollination. *Plants*, 10(7), 1372. <https://doi.org/10.3390/plants10071372>
- Suárez, G. J. F. 2018. Redes ecológicas de insectos: visitantes florales en parques y jardines de Bogotá, Colombia. Tesis de grado. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Estudios Ambientales y Rurales. Bogotá, D. C. 50 pp.
- Telleria, M. C. 1996. Plant resources foraged by *Polybia Scutellaris*(Hym. vespidae) in the Argentine pampas. *Grana*, 35(5), 302–307. <https://doi.org/10.1080/00173139609429085>

Tong, Z., Wu, L., Feng, H., Zhang, M., Armbruster, W. S., Renner, S. S., & Huang, S. 2023. New calculations indicate that 90% of flowering plant species are animal-pollinated. National Science Review, 10(10).
<https://doi.org/10.1093/nsr/nwad219>

Tsang, T. P. N., De Santis, A. a. A., Armas-Quiñonez, G., Ascher, J. S., Ávila-Gómez, E. S., Báldi, A., Ballare, K. M., Balzan, M. V., Banaszak-Cibicka, W., Bänsch, S., Basset, Y., Bates, A. J., Baumann, J. M., Beal-Neves, M., Bennett, A., Bezerra, A. D. M., Blochtein, B., Bommarco, R., Brosi, B., Bonebrake, T. C. 2025. Land Use Change Consistently Reduces α - But Not β - and γ -Diversity of Bees. Global Change Biology, 31(1).
<https://doi.org/10.1111/gcb.70006>

Urban-Mead, K. R., Van Dyke, M., Muñiz, P. A., Young, A. D., Danforth, B. N., & McArt, S. H. 2023. Early spring orchard pollinators spill over from resource-rich adjacent forest patches. Journal of Applied Ecology, 60(3), 553–564.
<https://doi.org/10.1111/1365-2664.14350>.

Vaudo, A. D., Dyer, L. A., & Leonard, A. S. 2024. Pollen nutrition structures bee and plant community interactions. Proceedings of the National Academy of Sciences, 121(3). <https://doi.org/10.1073/pnas.2317228120>

Vaudo, A. D., Tooker, J. F., Patch, H. M., Biddinger, D. J., Coccia, M., Crone, M. K., Fiely, M., Francis, J. S., Hines, H. M., Hodges, M., Jackson, S. W., Michez, D., Mu, J., Russo, L., Safari, M., Treanore, E. D., Vanderplanck, M., Yip, E., Leonard, A. S., & Grozinger, C. M. 2020. Pollen protein: lipid macronutrient ratios may guide broad patterns of bee species floral preferences. Insects, 11(2), 132. <https://doi.org/10.3390/insects11020132>

Vásquez-García, A., Sangerman-Jarquín, D. M., & Rindermann, R. S. (2021). Caracterización de especies de abejas nativas y su relación biocultural en la Mixteca oaxaqueña. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, 12(1), 101–113. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i1.2788>

Vergara, C. H., & Fonseca-Buendía, P. 2012. Pollination of Greenhouse Tomatoes by the Mexican bumblebee *< i>Bombus ephippiatus</i>* (Hymenoptera:

Apidae). Journal of Pollination Ecology, 7. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2012\)1](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2012)1)

Vieli, L., Davis, F., Kendall, B., & Montalba, R. 2015. Servicios ecosistémicos de polinización y heterogeneidad de paisajes agrícolas. V Congreso Latinoamericano De Agroecología - SOCLA (La Plata, 2015). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/57535/Documento_completo.pdf?sequence=1

Vildózola, A. C., Martínez, A. E., Carrasco, J. V., Priego, A. F. B., Ish-Am, G., & Gazit, S. 1999. Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán, México. Revista Chapingo Serie Horticultura, 58, 129–136. <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-chapingo-serie-horticultura/articulo/insectos-polinizadores-del-aguacatero-en-los-estados-de-mexico-y-michoacan-mexico>

Williams, P. H., Thorp, R. W., Richardson, L. L., & Colla, S. R. 2014. Bumble Bees of North America: An Identification Guide. Princeton University Press.

Winfree, R., & Kremen, C. 2008. Are ecosystem services stabilized by differences among species? A test using crop pollination. Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences, 276(1655), 229–237. <https://doi.org/10.1098/rspb.2008.0709>

Winfree, R., Bartomeus, I., & Cariveau, D. P. 2011. Native pollinators in anthropogenic habitats. Annual Review of Ecology Evolution and Systematics, 42(1), 1–22. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145042>

Woodcock, B. A., Garratt, M. P. D., Powney, G. D., Shaw, R. F., Osborne, J. L., Soroka, J., Lindström, S. A. M., Stanley, D., Ouvrard, P., Edwards, M. E., Jauker, F., McCracken, M. E., Zou, Y., Potts, S. G., Rundlöf, M., Noriega, J. A., Greenop, A., Smith, H. G., Bommarco, R., Pywell, R. F. 2019. Meta-analysis reveals that pollinator functional diversity and abundance enhance crop pollination and yield. Nature Communications, 10(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09393-6>

Wysoki M. Van den Berg M, Ish-Am G, Gazit S, Peña JE, Waite G. 2002. Pets and Pollinators of Avocado. Ed. Peña, J. E., Sharp, J. L., & Wysoki, M. Tropical Fruit Pests and Pollinators. 223-276 pp. CABI pub. Eickwort, G. C., & Ginsberg, H. S. (1980). Foraging and mating behavior in Apoidea. Annual Review of Entomology, 25(1), 421–446.
<https://doi.org/10.1146/annurev.en.25.010180.002225>

Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S., & Dorn, S. 2010. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. Biological Conservation, 143(3), 669–676. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.12.003>

ANEXOS

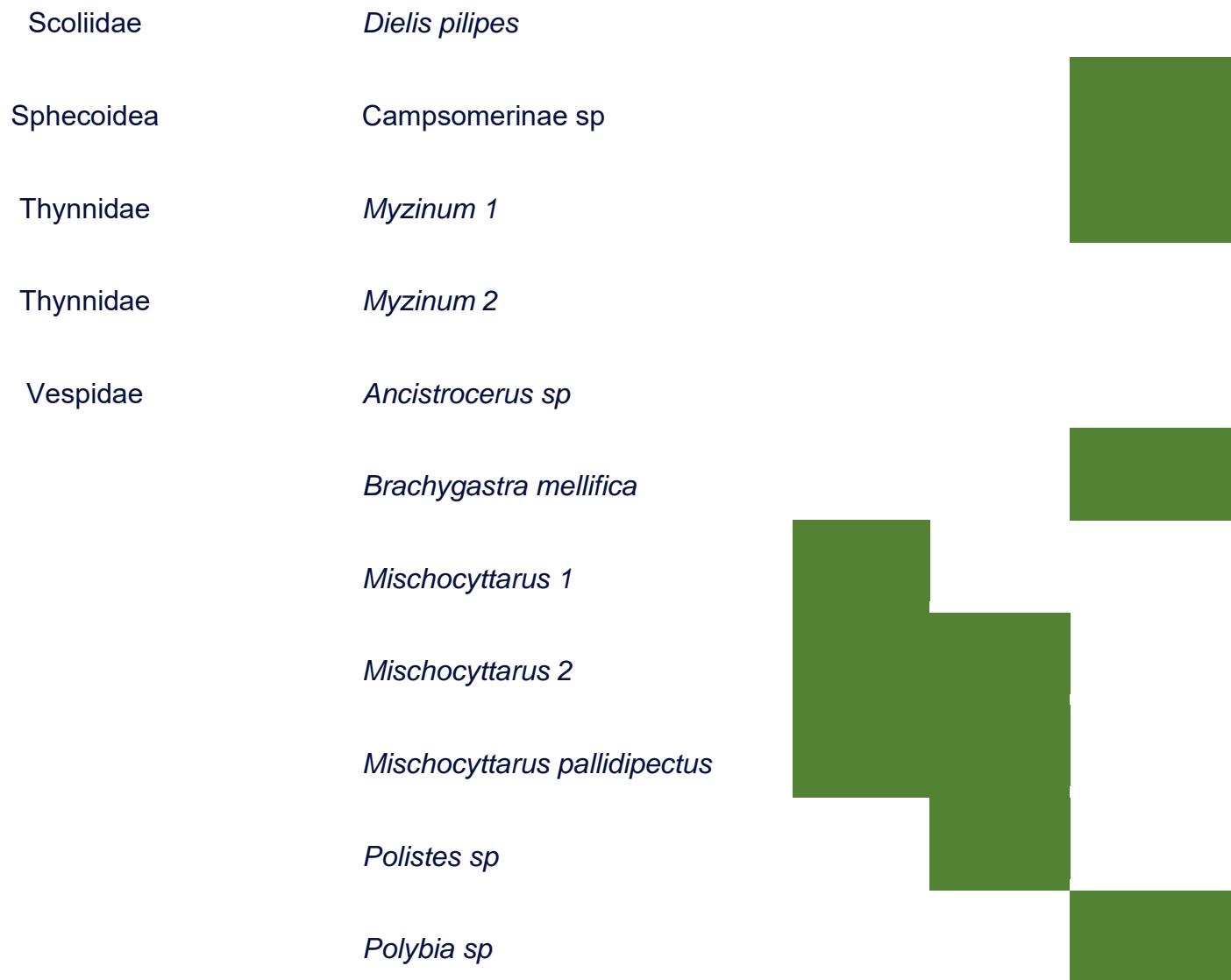
ANEXO 1. Registro de plantas visitadas por los potenciales polinizadores

Familia	especie
Asteraceae	<i>Dahlia tenuicaulis</i> Asteraceae 4
Campanulaceae	<i>Lobelia laxiflora</i>
Convolvulaceae	<i>Cuscuta volcanica</i>
Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i> <i>Acacia</i> <i>Crotalaria pumila</i> <i>Eysenhardtia</i>
Fabaceae	<i>Lupinus reflexus</i> <i>Phaseolus</i> <i>Trifolium</i> <i>Vicia</i> <i>Salvia gesneriflora</i> <i>Salvia iodantha</i>
Lamiaceae	<i>Salvia mexicana</i> <i>Stachys coccinea</i> <i>Stachys pilosissima</i> <i>Persea americana</i>
Laureceae	<i>Cuphea watsoniana</i>
Lythraceae	<i>Sida</i>
Malvaceae	<i>Fuchsia cylindracea</i> <i>Lopezia racemosa</i>
Onagraceae	<i>Oxalis corniculata</i>
Oxalidaceae	<i>Penstemon roseus</i>
Plantaginaceae	<i>Monnieria ciliolata</i>
Polygalaceae	<i>Ceanothus caeruleus</i>
Rhamnaceae	<i>Holodiscus</i> <i>Rubus</i>
Rosaceae	<i>Cestrum</i> <i>Physalis coztomatl</i>
Solanaceae	<i>Solanaceae</i> <i>Solanum</i>

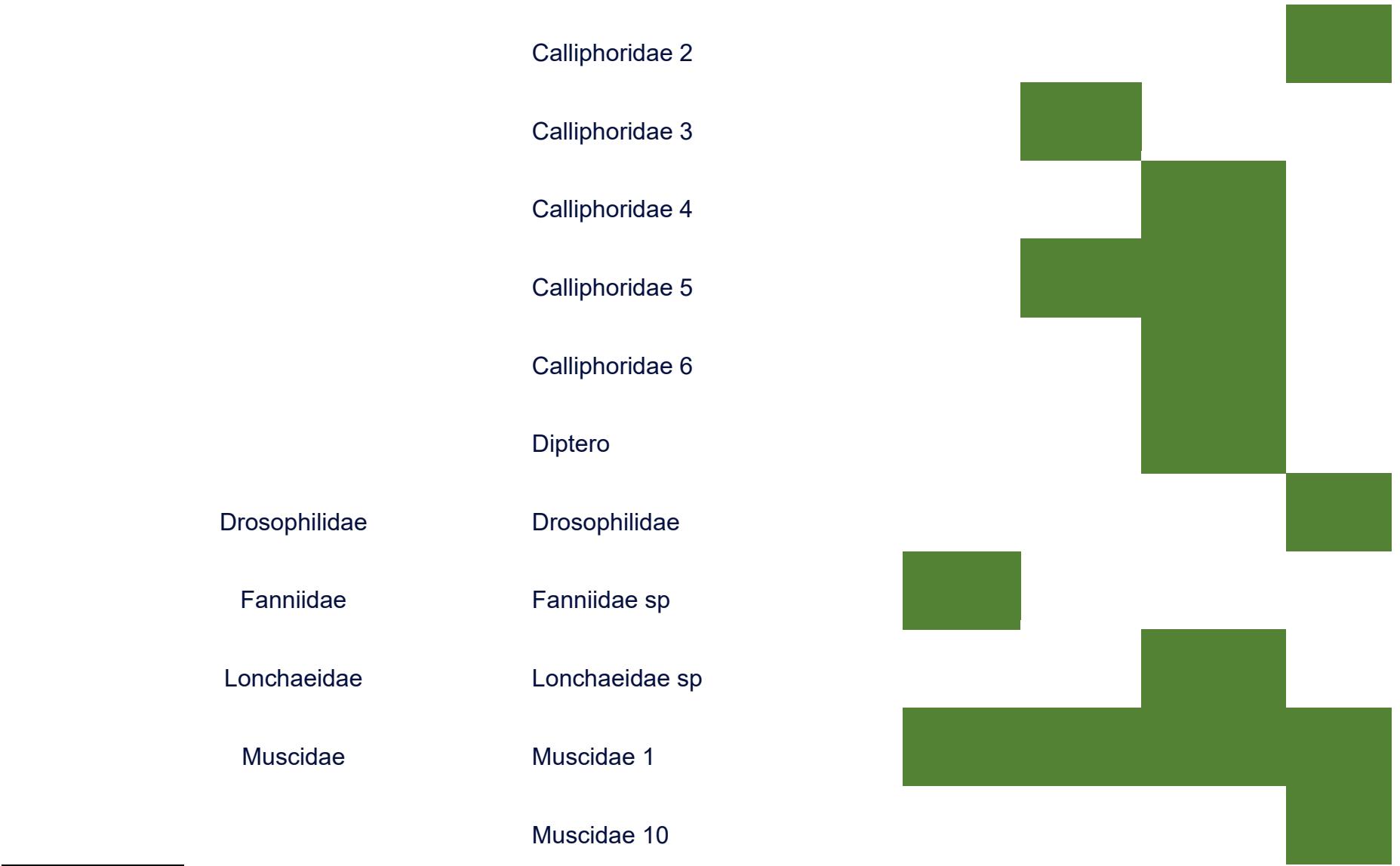
ANEXO 2. Registro de visitantes florales entre condiciones

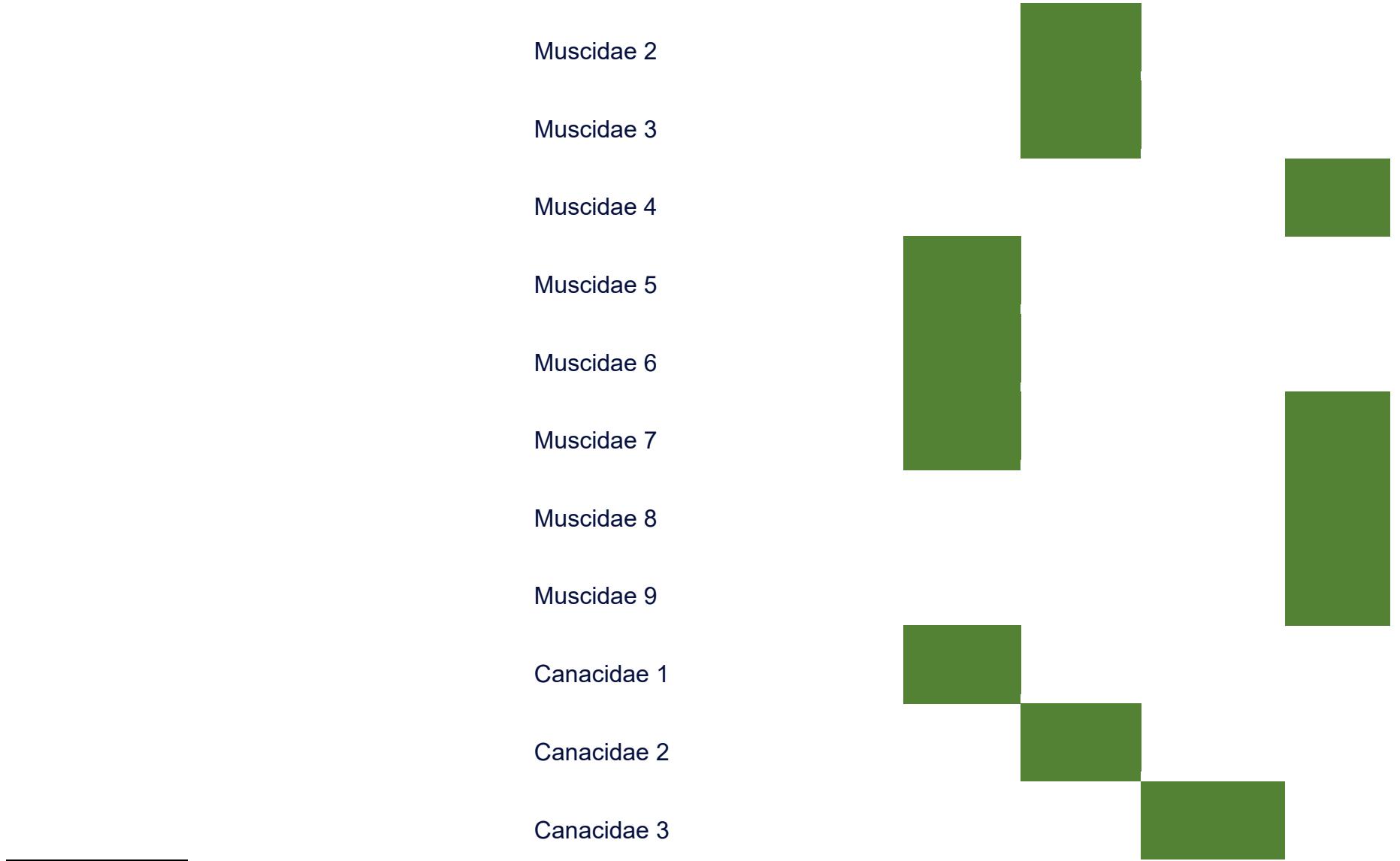
Orden	Familia	Especie	bosque	cultivos cercanos	cultivos intermedios	cultivos lejanos
Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena sp</i>				
		<i>Apis mellifera</i>				
	Apidae	<i>Bombus ephippiatus</i>				
		<i>Deltoptila 1</i>				
		<i>Deltoptila 2</i>				
		<i>Deltoptila aurolentocaudata</i>				
		<i>Deltoptila elefas</i>				
		<i>Apidae</i>				











Platystomatidae

Platystomatidae sp



Rhagionidae

Rhagionidae sp



Rhinophoridae

Rhinophoridae sp



Sarcophagidae

Sarcophagidae sp



Scathophagidae

Scathophagidae sp

Syrphidae

Allograpta exotica



Allograpta sp



Copestylum sp



Copestylum mexicanum



Copestylum violaceum



Epistrophe sp



Eristalis sp



Melanostoma sp



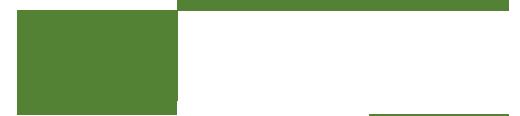
Ocyptamus 1



Ocyptamus 2



Ornidia obesa



Palpada 1



Palpada 2



Palpada 3



Palpada 4



Toxomerus 1

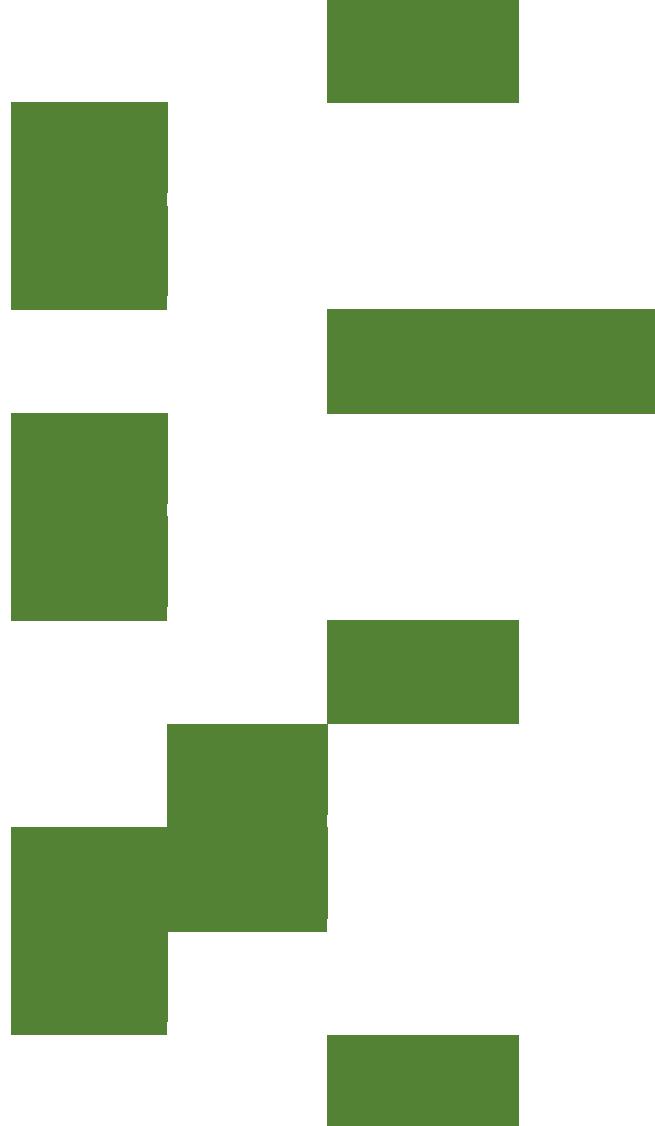


Toxomerus 2





Tachinidae 15



Tachinidae 16

Tachinidae 17

Tachinidae 18

Tachinidae 2

Tachinidae 3

Tachinidae 4

Tachinidae 5

Tachinidae 7

Tachinidae 8

Tachinidae 9

Tephritidae

Tephritidae sp

Therevidae

Therevidae 1

Therevidae 2



Milca Izel Reyes Rodríguez

Ensamblaje de potenciales polinizadores de aguacate entre áreas de bosque y cultivo en el Nevado de

 Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:431075075

75 Páginas

Fecha de entrega

17 feb 2025, 9:31 a.m. GMT-6

16,801 Palabras

Fecha de descarga

17 feb 2025, 9:33 a.m. GMT-6

93,806 Caracteres

Nombre de archivo

Ensamblaje de potenciales polinizadores de aguacate entre áreas de bosque y cultivo en el Neva....pdf

Tamaño de archivo

1011.9 KB

45% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Fuentes principales

42%	 Fuentes de Internet
37%	 Publicaciones
0%	 Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



A quien corresponda,

Por este medio, quien abajo firma, bajo protesta de decir verdad, declara lo siguiente:

- Que presenta para revisión de originalidad el manuscrito cuyos detalles se especifican abajo.
- Que todas las fuentes consultadas para la elaboración del manuscrito están debidamente identificadas dentro del cuerpo del texto, e incluidas en la lista de referencias.
- Que, en caso de haber usado un sistema de inteligencia artificial, en cualquier etapa del desarrollo de su trabajo, lo ha especificado en la tabla que se encuentra en este documento.
- Que conoce la normativa de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en particular los Incisos IX y XII del artículo 85, y los artículos 88 y 101 del Estatuto Universitario de la UMSNH, además del transitorio tercero del Reglamento General para los Estudios de Posgrado de la UMSNH.

Datos del manuscrito que se presenta a revisión		
Programa educativo	Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas	
Título del trabajo	Ensamblaje de potenciales polinizadores de aguacate entre áreas de bosque y cultivo en el Nevado de Colima	
	Nombre	Correo electrónico
Autor/es	Milca Izel Reyes Rodríguez	1425991f@umich.mx
Director	Yvonne Herrerías Diego	Yvonne.herrerias@umich.mx
Codirector	Silvana Martén Rodríguez	smarten@enesmorelia.unam.mx
Coordinador del programa	Alejandro Hiram Marín Leyva	alejandro.marin@umich.mx

Uso de Inteligencia Artificial		
Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Asistencia en la redacción	no	

Formato de Declaración de Originalidad y Uso de Inteligencia Artificial

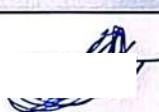
Coordinación General de Estudios de Posgrado
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo



Uso de Inteligencia Artificial

Rubro	Uso (sí/no)	Descripción
Traducción al español	no	
Traducción a otra lengua	si	Utilice la plataforma deepL
Revisión y corrección de estilo	no	
Análisis de datos	no	
Búsqueda y organización de información	no	
Formateo de las referencias bibliográficas	si	Utilice apagenerator de la plataforma scribbr
Generación de contenido multimedia	no	
Otro	no	

Datos del solicitante

Nombre y firma	Milca Izel Reyes Rodríguez 
Lugar y fecha	14 febrero del 2025