

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Entomofauna Asociada al Cultivo Agroecológico de Aguacate en la Localidad de
"El Rodeo", Municipio de Gómez Farías, Jalisco

Por:

CARLOS JOSUE RUBIO REYES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Entomofauna Asociada al Cultivo Agroecológico de Aguacate en la Localidad de
"El Rodeo", Municipio de Gómez Farías, Jalisco

Por.

CARLOS JOSUE RUBIO REYES

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

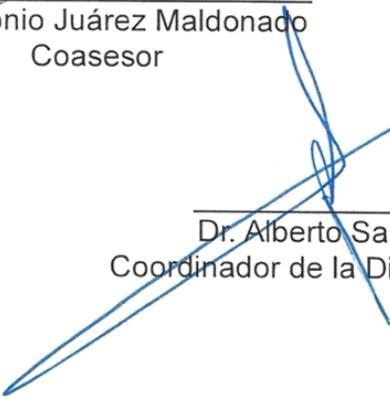
INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría


Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles
Asesor Principal


Dr. Antonio Juárez Maldonado
Coasesor


Dr. José Antonio Hernández Herrera
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor Principal

Asesor Principal



Est. Carlos Josue Rubio Reyes



Dra. Michelle Ivonne Ramos Robles

DEDICATORIA

A mi familia por su apoyo incondicional, por ser parte fundamental de la formación de mis valores y mi carácter.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi principal guía y mostrarme la forma correcta de gestionar mi proceso académico, pero sobre todo mi proceso de vida.

A mi familia, quienes nunca dudaron de mis capacidades y de que lograría lo que me propusiera.

A mis amigos, quienes no necesitan mención, porque saben que son quienes siempre han estado.

A mi localidad y a Rigoberto Guzmán Reyes por permitirme la toma de datos y muestreos en su propiedad.

A mi alma mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por acogerme en sus instalaciones y brindarme tantas experiencias y aprendizajes.

A la Doctora Ramos Robles Michelle Ivonne, por permitirme trabajar con ella y por todo su apoyo incondicional, en conjunto con el Dr. Jonas Morales Linares, durante todo el proceso.

A la Bióloga Mirna Raquel Zamudio Pérez por su acompañamiento y ayuda incondicional.

Al doctor Antonio Juárez Maldonado y el doctor José Antonio Hernández Herrera, quienes forman parte de mi comité, por su disposición y apertura de apoyar.

A la doctora Aida Leal Robles por el acompañamiento y apoyo no sólo mío sino de todos los compañeros de Agrobiología.

A los compañeros de mi generación y a todos los maestros y técnicos quienes formaron parte de mi formación.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS	IX
RESUMEN	X
ABSTRACT	XI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo General	4
1.2 Objetivos específicos	4
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Justificación	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA	6
2.1 Cultivo de aguacate (<i>Persea americana</i> Mill)	6
2.2 Sistemas de manejo en el cultivo de aguacate: convencional vs agroecológico	6
2.2.1 Manejo convencional.....	7
2.3.1 Manejo Agroecológico	11
2.4 La biodiversidad de los bosques en México	13
2.5 Amenazas de la biodiversidad de los bosques en México	14
2.6 Diversidad funcional de insectos en agroecosistemas.....	16
2.7 Grupos funcionales de insectos	16
2.8 Estudios enfocados a la diversidad de insectos asociados al cultivo de aguacate ..	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
3.1 Área de estudio.....	20
3.1.1 Flora.....	21
3.1.2 Fauna.....	21
3.2 Características del cultivo agroecológico de aguacate (<i>Persea americana</i> , var. Méndez)	21
3.3 Muestreo.....	24
3.4 Colectas.....	25
3.5 Conservación, montaje e identificación de insectos	26
3.6 Análisis de datos.....	27
4. RESULTADOS	28
5. DISCUSIÓN	34

6. CONCLUSIONES.....	38
7. LITERATURA CITADA.....	40
8. ANEXOS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio ubicada en la comunidad de “El Rodeo”, Jalisco, México (19°50′17.1” N 103°26′14.0” O).	20
Figura 2. Ubicación de transectos y caracterización del entorno, según grado de perturbación, en un cultivo de aguacate.	25
Figura 3. Métodos de captura de insectos.	25
Figura 4. Observación y montaje de insectos colectados en un cultivo de aguacate en el Rodeo, Jalisco, México.	26
Figura 5. Número de individuos de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.....	28
Figura 6. Temporalidad del número de especímenes de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.	29
Figura 7. Número de individuos de insectos colectados por familia, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad de El Rodeo, Jalisco, México.....	30
Figura 8. Número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.	30
Figura 9. Temporalidad del número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.....	31
Figura 10. Número de individuos de insectos colectados y clasificados en insectos benéficos y no benéficos en el contexto agrícola.	32
Figura 11. Número de individuos de insectos colectados y clasificados de acuerdo a sí es o no benéfico en el contexto agrícola considerando los grupos funcionales.	32

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparativo de sistemas convencionales y agroecológicos	33
--	----

ANEXOS

Cuadro A1. Temporalidad del número de especímenes de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.	47
Cuadro A2. Número de individuos de insectos colectados por familia, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad de El Rodeo, Jalisco, México.	48
Cuadro A3. Número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.	49
Figura A1. Insectos colectados del orden Hemiptera.	50
Figura A2. Insectos colectados del orden Orthoptera.	50
Figura A3. Insectos colectados del orden Coleoptera.	51
Figura A4. Insectos colectados del orden Diptera.	51
Figura A5. Insectos colectados del orden Lepidoptera.	52
Figura A6. Insectos colectados del orden Hymenoptera.	52
Figura A7. Insectos colectados del orden Mecoptera.	53
Figura A8. Insectos colectados del orden Neurotera.	53

RESUMEN

Los estudios sobre diversidad taxonómica y funcional en sistemas agroecológicos, como el del cultivo de aguacate, son aún escasos, lo que limita la comprensión del papel ecológico de los insectos y de cómo responden a distintas presiones antrópicas. Esta tesis tiene como objetivo aportar información sobre la diversidad entomológica y la estructura funcional de la entomofauna asociada a un sistema de producción agroecológica de aguacate (*Persea americana* Mill.) en El Rodeo, municipio de Gómez Farías, Jalisco. A lo largo de diez meses de muestreo, se registraron 914 individuos distribuidos en 93 morfoespecies, 59 géneros, 49 familias y ocho órdenes, lo que evidencia una considerable riqueza taxonómica en el agroecosistema evaluado. Se registraron cinco grupos funcionales: herbívoros (43.1%), saprófagos (21.8%), depredadores (16.9%), parasitoides (15.9%) y polinizadores (2.3%). Esta composición funcional revela una alta proporción de insectos benéficos (56.9%) los cuales tienen un papel fundamental para el reciclaje de materia orgánica, el control biológico y la polinización. Estacionalmente, se observaron picos de abundancia en mayo, en los insectos herbívoros, en sincronía con los grupos de parasitoides y depredadores, coincidiendo con las temperaturas más elevadas del año, lo que sugiere una sincronía ecológica entre fitófagos y sus enemigos naturales. Al contrastar estos resultados con estudios realizados en sistemas convencionales, el sistema agroecológico mostró una mayor diversidad funcional y una menor proporción de fitófagos. Estos hallazgos refuerzan la importancia de impulsar prácticas agroecológicas que favorezcan la conservación de la biodiversidad, el funcionamiento ecológico y la reducción del uso de insumos sintéticos.

Palabras clave: Agroecología, Control biológico, Diversidad entomológica, Grupos funcionales.

ABSTRACT

Studies on taxonomic and functional diversity in agroecological systems, such as avocado cultivation, are still scarce, limiting the understanding of the ecological role of insects and how they respond to different anthropogenic pressures. This thesis aims to contribute information on the entomological diversity and functional structure of the entomofauna associated with an agroecological avocado (*Persea americana* Mill.) production system in El Rodeo, municipio de Gómez Farías, Jalisco. Over ten months of sampling, 914 individuals were recorded, distributed across 93 morphospecies, 59 genera, 49 families, and eight orders, demonstrating considerable taxonomic richness in the evaluated agroecosystem. Five functional groups were identified: herbivores (43.1%), saprophages (21.8%), predators (16.9%), parasitoids (15.9%), and pollinators (2.3%). This functional composition reveals a high proportion of beneficial insects (56.9%), which play a fundamental role in organic matter recycling, biological control, and pollination. Seasonally, peaks in abundance were observed in May among herbivorous insects, in synchrony with parasitoid and predator groups, coinciding with the highest temperatures of the year. This suggests ecological synchrony between phytophagous insects and their natural enemies. When compared with studies conducted in conventional systems, the agroecological system showed greater functional diversity and a lower proportion of phytophagous insects. These findings reinforce the importance of promoting agroecological practices that support biodiversity conservation, ecological functioning, and the reduction of synthetic input use.

Keywords: Agroecology, Biological control, Entomological diversity, Functional groups.

1. INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica forma parte de los procesos más importantes en la historia de la tierra, conformada por una amplia gama de formas de vida, dentro de un espacio y tiempo (Monroy, 2003). Esta diversidad es, en parte, el resultado de las interacciones entre distintos organismos que cumplen importantes funciones en el ecosistema, tal como la polinización, la depredación, el parasitismo, la competencia y la herbivoría (Zavaro, 2018). Estas interacciones se llevan a cabo entre diversas especies de plantas y animales, en donde se destaca al grupo de los insectos, los cuales forman parte de redes tróficas siendo importantes reguladores de poblaciones de plantas o animales y como fuente de alimento para otros animales (e.g., depredación) (Alomar y Albajes, 2005).

Sin embargo, diversas actividades humanas, especialmente la agricultura intensiva, han provocado la pérdida, fragmentación y degradación de los hábitats debido a la creciente demanda de recursos, la sobreexplotación, la introducción de especies invasoras y el cambio climático. Estos factores están estrechamente relacionados con la disminución de la diversidad biológica, lo que impacta directamente en las poblaciones de insectos y, en consecuencia, en los servicios ecosistémicos que proporcionan (Nichols *et al.*, 2007; Montenegro, 2009; Ceballos y Ortega, 2011).

En el estado de Jalisco, México, uno de los cultivos más representativos es el aguacate (*Persea americana*), cuya demanda ha ido en aumento en los últimos años. No obstante, el crecimiento de este cultivo conlleva desafíos significativos, como el cambio de uso de suelo de los bosques templados (Cruz *et al.*, 2017).

Los bosques templados, en particular, los bosques de pino-encino, han sido fragmentados constantemente debido a la implementación de este cultivo, sobre todo en la región aguacatera de Michoacán, dando como resultado una pérdida significativa de la conectividad entre distintos parches de bosque, y con ello una disminución en su biodiversidad (Latorre-Cárdenas *et al.*, 2023).

Asimismo, este patrón en el paisaje contribuye al aumento de problemas asociados a la presencia de plagas, y con ello, al incremento del uso de compuestos químicos para su control (Santos *et al.*, 2015). En particular, los productores con enfoque agroecológico enfrentan el reto de evitar el uso indiscriminado de pesticidas, ya que estos pueden afectar tanto a los insectos plaga, como a los benéficos, por lo que resulta importante caracterizar la diversidad entomológica al cultivo agroecológico de aguacate.

Se conoce que los cambios poblacionales en las comunidades de insectos están influenciados por factores como las variaciones climáticas y estacionales, la presencia de enemigos naturales y la disponibilidad de alimento (Jiménez-Martínez y Rodríguez, 2022). En sistemas agrícolas, estas dinámicas también se ven afectadas por la discontinuidad de los cultivos y el uso de pesticidas, los cuales pueden ejercer una fuerte presión sobre las poblaciones de insectos (Herrera Rodríguez, 2021).

Como consecuencia de estas perturbaciones, algunos grupos de insectos pueden volverse dominantes, mientras que otros se vuelven escasos, muchas veces beneficiando a insectos potencialmente dañinos para los cultivos de interés, lo que a su vez reduce la diversidad y altera la composición de la comunidad dentro del ecosistema agrícola (Herrera Rodríguez, 2021; Jiménez-Martínez y Rodríguez, 2022).

Diversos estudios en sistemas convencionales de producción de aguacate han documentado una reducción significativa en la riqueza y abundancia de insectos

benéficos desde el punto de vista agrícola, atribuida principalmente al uso intensivo de pesticidas y a la simplificación del hábitat (Altieri y Nicholls, 2004).

Por ejemplo, en Xalisco, Nayarit, León Pérez (2008) registró un total de 1,286 individuos pertenecientes al menos a 97 familias de insectos en tres fincas convencionales de aguacate Hass, con una predominancia alta de insectos no benéficos. Asimismo, González-Herrera (2003) en Costa Rica, reportó 1,158 individuos pertenecientes a 116 especies de artrópodos en huertas convencionales, donde sólo se identificaron seis órdenes, lo que evidencia una simplificación estructural de la comunidad entomológica. Estos resultados reflejan un desequilibrio funcional posiblemente causado por el uso intensivo de agroquímicos como el paratión metílico y la cipermetrina, además de la homogeneización del paisaje por el monocultivo.

Por lo tanto, es necesario conocer las consecuencias que tiene el tipo de manejo sobre la diversidad de la entomofauna asociada al cultivo de aguacate para proponer mejores estrategias de manejo que conlleven al uso sustentable de los recursos naturales y la conservación de organismos benéficos que contribuyen al equilibrio del agroecosistema (Carabalí *et al.*, 2012).

1.1 Objetivo General

Evaluar la riqueza, abundancia, y los grupos funcionales de insectos en un cultivo agroecológico de aguacate (*Persea americana*) en la localidad El Rodeo, Jalisco.

1.2 Objetivos específicos

1. Evaluar la riqueza y abundancia de insectos asociados al cultivo agroecológico de aguacate.
2. Caracterizar la diversidad funcional de los insectos registrados, clasificándolos en grupos benéficos y no benéficos según su función ecológica.
3. Contrastar los patrones de diversidad específica y funcional de este estudio con resultados de estudios previos realizados en sistemas agroecológicos y convencionales de producción de aguacate.

1.3. Hipótesis

Dado que los sistemas de producción agroecológica promueven prácticas que favorecen la biodiversidad, se espera que el cultivo agroecológico de aguacate en la localidad El Rodeo, Jalisco, presente una alta riqueza y abundancia de insectos, así como una diversidad funcional compuesta predominantemente por grupos benéficos. Asimismo, se estima que la diversidad específica y funcional observada será mayor en comparación con la reportada en estudios previos realizados en sistemas convencionales de producción de aguacate.

1.4. Justificación

El manejo agroecológico promueve prácticas que favorecen la biodiversidad, tales como eliminación del uso de agroquímicos, el mantenimiento de la cobertura vegetal y la conservación de hábitats circundantes (Gliessman, 2002; Altieri y Nicholls, 2007). Estas prácticas contribuyen a conservar comunidades diversas de insectos, incluyendo aquellos que desempeñan funciones ecológicas clave como la polinización, el control biológico de plagas y la descomposición de materia orgánica (Nichols *et al.*, 2007; Carabalí *et al.*, 2012).

Evaluar la riqueza, abundancia y diversidad funcional de insectos asociados a un cultivo agroecológico de aguacate permite comprender mejor su papel en el equilibrio del agrosistema, al identificar grupos funcionales benéficos o potencialmente dañinos que influyen en la salud del cultivo (López García *et al.*, 2019). Además, comparar estos resultados con estudios previos en sistemas de producción convencionales permitirá valorar el efecto del tipo de manejo sobre la biodiversidad entomológica (González-Herrera, 2003; Hermoso *et al.*, 2007), generando información útil para el diseño de prácticas agrícolas más sostenibles.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill)

El aguacate es una de las especies frutales más relevantes en la agricultura mexicana, tanto por su alto valor comercial como por su creciente demanda en los mercados internacionales. México se posiciona como el principal productor mundial de este fruto, con exportaciones significativas hacia Estados Unidos, Europa y Asia (FAO, 2022). A nivel nacional, los estados de Michoacán y Jalisco lideran la producción; este último se ha destacado en años recientes por la expansión de su superficie cultivada y un creciente interés en prácticas agrícolas sustentables, particularmente en municipios como Zapotlán el Grande, Gómez Farías y Zapotiltic (SIAP, 2023).

El cultivo de aguacate prospera en climas templados a subtropicales, suelos bien drenados y altitudes entre los 600 y 2,400 metros sobre el nivel del mar (Anguiano *et al.*, 2007). Pertenece a la familia Lauraceae y es una especie de hoja perenne originaria de Mesoamérica, característica que le confiere una notable capacidad de adaptación ecológica. Sin embargo, el tipo de manejo agrícola empleado influye directamente en su desempeño tanto productivo como ecológico (Guzmán, 2024).

2.2 Sistemas de manejo en el cultivo de aguacate: convencional vs agroecológico

El cultivo de aguacate puede desarrollarse bajo distintos sistemas de manejo, los cuales reflejan visiones contrastantes sobre el uso del suelo, los recursos naturales y la sostenibilidad. Los principales enfoques se agrupan en el manejo convencional y el agroecológico (Hermoso *et al.*, 2007).

2.2.1 Manejo convencional

Este sistema se caracteriza por el uso intensivo de insumos externos como fertilizantes sintéticos, pesticidas y agroquímicos, así como por la implementación de monocultivos, mecanización agrícola y la eliminación de cobertura vegetal. Aunque estas prácticas permiten aumentar la productividad a corto plazo, con frecuencia provocan la simplificación del ecosistema agrícola, lo que conlleva una reducción en la biodiversidad y en servicios ecosistémicos clave como el control biológico de plagas, la polinización y la fertilidad del suelo (Méndez Reyes, 2019).

Las características principales del manejo convencional incluyen:

1. Monocultivos: Se basa principalmente en monocultivos extensivos, lo que puede aumentar la vulnerabilidad de los cultivos a plagas y enfermedades (Altieri y Nicholls, 2007).
2. Uso de fertilizantes sintéticos: Existe una dependencia de fertilizantes sintéticos que pueden causar problemas de contaminación del suelo y del agua (Stupino *et al.*, 2015).
3. Control químico de plagas: Mayormente se recurre a pesticidas químicos para el control de plagas, lo que puede tener efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente (Stupino *et al.*, 2015).
4. Labranza intensiva: Prácticas de labranza intensiva que pueden provocar erosión del suelo y pérdida de materia orgánica (Fonteyne *et al.*, 2022).
5. Consumo excesivo de agua: Uso de sistemas de riego que no son eficientes, lo que puede contribuir a la escasez de agua y la degradación de los recursos hídricos (García *et al.*, 2006).

2.2.2 Efectos del cultivo convencional del aguacate en México

En los últimos años, la expansión del cultivo de aguacate se ha consolidado como una de las principales causas de deforestación en regiones clave del occidente de

México, particularmente en los estados de Michoacán y Jalisco. En Michoacán, entre 1975 y 1993 se estimó una tasa anual de deforestación del 1.8%, equivalente a la pérdida de hasta 8,000 hectáreas de bosque templado por año. Si bien esta tasa disminuyó a nivel estatal entre 2007 y 2014 (de 0.16% a 0.09%), se incrementó en municipios localizados en el centro del estado debido a la creciente demanda del aguacate en mercados internacionales, especialmente el estadounidense.

Entre 2001 y 2017, el 20% de las áreas deforestadas en Michoacán fueron transformadas en huertos de aguacate, cuya superficie cultivada creció a una tasa anual del 4.5% entre 2013 y 2021 (Latorre-Cárdenas *et al.*, 2023). Esta expansión ha ocasionado fragmentación severa del paisaje forestal, pérdida de conectividad ecológica, alteración de procesos ecológicos clave como la dispersión de semillas y polen, y una reducción significativa en la regeneración natural de especies arbóreas nativas.

Una situación análoga ocurre en Jalisco, particularmente en su región sur, donde el cultivo de aguacate ha experimentado un crecimiento acelerado. Entre 2015 y 2020, la superficie sembrada aumentó de 14,721 a 23,233 hectáreas, lo que representa un incremento del 63% (Proceso, 2022). Para 2021, se estimó que la superficie cultivada alcanzaba cerca de 30,000 hectáreas.

Esta tendencia fue reforzada por la apertura del mercado estadounidense al aguacate jalisciense en 2022, lo que ha incentivado nuevas plantaciones (Milenio, 2023). Sin embargo, este auge también ha generado impactos ambientales significativos: entre 2019 y 2022, se deforestaron aproximadamente 5,160 hectáreas de vegetación nativa, principalmente en zonas de alto valor ecológico como la Sierra de Tapalpa, lo cual ha provocado escasez de agua, pérdida de biodiversidad y deterioro de servicios ecosistémicos (Informador, 2021; Vanguardia, 2023). Además, se han documentado prácticas ilegales como la tala clandestina y el cambio de uso de suelo sin autorización (Proceso, 2022). Estas similitudes con Michoacán confirman que el modelo de producción de aguacate, aunque económicamente rentable, representa un desafío ambiental común en ambas

entidades y requiere medidas urgentes de regulación y conservación para evitar la degradación continua de sus ecosistemas forestales.

2.2.3 Diversidad de insectos en sistemas convencionales de aguacate

Se ha documentado ampliamente la composición de insectos asociadas a huertas convencionales de aguacate, señalando desequilibrios importantes en estos agroecosistemas intensivos. En el municipio de Xalisco, Nayarit, León Pérez (2008) registró un total de 1,286 individuos al menos 97 familias de insectos vinculadas al cultivo de aguacate 'Hass', evaluando tres fincas diferentes en donde se encontró una clara dominancia de especies fitófagas, las cuales representaron aproximadamente el 75% del total de individuos recolectados.

Entre las familias más representativas dentro de este grupo se identificaron Cicadellidae, Chrysomelidae, Miridae, Delphacidae y Aphididae. En contraste, los insectos benéficos (e.g., incluidos depredadores, parasitoides y desintegradores) estuvieron escasamente representados (25%), lo que pone en evidencia una composición funcional desequilibrada, posiblemente derivada del uso intensivo de agroquímicos como paratión metílico y cipermetrina.

De forma complementaria, en un análisis de largo plazo en Costa Rica, González-Herrera (2003) reportó la recolección de 1158 individuos pertenecientes a 116 especies de artrópodos en sistemas convencionales. No obstante, en los sistemas convencionales únicamente se identificaron seis órdenes principales (Lepidoptera, Coleoptera, Hymenoptera, Homoptera, Heteroptera y Diptera), lo cual sugiere una simplificación estructural de la comunidad entomológica asociada a estos monocultivos.

A esta problemática se suma la expansión reciente del monocultivo de aguacate en regiones clave de México, la cual ha desencadenado procesos de deforestación, homogeneización del paisaje y fragmentación del hábitat, afectando la diversidad taxonómica y funcional de los insectos presentes (León-Cortés *et al.*, 2023). Este

proceso ha sido particularmente nocivo para grupos funcionales clave como polinizadores, depredadores y parasitoides, que dependen de una matriz heterogénea para sobrevivir y mantener sus funciones ecológicas.

Un estudio de Sáenz- Ceja *et al.* (2022) analizó la superposición espacial entre zonas adecuadas para el cultivo de aguacate y la distribución de diez especies de polinizadores amenazados. Se encontró que el 78% de las áreas agrícolas potenciales coincidían con hábitats de al menos una de estas especies, y que en el Eje Neovolcánico Transmexicano la pérdida de hábitat promedio fue de 41.6%. Las especies más afectadas fueron *Bombus brachycephalus*, *Bombus diligens*, *Danaus plexippus* y *Tilmatura dupontii*, cuya pérdida superó el 48% en esta región.

La fragmentación del hábitat también repercute en la estructura y diversidad de insectos en ecosistemas tropicales mexicanos. Según León-Cortés *et al.* (2023), la pérdida de cobertura vegetal y el aislamiento de fragmentos han alterado la composición de varios órdenes funcionales.

Se observó, por ejemplo, que las mariposas (Lepidoptera) presentaron reducciones en su diversidad y abundancia en fragmentos más pequeños de bosque seco tropical, mientras que otros grupos como las hormigas (Formicidae) y escarabajos coprófagos (Scarabaeidae) mostraron respuestas variadas, dependiendo de los atributos del paisaje circundante.

En conjunto, estos trabajos evidencian que la intensificación del cultivo de aguacate, tanto por prácticas convencionales como por la expansión del monocultivo, conlleva una pérdida de diversidad funcional y una simplificación ecológica de la entomofauna asociada (Altieri y Nicholls, 2007). Esto puede afectar negativamente procesos clave como la polinización, el control biológico y el reciclaje de nutrientes. Lo cual nos habla de la necesidad de promover prácticas agrícolas más sostenibles, como la conservación de parches forestales, la reducción del uso de agroquímicos y el manejo del paisaje a escalas amplias, con el fin de preservar la integridad

funcional de los agroecosistemas aguacateros (Alomar Kurz y Albajes Garcia, 2005).

2.3.1 Manejo Agroecológico

El manejo agroecológico se basa en prácticas que priorizan la sostenibilidad y la salud ambiental, fomentando el aprovechamiento de los recursos naturales locales, disminuyendo el uso de insumos externos. A diferencia del enfoque convencional, que busca maximizar la producción a corto plazo muchas veces sin considerar los impactos ecológicos y sociales a lo largo del tiempo, la agroecología promueve sistemas agrícolas resilientes que integran principios ecológicos, sociales y económicos (Altieri y Nicholls, 2007; López y Sorondo, 2020).

Actualmente, aunque la producción agroecológica está en crecimiento a nivel global, todavía representa una fracción menor respecto a la agricultura convencional. Según el *Research Institute of Organic Agriculture*, existen aproximadamente 76 millones de hectáreas dedicadas a la producción orgánica y agroecológica en el mundo (Willer *et al.*, 2024). Si bien los rendimientos pueden ser entre un 10% y un 30% menores en comparación con los sistemas convencionales, esta diferencia puede reducirse significativamente mediante un manejo agroecológico adecuado, utilizando estrategias como la diversificación de cultivos, el control biológico de plagas y la mejora de la fertilidad del suelo (López y Sorondo, 2020).

En México, la superficie cultivada bajo principios agroecológicos abarca aproximadamente 2.3 millones de hectáreas, con mayor presencia en estados como Chiapas, Oaxaca y Michoacán (Willer *et al.*, 2024). En cuanto a rendimientos, cultivos agroecológicos como el maíz y el aguacate reportan entre 2–3 t/ha y 5–10 t/ha respectivamente, cifras menores que en el sistema convencional. No obstante, los productos agroecológicos suelen alcanzar precios más altos en el mercado, lo que permite compensar la diferencia en productividad. Por ejemplo, el aguacate

agroecológico puede venderse entre un 15% y un 25% por encima del precio del convencional, debido a la creciente demanda por alimentos producidos de forma sostenible (SIAP, 2023; Willer *et al.*, 2024).

Este diferencial de precios, sumado a los menores impactos negativos en el ambiente, hace del aguacate agroecológico una opción competitiva, especialmente en los mercados internacionales, donde los productos con certificaciones ecológicas son cada vez más valorados (FAO, 2022). Estas certificaciones no solo permiten a los productores acceder a nuevos mercados, sino que también refuerzan las prácticas sostenibles de conservación del suelo, del agua y de la biodiversidad.

Principales características del manejo agroecológico:

1. Policultivos: Promueve la diversidad de cultivos en lugar de monocultivos, lo que ayuda a reducir la dependencia de agroquímicos y a mejorar la biodiversidad (Mosquera *et al.*, 2012).
2. Uso de abonos orgánicos: Fomenta el uso de abonos orgánicos en lugar de fertilizantes sintéticos, lo que mejora la estructura del suelo y reduce la contaminación (Mosquera *et al.*, 2012).
3. Control biológico de plagas: Prioriza el control de plagas y enfermedades mediante métodos biológicos, como la introducción de organismos benéficos en los cultivos con el fin de disminuir la presencia de insectos potencialmente plaga (Altieri y Nicholls, 2006).
4. Conservación de suelos: Emplea técnicas de conservación de suelos, como la agricultura de conservación y el manejo integrado de suelos, para mejorar su salud y fertilidad a largo plazo (Altieri y Nicholls, 2006).
5. Uso eficiente del agua: Promueve prácticas de riego más eficientes, como el riego por goteo, para reducir el consumo de agua y evitar la contaminación por lixiviación de nutrientes (López y Sorondo, 2020).

El establecimiento de sistemas agroecológicos de aguacate en México responde a la necesidad de conservar la biodiversidad en zonas agrícolas que colindan con ecosistemas naturales, como los bosques. Este tipo de manejo permite mantener hábitats funcionales para especies benéficas, como polinizadores y enemigos naturales de plagas, contribuyendo al equilibrio ecológico del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2006; Perfecto y Vandermeer, 2010; Macías-Macías y Sevilla-García, 2021).

2.4 La biodiversidad de los bosques en México

México es uno de los países megadiversos del mundo, en gran parte debido a su amplia variedad de ecosistemas, que incluyen bosques templados, tropicales y de niebla. Estos bosques albergan una riqueza excepcional de especies de flora, fauna, hongos y microorganismos, muchas de ellas endémicas, es decir, exclusivas del país (CONABIO, 2017). Esta biodiversidad tiene implicaciones ecológicas, culturales y económicas, ya que los bosques no solo actúan como reservorios genéticos, sino que también proporcionan recursos y servicios ecosistémicos fundamentales (Martínez *et al.*, 2010).

Entre estos servicios destacan la regulación del ciclo hidrológico, la captura de carbono, la conservación de suelos, la polinización, el reciclaje de nutrientes y el control biológico de plagas, todos ellos esenciales para la agricultura y el bienestar humano (Chait, 2015; González y Serna, 2018). Específicamente, los enemigos naturales que habitan en los bosques desempeñan un papel crucial en la regulación de plagas agrícolas, lo que reduce la necesidad del uso de pesticidas en zonas agrícolas adyacentes.

Uno de los ecosistemas más representativos del país es el bosque de pino-encino, que cubre aproximadamente el 16% del territorio nacional (Gutiérrez-Contreras, 2010). Estos bosques no solo destacan por su biodiversidad, sino también por su importancia en la protección de cuencas hidrográficas y la producción de madera

(INEGI, 2019). Proveen hábitats críticos para muchas especies endémicas, convirtiéndose en un foco prioritario para la conservación (CONAFOR, 2018). Sin embargo, la biodiversidad de estos bosques enfrenta amenazas crecientes debido a actividades como la tala ilegal y el cambio de uso de suelo para actividades agropecuarias (Loredo *et al.*, 2011). Es indispensable proteger estos ecosistemas para mantener los servicios ambientales que sustentan la vida humana y la productividad agrícola.

2.5 Amenazas de la biodiversidad de los bosques en México

La biodiversidad de los bosques de pino-encino se encuentra seriamente amenazada por múltiples actividades humanas, entre ellas el cambio de uso del suelo, la contaminación, la sobreexplotación de recursos, la caza furtiva, la introducción de especies invasoras y la fragmentación del hábitat (Cruz *et al.*, 2017). Estas presiones no solo reducen la riqueza de especies (diversidad taxonómica), sino también su diversidad funcional, generando desequilibrios en interacciones ecológicas clave como la polinización, el parasitismo y la competencia (Perfecto y Vandermeer, 2010; Villavicencio *et al.*, 2012).

Una de las principales causas de este deterioro es la expansión de monocultivos intensivos, motivada por intereses económicos y acompañada del uso indiscriminado de agroquímicos, pesticidas y tecnologías que fragmentan y destruyen hábitats (Foley *et al.*, 2005). Esta fragmentación conlleva una pérdida de conectividad ecológica, lo que reduce la capacidad de dispersión y supervivencia de especies benéficas, afectando directamente la estabilidad ecológica del paisaje (Stupino *et al.*, 2014).

2.5.1 Fragmentación de los hábitats

El desarrollo urbano y las crecientes necesidades humanas demandan la modificación continua de los espacios naturales, lo que conlleva efectos

significativos sobre los fragmentos o parches que resultan de dicha transformación. Estos efectos incluyen la disminución de la diversidad de especies y la alteración en la composición de las comunidades biológicas, lo cual puede llevar al declive de sus poblaciones (Ángel *et al.*, 2012).

La fragmentación del hábitat se refiere a la división de un ecosistema continuo en fragmentos más pequeños y aislados, como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, la construcción de carreteras, la deforestación y, en muchos casos, la agricultura intensiva (Haddad *et al.*, 2015). Esta fragmentación se considera uno de los principales factores responsables de la pérdida de biodiversidad (Santos y Tellería, 2006).

Tanto el efecto de borde como la reducción del tamaño de los hábitats fragmentados afectan significativamente la composición de la diversidad biológica. Dichos cambios alteran la funcionalidad de las especies al restringir su área de distribución y su capacidad de desplazamiento. Estos impactos no se limitan a los ecosistemas naturales, sino que también se manifiestan en los agroecosistemas (Arroyo *et al.*, 2019). Los efectos son aún más evidentes en cultivos destinados a la producción globalizada como los monocultivos o aquellos manejados mediante agricultura industrial donde el impacto ecológico es más severo, al eliminarse por completo las especies nativas del entorno productivo (Santos y Tellería, 2006). Además, la fragmentación del hábitat conlleva implicaciones directas para los agroecosistemas, ya que la reducción de su diversidad estructural limita interacciones ecológicas fundamentales, como la dispersión de organismos benéficos y el control biológico natural (Arroyo *et al.*, 2019).

En este contexto, los insectos elementos clave de la biodiversidad son particularmente sensibles a los cambios en la estructura del hábitat, ya que muchas especies requieren condiciones específicas de microclima, refugio y recursos florales que se ven alterados o eliminados por la intensificación agrícola (Santos y Tellería, 2006; Haddad *et al.*, 2015). La pérdida de hábitat y de conectividad puede

modificar la composición de los grupos funcionales de insectos, afectando negativamente la provisión de servicios ecosistémicos esenciales. Por esta razón, el estudio de la diversidad funcional de insectos en agroecosistemas adquiere relevancia para comprender cómo distintos modelos de manejo agrícola ya sea convencional o agroecológico inciden en la estabilidad y sostenibilidad del sistema (Torretta y Poggio, 2013; Villarreal-Contreras, 2021).

2.6 Diversidad funcional de insectos en agroecosistemas

Diversos estudios han documentado la diversidad de insectos en sistemas agroecológicos, clasificándolos según su funcionalidad, dieta y comportamiento, es decir, en grupos funcionales (Torretta y Poggio, 2013). Estos grupos permiten distinguir entre aquellos insectos que resultan benéficos para el desarrollo de los cultivos de interés y aquellos que representan un riesgo, actuando como plagas dentro de los sistemas agrícolas (Villarreal-Contreras, 2021).

2.7 Grupos funcionales de insectos

En los ecosistemas, los insectos cumplen múltiples funciones ecológicas esenciales que contribuyen al mantenimiento del equilibrio natural. Cada especie tiene un papel específico según su distribución, conducta y hábitos alimenticios, participando en procesos como la polinización, la descomposición de materia orgánica, el reciclaje de nutrientes y el control biológico (Mendoza-Moreno, 2021). Para entender mejor estos roles, resulta útil clasificar a los insectos en grupos funcionales, es decir, conjuntos de organismos que comparten funciones ecosistémicas similares. Esta clasificación permite analizar con mayor claridad su importancia dentro del ecosistema (Alomar Kurz y Albajes Garcia, 2005).

2.7.1 Grupos funcionales benéficos:

1. Polinizadores: Incluyen abejas, avispas y otros insectos que ayudan en la polinización de las flores, mejorando la producción de frutos (Prado *et al.*, 2018).
2. Depredadores: Como las mariquitas, crisópidos, avispas y coccinélidos que se alimentan de insectos dañinos para el cultivo, ayudando en el control natural de plagas (Hernández *et al.*, 2019).
3. Parasitoides: Algunas avispas depositan sus huevos en las larvas de insectos perjudiciales controlando sus poblaciones (Hernández *et al.*, 2019).
4. Detritívoros o saprófagos: Organismos que se alimentan de material orgánico en descomposición, formando parte del ciclo de nutrientes y el mantenimiento de la salud del suelo (Alvarado-Orellana *et al.*, 2018).

2.7.2 Grupos funcionales perjudiciales

Los insectos fitófagos o herbívoros son considerados perjudiciales para la agricultura, ya que se alimentan de los cultivos. Entre ellos se encuentran pulgones, gusanos barrenadores, escamas, salta hojas y chinches, los cuales causan daños directos a las plantas, reduciendo tanto la calidad como el rendimiento de la cosecha (López *et al.*, 2022).

Mediante prácticas agrícolas sostenibles, es posible fomentar la presencia y actividad de los grupos funcionales benéficos. Estrategias como la diversificación de cultivos, la conservación de hábitats naturales y el uso controlado de pesticidas permiten mantener el equilibrio ecológico del agroecosistema y reducir los efectos negativos de los insectos perjudiciales sobre los cultivos de interés (Díaz *et al.*, 2018).

2.8 Estudios enfocados a la diversidad de insectos asociados al cultivo de aguacate

Diversas investigaciones han abordado la diversidad de insectos presentes en los cultivos de aguacate, así como su papel en la producción de frutos (Gutiérrez *et al.*, 2013; Sosenski y Domínguez, 2018). Entre los insectos polinizadores identificados se encuentran abejas nativas, moscas y avispas (Daniel y Guadalupe, 2015). El Diagnóstico Nacional sobre los Polinizadores en México también subraya la importancia de conservar tanto las poblaciones de estos insectos como sus hábitats, especialmente en cultivos como el aguacate (SADER, 2021).

Por otro lado, los aguacatales también albergan insectos considerados plagas, como ácaros, chinches y escarabajos, cuya presencia representa un desafío constante para su manejo (SADER; SEMARNAT, 2021). En este contexto, la presencia de insectos benéficos como las crisopas (depredadores) y las avispas braconíidas (parasitoides) cobra especial relevancia, ya que desempeñan un papel clave en el control biológico de dichas plagas (Torretta y Poggio, 2013; Quesada *et al.*, 2022).

Un estudio realizado por Villavicencio *et al.* (2012) analizó cómo la expansión agrícola y la urbanización inciden en la fragmentación de los hábitats, reduciendo significativamente la cobertura vegetal nativa. Esto genera aislamiento entre parches, lo que limita la biodiversidad y altera los flujos ecológicos naturales, comprometiendo la sostenibilidad a largo plazo de las especies locales. Asimismo, Ángel *et al.* (2012) destaca el impacto de la fragmentación sobre la pérdida de conectividad ecológica, remarcando que las actividades humanas provocan cambios en el paisaje que afectan negativamente a la flora y fauna, especialmente aquellas especies que dependen de extensas áreas de hábitat continuo. Ambos estudios coinciden en señalar que la actividad humana es un factor principal en la fragmentación del hábitat, afectando la resiliencia de los ecosistemas y su capacidad para mantener la biodiversidad, alterando la estructura y funcionalidad

de las poblaciones de insectos en los cultivos (Mendoza, 2021). De este modo, dichos estudios resultan fundamentales para comprender la ecología del cultivo de aguacate y para desarrollar estrategias de manejo integrado de plagas que favorezcan la conservación de insectos benéficos. Por lo tanto, es prioritario enfrentar la pérdida de biodiversidad y sus efectos negativos tanto en la producción agrícola como en la calidad de vida humana, al asegurar la continuidad de los servicios ecosistémicos fundamentales para nuestra coexistencia (Torretta y Poggio, 2013; ENCUSP, 2021).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Área de estudio

El área de estudio se encuentra en una región agrícola ubicada en la comunidad de El Rodeo, municipio de Gómez Farías, Jalisco, México en las coordenadas (19°50'17.1" N 103°26'14.0" O) y 2,000 msnm (Figura1). Esta localidad se caracteriza por una gran diversidad de cultivos de maíz, aguacate y frutos rojos. El clima es generalmente templado, subhúmedo y cálido, la temperatura promedio es de 17.7°C y las precipitaciones oscilan entre los 999 y los 1,100 mm por año, siendo los meses de junio a septiembre los más lluviosos (INEGI 2022; CONAGUA, 2022).

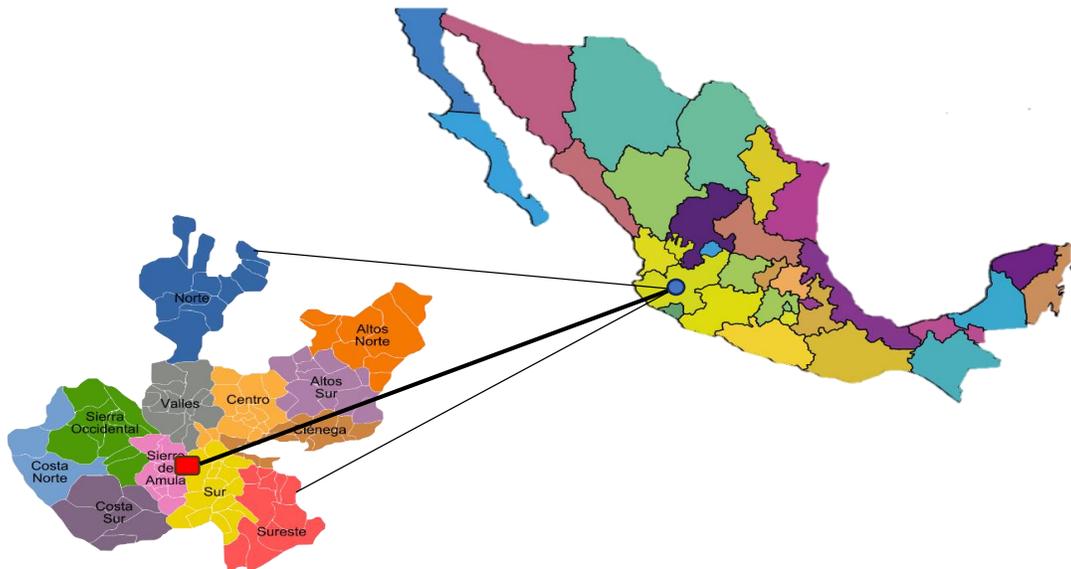


Figura 1. Área de estudio ubicada en la comunidad de “El Rodeo”, Jalisco, México (19°50'17.1" N 103°26'14.0" O).

3.1.1 Flora

Dentro de las tres regiones que conforman el complejo montañoso de la Sierra Madre Occidental, la región que predomina en la zona de Jalisco, es la Madrense, en la parte alta de la sierra, incluyendo la presencia de bosque de pino, bosque mixto de coníferas, bosque de encino y manchones o parches de bosque mesófilo de montaña, comunidades de bosque primario y secundario o chaparral y el bosque de pino-encino (Rzedowski 2006; González *et al.*, 2012). Los géneros que predominan son *Quercus* (54 especies, 34% del total nacional), *Pinus* (24 especies, 46% del total nacional) y *Arbutus* (siete especies, 100% del total nacional). En la zona que corresponde al área de estudio predomina el bosque de pino-encino donde se registran principalmente las especies de *Quercus resinosa*, *Quercus praineana* y *Pinus oocarpa* (González *et al.*, 2012).

3.1.2 Fauna

Dentro de la región que pertenece a la Sierra del Tigre en Jalisco se encuentran especies como el tigrillo (*Leopardus pardalis*), el ocelote (*Leopardus wiedii*), el jaguarundi o leoncillo (*Herpailurus yagouaroundi*), el halcón peregrino (*Falco peregrinus*), el escorpión (*Heloderma horridum*) y la boa constrictora (*Boa constrictor*). Además, especies endémicas como el zorzal mexicano (*Catharus occidentalis*), la codorniz coluda transvolcánica (*Dendrortyx macroura*) y la calandria flancos negros (*Icterus abeillei*) (CONANP y SIMEC, 2022).

3.2 Características del cultivo agroecológico de aguacate (*Persea americana*, var. Méndez)

El presente estudio se centra en el cultivo agroecológico de aguacate (*Persea americana*) Hass, variedad Méndez, ubicado en la región de El Rodeo, municipio de Gómez Farías, Jalisco. Esta variedad destaca por su capacidad de adaptación al

clima semicálido predominante en el sur de Jalisco y por su cosecha anual, que ocurre de manera más temprana en comparación con el aguacate *Hass* tradicional (Méndez *et al.*, 2013; García *et al.*, 2015).

Principales aspectos fenológicos del aguacate (*Persea americana*) *Hass*, variedad Méndez:

1. Etapa vegetativa: Se observa principalmente durante el verano (agosto-septiembre) y el invierno (febrero).
2. Floración: El proceso desde la yema vegetativa hasta la antesis tiene una duración variable, siendo de aproximadamente 187 días para los brotes de verano (agosto a octubre) y de 222 días para los de invierno (diciembre a febrero).
3. Caída de fruto: La pérdida de frutos, que tienen un tamaño promedio de 5 a 6 cm de diámetro, es similar en ambas temporadas de floración, oscilando entre el 55.4% y el 61.8%.
4. Madurez del fruto: Los frutos alcanzan su madurez ($\geq 22.7\%$ de materia seca) en los periodos correspondientes a la floración: en julio para la floración de verano y en septiembre-octubre para la de invierno (García *et al.*, 2015).

Manejo agroecológico

En el cultivo agroecológico se priorizan prácticas sostenibles que respetan los procesos naturales del ecosistema y minimizan el impacto ambiental. Para garantizar un desarrollo óptimo en el cultivo agroecológico de aguacate variedad Méndez, se han implementado diversas técnicas agroecológicas.

Mejoradores de suelo

La cal agrícola, una fuente económica de calcio, se emplea para corregir la acidez del suelo y mejorar la disponibilidad de nutrientes esenciales como fósforo y

magnesio. La ceniza, rica en potasio y microelementos, se utiliza como enmienda orgánica y se incorpora al suelo en las bases de los árboles después de cada ciclo productivo (Flores, 2024).

Podas y uso de biofertilizantes

Las podas regulares eliminan ramas secas, enfermas o cruzadas, mejorando la ventilación e iluminación del árbol, lo que reduce la incidencia de plagas y enfermedades (Nataren *et al.*, 2020). Los biofertilizantes, elaborados con insumos locales como estiércol, melaza y microorganismos, se aplican tanto al suelo como de forma foliar, garantizando un suministro constante de nutrientes esenciales para el crecimiento saludable del árbol (Nataren *et al.*, 2020; Flores, 2024).

Control de malezas

El manejo de malezas se realiza manualmente, con herramientas simples, como azadones y cuchillas, evitando el uso de herbicidas químicos. Las malezas eliminadas se reutilizan como cobertura orgánica, enriqueciendo el suelo (Castillo, 2018; Nataren *et al.*, 2020).

Cultivos de cobertura

Se emplearon leguminosas como chícharo y frijol, que actúan como cobertura vegetal viva. Estas plantas fijan nitrógeno atmosférico en el suelo mediante bacterias simbióticas, mejorando la fertilidad y estructura del suelo. Además, sirven como barreras contra la erosión y contribuyen a la biodiversidad del agroecosistema (Martínez, 2022).

Cultivos intercalados

Intercalar maíz entre las filas de aguacate incrementa la biodiversidad y resiliencia del sistema. Esta práctica reduce la abundancia de malezas al ocupar el espacio de cultivo y al final del ciclo, el rastrojo se reincorpora al suelo como materia orgánica (Abrigo, 2022).

Aplicación foliar de microelementos

La nutrición foliar se emplea para corregir deficiencias específicas de microelementos como zinc (Zn), boro (B) y manganeso (Mn), fundamentales para la floración, el cuajado y la formación de frutos. Estas aplicaciones se realizan con biofertilizantes líquidos enriquecidos en etapas críticas como la prefloración y el desarrollo del fruto (Castillo, 2018).

3.3 Muestreo

Se realizó un muestreo entomológico en un cultivo agroecológico de aguacate, en la localidad de El Rodeo Municipio de Gómez Farías, Jalisco. El cultivo tiene una dimensión de 60 m de largo × 16 m de ancho. Se establecieron dos transectos (T1 y T2) de 13 × 8 m con distintas características (Figura 2): T1) presenta mayores prácticas agrícolas al colindar con un cultivo de milpa, bosque de pino-encino, además de un policultivo de aguacate y milpa; y T2) rodeado únicamente de las especies de pino-encino propias del hábitat original. Se siguió la metodología propuesta por Gómez y Jones (2002) que consiste en el método visual, método de golpeo y método de captura con red entomológica.



Figura 2. Ubicación de transectos y caracterización del entorno, según grado de perturbación, en un cultivo de aguacate. a) Ubicación de los transectos donde se realizó el muestreo; b) Descripción de zonas cercanas a los transectos: 1: Grado de perturbación nula; 2: Grado de perturbación baja; 3: Grado de perturbación media; 4: Grado de perturbación alta; 5: Grado de perturbación severa.

3.4 Colectas

En los transectos se realizaron colectas semanales de enero a octubre de 2020 (Figura 3). En total, se realizaron 39 colectas, acumulando un esfuerzo de muestreo de 156 horas.



Figura 3. Métodos de captura de insectos. a) Red entomológica hecha a mano; b) Uso de la red para captura, con el método propuesto por Gómez y Jones (2002).

3.5 Conservación, montaje e identificación de insectos

Después de cada colecta, los insectos capturados fueron almacenados y conservados en frío utilizando un congelador. Este método, realizado y documentado por Henao Bañol y Triviño (2013), es efectivo tanto para eliminar posibles patógenos como para mantener los especímenes en óptimas condiciones para su posterior identificación. Para preparación y montaje de especímenes, se siguió la propuesta de Luna (2005), el proceso incluyó el uso de alfileres y cajas entomológicas, así como herramientas de precisión, como pinzas, tijeras y pegamento, además de un estereoscopio para asegurar un montaje adecuado y preciso de insectos pequeños (Figura 4).

Una vez montados, los insectos fueron identificados y etiquetados, clasificándolos y ordenándolos a nivel de morfoespecie y, en la medida de lo posible, al nivel taxonómico más fino (i.e., familia, género o especie). Además, los especímenes fueron clasificados en cinco grupos funcionales: polinizadores, depredadores, parasitoides, herbívoros y saprófagos, siguiendo los criterios propuestos por Gómez y Jones (2002) y Henao y Triviño (2013). Para este proceso se consultaron diversas fuentes (Gómez y Jones, 2002; Murillo y Lezama, 2008; Andrade *et al.*, 2013). Además, se agruparon como benéficos y no benéficos, desde el punto de vista de la agricultura.



Figura 4. Observación y montaje de insectos colectados en un cultivo de aguacate en el Rodeo, Jalisco, México. A) Observación e identificación de insectos; B) Montaje de insectos y registro; fotográfico; Colocación de los insectos en una caja entomológica.

3.6 Análisis de datos

Los datos obtenidos se trabajaron en el programa Microsoft Excel en una base de datos, haciendo uso de herramientas como tablas dinámicas, gráficos en los que se analizó la riqueza (número de especies) y abundancia (número de individuos) de los insectos. Asimismo, se clasificaron de acuerdo al orden, familia y género al que pertenecen (Montes, 2013). Y su clasificación en cinco grupos funcionales: polinizadores, depredadores, parasitoides, herbívoros y saprófagos, además de agruparlos en insectos benéficos o no benéficos desde el punto de vista agrícola (Torretta y Poggio, 2013).

4. RESULTADOS

Se colectaron un total de 914 individuos pertenecientes a 93 morfoespecies, 59 géneros, 49 familias y 8 órdenes. El orden Hemiptera fue el mejor representado con 334 individuos (36.5%), seguido de Diptera con 253 individuos (27.6%), Hymenoptera con 182 individuos (19.9%), Coleoptera con 64 individuos (7.0%) y Neuróptera con 47 individuos (5.1%). Los órdenes Lepidoptera, Orthoptera y Mecoptera, que corresponden únicamente al 3.7% del total de insectos, fueron los menos representados (figura 5).

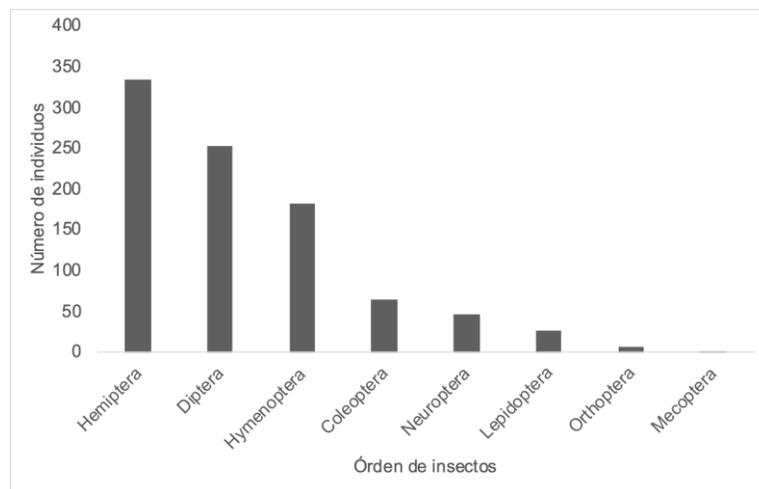


Figura 5. Número de individuos de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

Los órdenes Hemiptera, Hymenoptera, Mecoptera y Neuroptera presentaron picos de abundancia en el mes de mayo mientras que Diptera presentó una alta abundancia en enero y agosto; y el orden Coleoptera alcanzó su máximo en el mes de junio (Figura 6).

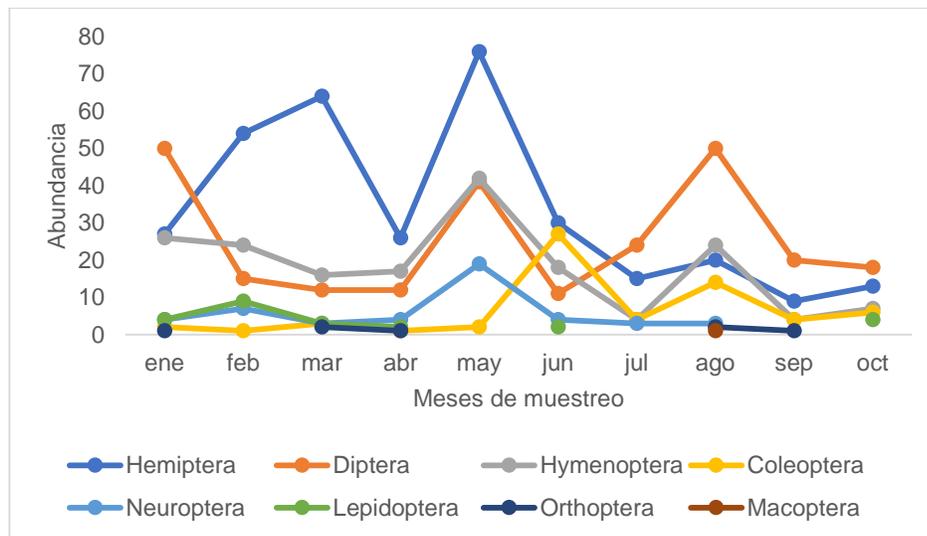


Figura 6. Temporalidad del número de especímenes de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

De los 914 individuos registrados, distribuidos en las 49 familias identificadas, la familia más abundante fue la Cicadellidae con 257 individuos (28.1%), la familia Drosophilidae con 137 individuos (14.9%), Vespidae con 110 individuos (12.0%), Braconidae con 67 individuos (7.3%) y Muscidae con 57 individuos (6.2%). El resto de las familias no superan el 3% de abundancia por lo que se considera una presencia nula o muy baja (Figura 7).

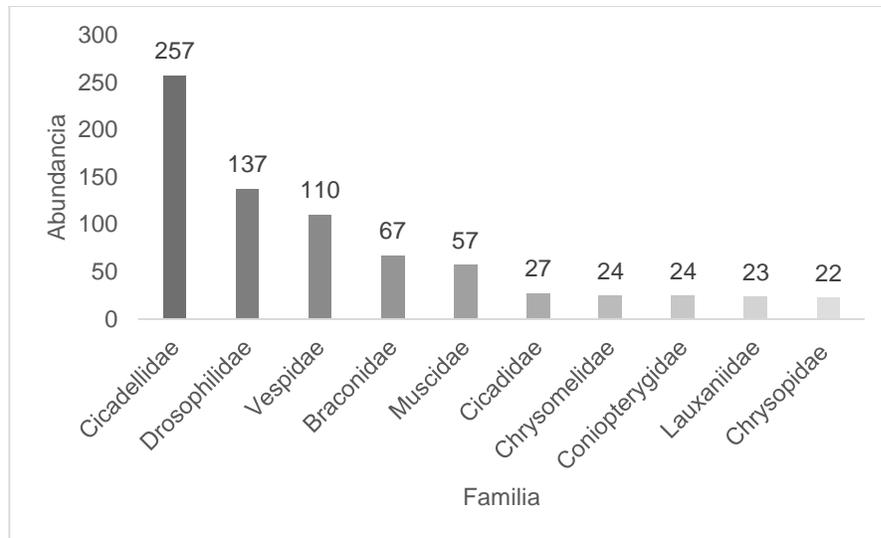


Figura 7. Número de individuos de insectos colectados por familia, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad de El Rodeo, Jalisco, México.

A nivel funcional el grupo que mostró una presencia superior fue el de los herbívoros con un total de 394 individuos (43.1%), el grupo de los saprófagos con 199 individuos (21.8%), los depredadores con 155 individuos (16.9%) y parasitoides con 145 individuos (15.9%), además se observó una presencia muy baja con tan sólo 21 individuos (2.3%) de insectos polinizadores (Figura 8).

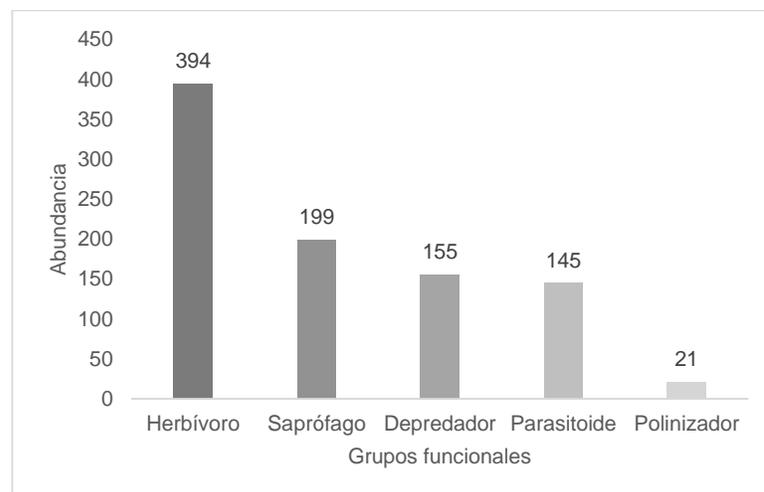


Figura 8. Número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

Durante el año, la abundancia de insectos varió notablemente entre los diferentes grupos funcionales. El grupo de los herbívoros fue el más abundante, con un pico de 75 individuos en el mes de mayo, seguido de los saprófagos con su mayor presencia en enero con 50 individuos, los depredadores y parasitoides con 40 individuos en el mes de mayo y finalmente los polinizadores fueron los menos representados con picos de menos de 10 individuos.

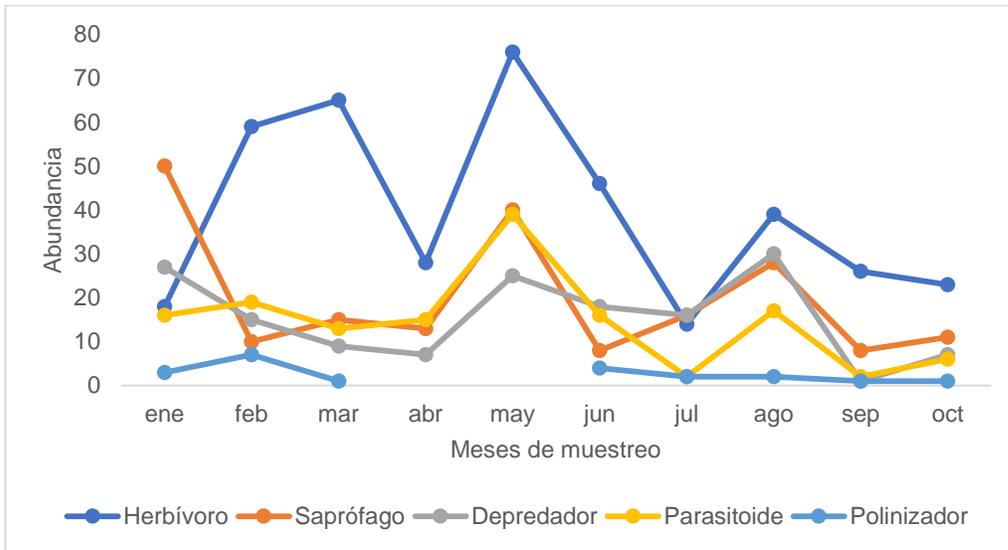


Figura 9. Temporalidad del número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

Se registró un total de 914 individuos de insectos, de los cuales: 520 individuos fueron clasificados como benéficos desde el punto de vista agronómico y 394 individuos fueron clasificados como no benéficos (Figura 10).

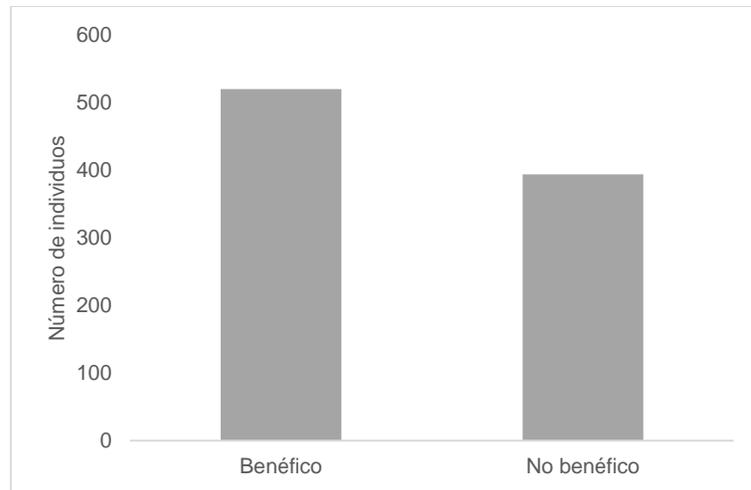


Figura 10. Número de individuos de insectos colectados y clasificados en insectos benéficos y no benéficos en el contexto agrícola.

Además, considerando la clasificación de insectos benéficos o no, con respecto a la diversidad funcional para el grupo, encontramos cuatro grupos funcionales dentro del grupo de insectos benéficos: saprófagos (199 individuos), depredadores (155 individuos), parasitoides (145 individuos) y polinizadores (21 individuos). En contraste con respecto a los grupos funcionales de los insectos no benéficos, solamente encontramos un grupo, a los herbívoros con 394 individuos (Figura 11).

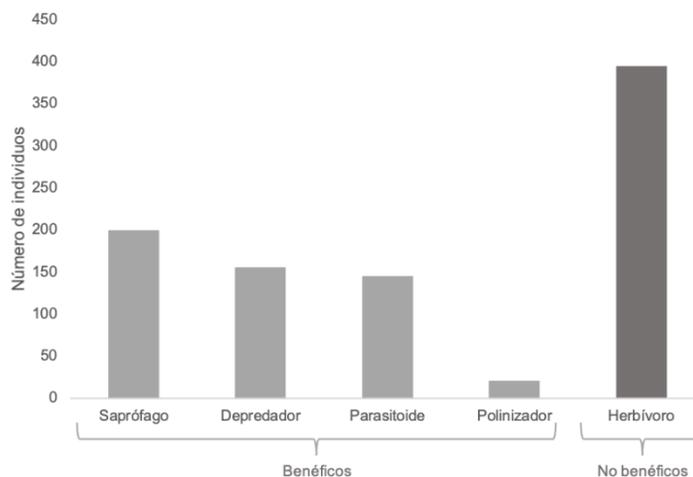


Figura 11. Número de individuos de insectos colectados y clasificados de acuerdo a si es o no benéfico en el contexto agrícola considerando los grupos funcionales.

Cuadro 1. Comparativo de sistemas convencionales y agroecológicos. Tipo de manejo: Convencional (C); Agroecológico (A); Abundancia (Ab); Riqueza (Riq); Ordenes (Ord); Familias (Fam); Grupos funcionales (GF); Insectos benéficos (IB) e Insectos no benéficos (INB).

Autor / Fuente	Localización	Manejo	Ab	Riq	Ord	Fam	GF	IB	INB
Este estudio Rubio-Reyes (2024)	Jalisco	A	914	93	8	49	5	56.9%	43.1%
Merlín-Uribe <i>et al.</i> (2014)	Michoacán	A	-	110	8	-	3	35%	65%
González-Herrera (2003)	Costa Rica	C	1,158	116	6	37	4	-	-
León Pérez (2008)	Nayarit	C	1,286	-	8	68	4	25%	75%
Herrera Rodríguez (2021)	Nicaragua	C	1,067	-	8	60	3	30.5%	69.5%
Jiménez-Martínez y Herrera-Rodríguez (2022)	Nicaragua	C	890	-	8	43	3	44%	66%

Al comparar los estudios realizados en sistemas convencionales, se observa que tanto la abundancia como la riqueza de insectos a nivel de órdenes y familias son similares entre tipos de manejo. Sin embargo, al analizar a los insectos no benéficos, se identificaron diferencias importantes con respecto al grupo de los herbívoros, que representan entre el 70% y 75% en sistemas convencionales, mientras que en el sistema agroecológico alcanzan solo el 43.1% (Cuadro 1). En contraste, los insectos benéficos son más abundantes en el sistema agroecológico (56.9%) que en los convencionales (menos del 30%) (Cuadro 1). Asimismo, el sistema agroecológico evaluado presentó una mayor diversidad funcional, con cinco grupos funcionales identificados, en comparación con un promedio de tres grupos funcionales en los sistemas convencionales.

5. DISCUSIÓN

En este estudio se recolectaron 914 individuos, distribuidos en 93 morfoespecies, 59 géneros, 49 familias y ocho órdenes, lo que evidencia una alta diversidad entomológica en el sistema agroecológico de aguacate evaluado. Esta diversidad taxonómica sugiere condiciones ambientales favorables y prácticas de manejo agroecológico que promueven la heterogeneidad estructural y funcional del hábitat, aspectos clave para la conservación de la biodiversidad en sistemas productivos (Altieri y Nicholls, 2007).

Entre los órdenes registrados, Hemiptera fue el más abundante (36.5%), seguido por Diptera (20.1%), Hymenoptera (14.6%) y Coleoptera (13.1%). Aunque los órdenes Thysanoptera y Neuroptera representaron un menor porcentaje, su presencia es significativa por su valor ecológico, particularmente funcionales como agentes de control biológico (Stelzl y Devetak, 1999; Wang *et al.*, 2022).

La alta abundancia de Hemiptera, especialmente de la familia Cicadellidae, destaca por su relevancia fitófaga y su potencial impacto como plaga del cultivo de aguacate (Torretta y Poggio, 2013). Esto resalta la necesidad de monitoreo constante dentro del manejo agroecológico, no solo para conservar la diversidad, sino también para identificar oportunamente posibles desequilibrios ecológicos.

Estos resultados coinciden con lo reportado en otros sistemas agroecológicos, donde la complejidad del hábitat y la ausencia de agroquímicos favorecen la presencia de diversos grupos de insectos, tanto benéficos como no benéficos (Carabalí *et al.*, 2012; Rojas *et al.*, 2024). La estructura de la comunidad entomológica observada en este estudio sugiere un sistema dinámico en el que los mecanismos de autorregulación ecológica podrían estar activos, reforzando el valor de los enfoques agroecológicos para una agricultura más sustentable.

Los órdenes Hemiptera, Diptera, Hymenoptera y Coleoptera mostraron una presencia constante a lo largo del año, lo que refuerza la percepción de un sistema ecológicamente estable, donde las condiciones del hábitat permiten la permanencia de diversos grupos entomológicos. Esta estabilidad podría estar relacionada con prácticas agroecológicas que favorecen la cobertura vegetal, la diversidad estructural y la disponibilidad continua de recursos.

En contraste, la aparición más puntual de órdenes como Thysanoptera y Neuroptera este último más abundante durante los meses con mayor actividad herbívora, sugiere posibles respuestas a la variabilidad estacional en la disponibilidad de presas o recursos, como, refugio o alimento. Este patrón podría indicar interacciones tróficas más complejas y mecanismos de regulación biológica en el agrosistema, en particular con respecto al control natural de herbívoros (Agrawal *et al.*, 1999).

Desde una perspectiva funcional, las especies recolectadas se agruparon en cinco grupos funcionales: herbívoros (43.1%), saprófagos (21.8%), depredadores (16.9%), parasitoides (15.9%) y polinizadores (2.3%). Esta diversidad funcional refleja una comunidad entomológica con múltiples roles ecológicos, lo que sugiere que el sistema agroecológico evaluado no solo alberga una alta diversidad taxonómica, sino también funcional. La proporción significativa de grupos benéficos indica un potencial para el control biológico natural y el reciclaje de nutrientes, funciones clave en la sostenibilidad del sistema productivo. Estos datos indican que el 56.9% de la entomofauna recolectada corresponde a grupos funcionales considerados benéficos (saprófagos, depredadores, parasitoides y polinizadores), mientras que los herbívoros representan el 43.1%, clasificados como potenciales plagas del cultivo.

En términos de dinámica estacional, se observó un pico de abundancia de insectos herbívoros en el mes de mayo, coincidiendo con el incremento en la temperatura ambiental. Este patrón sugiere que las condiciones climáticas favorecen tanto a los

insectos fitófagos como a sus enemigos naturales, lo cual podría indicar una sincronía ecológica regulada por factores abióticos. Esta dinámica resalta el papel del control biológico natural como componente clave de la estabilidad en sistemas agroecológicos diversos.

Entre las especies más frecuentes destacan dípteros saprófagos de la familia Muscidae, hemípteros herbívoros de Cicadellidae y parasitoides de la familia Aphelinidae. En contraste, algunos thysanópteros y coleópteros fueron recolectados únicamente una vez durante el año, lo que sugiere una distribución más restringida o altamente estacional.

El sistema agroecológico evaluado en El Rodeo, Jalisco, presentó una notable diversidad específica y funcional, reflejando un agroecosistema equilibrado y resiliente (Tilman *et al.*, 2002). En comparación, diversos estudios han demostrado que los sistemas convencionales, caracterizados por el uso intensivo de agroquímicos y la simplificación del paisaje, tienden a reducir la biodiversidad funcional, favoreciendo brotes de insectos fitófagos debido a la disminución de sus enemigos naturales (Altieri y Nicholls, 2007; Perfecto y Vandermeer, 2010).

En contraste, el sistema agroecológico analizado mostró una composición más balanceada, con una coexistencia funcional que favorece el control biológico. Se registraron picos relativos de herbívoros que coincidieron con incrementos en depredadores y parasitoides de familias como Braconidae, Chrysopidae y Muscidae, lo que indica respuestas tróficas activas sin necesidad del uso de insumos sintéticos (Altieri y Nicholls, 2006). En estudios como el de León Pérez (2008), realizados en huertas convencionales, reportan que los insectos fitófagos representaron el 75% del total recolectado. En cambio, en este estudio se observó un mayor equilibrio ecológico, con un 56.9% de insectos benéficos. De forma similar, García Martínez (2008) reportó en huertas convencionales de Nayarit un total de 1,286 individuos, de los cuales 971 (75%) fueron herbívoros, con escasa representación de benéficos (25%).

Aunque González-Herrera (2003) registró una mayor cantidad de individuos (1,158) y especies (116) en un sistema convencional en Costa Rica, su estudio incluyó únicamente seis órdenes. En contraste, el presente trabajo documentó una mayor diversidad funcional, con la presencia constante de órdenes clave como Hemiptera, Diptera y Coleoptera, así como picos estacionales de Hymenoptera y Neuroptera, estos últimos representados principalmente por depredadores y parasitoides, coincidiendo con los incrementos en la abundancia de plagas potenciales, tal como lo señala Olave (2018).

A partir de estos resultados, se refuerza la necesidad de adoptar prácticas agrícolas sustentables que promuevan la conservación de insectos benéficos y sus hábitats. Además, se destaca la importancia de continuar con investigaciones orientadas a comprender las funciones ecológicas de la entomofauna en agroecosistemas diversos como parte de las estrategias para lograr una agricultura más sostenible (SADER y SEMARNT, 2021).

6. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió identificar y clasificar la entomofauna asociada a un sistema agroecológico de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la localidad de El Rodeo, municipio de Gómez Farías, Jalisco, revelando una notable diversidad funcional de insectos en este agroecosistema. A lo largo de los muestreos realizados entre enero y octubre, mediante métodos de golpeo, la red entomológica y la observación directa, se registró una comunidad de insectos representativa de distintos grupos funcionales.

En términos generales, se identificaron insectos herbívoros, depredadores, parasitoides, saprófagos y polinizadores. Los herbívoros fueron el grupo dominante, seguidos por los enemigos naturales (depredadores y parasitoides), mientras que polinizadores y saprófagos estuvieron presentes en menor proporción. Esta composición funcional sugiere una estructura a nivel comunidad característica de sistemas en transición agroecológica, donde aún persisten presiones herbívoras, pero coexisten con organismos benéficos que contribuyen al equilibrio del sistema mediante el control biológico.

El análisis temporal permitió detectar picos de actividad entomológica en el mes de mayo, coincidiendo con un aumento de la temperatura ambiental. Esto sugiere una influencia de las variables climáticas sobre la dinámica estacional de la entomofauna, y resalta la importancia de sincronizar las prácticas agrícolas con los ciclos biológicos de las especies presentes, con el fin de maximizar los beneficios de la biodiversidad funcional.

La presencia significativa de enemigos naturales es un indicador relevante de los sistemas agroecológicos para ofrecer servicios ecosistémicos como el control biológico de plagas. Este hallazgo refuerza la importancia de adoptar prácticas agrícolas que mantengan hábitats diversos, reduzcan el uso de agroquímicos y fomenten las interacciones tróficas estables y autorreguladas.

En conjunto, los hallazgos obtenidos no solo enriquecen el conocimiento entomológico local, sino que también aportan elementos valiosos para el diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles. La identificación y caracterización de estos grupos funcionales registrados constituye una base fundamental para el desarrollo de estrategias de manejo integrado de plagas, centradas en la conservación de enemigos naturales. Asimismo, se recomienda continuar con estudios de monitoreo de largo plazo, que integren variables edafoclimáticas, la composición de la vegetación circundante y otros niveles tróficos, con el fin de profundizar en la comprensión de las relaciones ecológicas que sustentan la funcionalidad y resiliencia de los agroecosistemas de aguacate.

7. LITERATURA CITADA

- Alomar Kurz, Ò., y Albajes Garcia, R. (2005). Control biológico de plagas: biodiversidad funcional y gestión del agroecosistema. Universidad de Lleida.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. (2006). Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, 1, 29-36.
- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*, 16(1).
- Altieri, M. Á., y Rosset, P. (2020). *Agroecología: ciencia y política*. Icaria.
- Alvarado-Orellana, A., Huerta-Fuentes, A., Palma-Muñoz, Á., y Rodríguez-Tobar, S. (2018). Variación estacional de la diversidad de coleópteros epigeos en la Laguna Carén (Santiago, Chile). *Revista Colombiana de Entomología*, 44(2), 266-272.
- Andrade-C., M. G., Henao Bañol, E. R., y Triviño, P. (2013). Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperoidea-Papilionoidea). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 37(144), 311-325.
- Anguiano, C. J., Alcántar, J. J., Toledo, B. R., Tapia, L. M., y Vidales-Fernández, J. A. (2007, noviembre). Caracterización edafoclimática del área productora de aguacate de Michoacán, México. En *Actas del VI Congreso Mundial del Aguacate*. Viña del Mar, Chile.
- Arroyo-Rodríguez, V., Arasa-Gisbert, R., Arce-Peña, N., Cervantes-López, M. J., Cudney-Valenzuela, S. J., Galán-Acedo, C., Hernández-Ruedas, M. A., Rito, K. F. y San-José, M. (2019). Determinantes de la biodiversidad en paisajes antrópicos: Una revisión teórica. *La biodiversidad en un mundo*.
- Agrawal, A. A., Kobayashi, C., y Thaler, J. S. (1999). Influence of prey availability and induced host-plant resistance on omnivory by western flower thrips. *Ecology*, 80(2), 518-523.

- Azpiri, G. S., Maldonado, F. G., y González, G. C. (2000). La importancia del estudio de enfermedades en la conservación de fauna silvestre. *Veterinaria México*, 31(3), 223-230.
- Bravo, E. (2007). Los impactos de la explotación petrolera en ecosistemas tropicales y la biodiversidad. *Acción ecológica*, 24(1), 35-42.
- Brechelt, A. (2004). El manejo ecológico de plagas y enfermedades. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL). Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). RD.
- Briones, R., y Jerez, V. (2004). Coleópteros asociados al follaje y fenología de *Lithrea caustica* (Mol.) (Anacardiaceae) en un fragmento de bosque costero, VIII Región, Chile. *Gayana (Concepción)*, 68(1), 43-52.
- Carabalí-Banguero, D., Montoya-Lerma, J., y Carabalí-Muñoz, A. (2012). Dípteros asociados a la floración del aguacate *Persea americana Mill cv. Hass* en Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 92-111.
- Castellanos-Bolaños, J. F., Treviño-Garza, E. J., Aguirre-Calderón, O. A., Jiménez-Pérez, J., y Velázquez-Martínez, A. (2010). Diversidad arbórea y estructura espacial de bosques de pino-encino en Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(2), 39-52.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2020). "Informe de Resultados 2019-2020." [CONAFOR].
- CONABIO. (2017). Biodiversidad de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado de <https://www.biodiversidad.gob.mx>
- Cowo Cruz, E. (2022). Propuesta para la transición de un sistema productivo convencional de caña de azúcar a prácticas con enfoque agroecológico en la zona norte (Orange Walk y Corozal) de Belice [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza].
- Chait, G. (2015). Café en Colombia: servicios ecosistémicos, conservación de la biodiversidad. *Sistemas agroforestales, funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Turrialba: CATIE, 349-364.
- Daniel, Q., y de Guadalupe, R. M. (2015). Identificación de Chicharritas (Hemiptera: Cicadellidae) asociadas con el aguacate en el estado de Morelos, México (Master's thesis).
- Díaz, L. J., Moreno-Elcure, F., y Jamarillo, C. (2018). Estudio de la diversidad funcional entomológica asociada a agroecosistemas con manejo agroecológico. *Cadernos de Agroecología*, 13(1).
- Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sustentable de los Polinizadores (ENCUSP), (2021). Gobierno de México.
- FAO. (2022). FAOSTAT. Avocado Production Data. <http://www.fao.org/faostat/>

- FAO. (2022). The State of Food and Agriculture: Leveraging Agroecology for Sustainable Food Systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... y Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570-574.
- Fonteyne, S., Domínguez Flores, O., García López, A. R., Velasco López, J. L., y Verhulst, N. (2022). Avances en agricultura sustentable: Resultados de plataformas de investigación Hub Pacífico Norte 2010-2021.
- García Martínez, O. (2008). Entomofauna asociada al cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller) cultivar Hass, en Xalisco, Nayarit, México [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
- García, A., Laurín, M., Llosá, M. J., González, V., Sanz, M. J., y Porcuna, J. L. (2006). Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional. *Agroecología*, 1, 75-88.
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., y González-Hernández, A. (2013). Parasitismo natural de Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sobre *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *revista Colombiana de Entomología*, 39(2), 211-215.
- Gómez, B., y Jones, R. W. (2002). Manual de métodos de colecta, preservación y conservación de insectos. Chiapas: El Colegio de la Frontera Sur.
- González, G. M., y Serna, C. A. (2018). Servicios ecosistémicos potenciales en el sector cafetero colombiano. *Revista Cenicafé*, 69(2), 35-46.
- González-Elizondo, M. S., Jurado, E., y Díaz, S. V. (2002). Los bosques de pino-encino de México: diversidad y manejo. *Investigación Ambiental Ciencia y Política*, 1(1), 70-82.
- González-Herrera, A. (2003). Artrópodos asociados al cultivo del aguacate (*Persea americana* Mill.) en Costa Rica. En *Actas del V Congreso Mundial del Aguacate (World Avocado Congress)* (pp. 449–454).
- Gutiérrez-Contreras, M., Lara-Chávez, M. B. N., Guillén-Andrade, H., y Chávez-Bárcenas, A. T. (2010). Agroecología de la franja aguacatera en Michoacán, México. *Interciencia*, 35(9), 647-653.
- Guzmán-Mendoza, R., Calzontzi-Marín, J., Salas-Araiza, M. D., y Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta zoológica mexicana*, 32(3), 370-379.
- Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., ... y Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. *Science advances*, 1(2), e1500052.

- Hermoso, J. M., Torres, M. D., y Farré, J. M. (2007). Cultivo ecológico y convencional del aguacate. En Actas del VI Congreso Mundial del Aguacate. Viña del Mar, Chile.
- Hernández-Trejo, A., Estrada Drouaillet, B., Rodríguez-Herrera, R., García Giron, J. M., Patiño-Arellano, S. A., y Osorio-Hernández, E. (2019). Importancia del control biológico de plagas en maíz (*Zea mays* L.). *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(4), 803-813.
- Herrera Rodríguez, N. A. (2021). Identificación, diversidad y fluctuación temporal de insectos asociados al cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill), Carazo 2019. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2007.01.023>
- Informador. (2021, 15 diciembre). Producción de aguacate en Jalisco se duplica en seis años. <https://www.informador.mx/Produccion-de-aguacate-en-Jalisco-se-duplica-en-seis-anos-l202112150003.html>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). "Estadísticas a propósito del Día Internacional de los Bosques." [INEGI].
- Jiménez-Martínez, E., y Rodríguez, N. H. (2022). Identificación, diversidad y fluctuación temporal de insectos asociados al cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill), Carazo 2019. *Ciencia e Interculturalidad*, 31(02), 138-152.
- Jordán-Montes, F. (2013). El universo de los insectos. Ediciones Mundi-Prensa.
- Largo Guzmán, B. K. (2024). Zonificación de tierras potenciales para cultivo de aguacate hass mediante el uso de sistemas de información geográfica en el departamento del Quindío [Trabajo de especialización, Universidad de Manizales, Facultad de Ciencias e Ingeniería].
- Latorre-Cárdenas, M. C., González-Rodríguez, A., Godínez-Gómez, O., Arima, E. Y., Young, K. R., Denvir, A., García-Oliva, F., y Ghilardi, A. (2023). Estimating fragmentation and connectivity patterns of the temperate forest in an avocado-dominated landscape to propose conservation strategies. *Land*, 12(3), 631. <https://doi.org/10.3390/land12030631>
- León Pérez, Y. (2008). Entomofauna asociada al cultivo del aguacate (*Persea americana* Miller) cultivar Hass, en Xalisco, Nayarit, México (Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro").
- López García, G. P., Mazzitelli, M. E., Fruitos, A., González, M., Marcucci, B., Giusti, R., ... y Debandi, G. (2019). Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina: Consideraciones para el manejo del hábitat. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 51(1), 309-
- López, C. H., y Sorondo, L. (2020). Agroecología y soberanía alimentaria: ideas para el debate en camino a la agricultura sostenible. *Revista Agrollandia de Ciencia y Tecnología*, 19.

- López-Galé, Y., Carrascal-Pérez, F., Pulgarín-Díaz, J. A., Burbano-Figueroa, O., y Arcila Cardona, A. (2022). Insectos fitófagos asociados a plantaciones de aguacate (*Persea americana* Mill.) en la región Caribe colombiana. *Revista Colombiana de Entomología*, 48(2), e11693. <https://doi.org/10.25100/socolen.v48i2.11693>.
- Loredo, E. G. L., Hernández, H. R., Martínez, J. F., y Aponte, G. P. (2011). Situación actual del bosque de niebla en el estado de San Luis Potosí, México. *Investigación y Ciencia*, 19(53), 3-11.
- Macías-Macías, A., y Sevilla-García, Y. L. (2021). Kuautlali, parcela para agricultura sustentable. Respuesta ante depredación de la naturaleza en el Sur de Jalisco, México. *Revista Agroalimentaria*, 27(52), 155-176.
- Méndez Reyes, J.A. El Monocultivo del Aguacate en Michoacán: Un Desarrollo Paradójico para la Región Purépecha; Universidad Autónoma Chapingo: Valle de México, México, 2019
- Mendoza Moreno, L. V. (2021). Grupos funcionales de insectos y su relación con tres hábitats con diferente disturbio, en la Reserva Agroecológica Santa Librada y zonas de influencia, Líbano, Tolima.
- Merlín-Urbe, Y., Villamil-Echeverri, L., Martínez Cruz, J., Ramírez García, E., Ayala Barajas, R., Astier Calderón, M., y Gavito Pardo, M. E. (2014). Biodiversidad útil: Plantas e insectos benéficos asociados al cultivo de aguacate en Michoacán. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental-Universidad Nacional Autónoma de México, 99 pp.
- Milenio. (2023). Jalisco aumenta 40 hectáreas para aguacate. <https://www.milenio.com/politica/comunidad/jalisco-aumenta-40-hectareas-para-aguacate>
- Monge Pérez, J. E. (2021). Estimación de poblaciones de insectos y su uso en Manejo Integrado de Plagas (MIP).
- Monge Pérez, J. E. (2021). *Estimación de poblaciones de insectos y su uso en Manejo Integrado de Plagas (MIP)*. Universidad de Costa Rica.
- Montenegro, O. L. (2009). La conservación biológica y su perspectiva evolutiva. *Acta Biológica Colombiana*, 14, 255-268.
- Mosquera, M. P., Reyes, O. E. S., de Prager, M. S., Gallego, J. M., y Sánchez, D. I. Á. (2012). Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*, 7(1), 53-62.
- Murillo-Hiller, L. R., y Lezama, H. J. (2008). Materiales y técnicas para la confección y preservación de colecciones entomológicas. Museo de Insectos, Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica.
- Nichols, E., Larsen, T., Spector, S., Davis, A., Escobar, F., Favi-la, M., Vulinec, K., 2007. Global dung beetle response totropical forest modification and fragmentation: A quan-titative literature review and meta-analysis. *BiologicalConservation* 137, 1-19.

- Olave, A. (2018). Estudios bioecológicos y de biodiversidad en poblaciones de *Quadraspidotus perniciosus* (Hemiptera: Diaspididae) provenientes de montes frutales bajo sistemas de producción orgánica y convencional. Niveles basales de algunos constituyentes del sistema antioxidante. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Neuquén, p. 13-19.
- Ortega, G. (2009). Agroecología vs. Agricultura convencional. Documento de trabajo, (128).
- Perfecto, I., y Vandermeer, J. (2010). The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 107(13), 5786-5791. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905455107>
- Prado, M. M., García, D. G., y Sastre, R. M. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90.
- Proceso. (2022). Deforestación por aguacate en Jalisco. <https://depredadores.proceso.mx/jalisco.html>
- Quesada, M., Martén-Rodríguez, S., y Vázquez-Reyes, L. D. (2022). Servicios ecosistémicos de polinización y declive de polinizadores en México. National Autonomous University of Mexico.
- Ramírez Vázquez, E. M. (2023). Incorporación de Insectos y Ácaros de Importancia Económica y Cuarentenaria a la Colección Entomológica del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria (CECR).
- Rojas, J. M., Spoljaric, M. V., González, J. R., Lacava, M., y Hernández, L. F. G. (2024). Soil arthropod diversity, richness, and abundance in agroecological and conventional cotton production systems in Chaco, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, 50(2).
- Rosset, P. (1998). La crisis de la agricultura convencional, la sustitución de insumos y el enfoque agroecológico. Food First. Institute for Food and Development Policy.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México*. 2da edición. México: CONABIO.
- Sánchez-González, A. (2008). Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. *Madera y bosques*, 14(1), 107-120.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2021). Diagnóstico. Situación actual de los polinizadores en México. Gobierno de México. https://agriculturasostenible.mx/public/docu/Diagnostico_Situacion_actual_de_los_polinizadores_en_Mexico.pdf
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2023). Estadísticas de la producción agrícola en México. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de México.

- SIAP. (2023). Avance de siembras y cosechas. Aguacate. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap>
- Sosenski, P., y Domínguez, C. A. (2018). El valor de la polinización y los riesgos que enfrenta como servicio ecosistémico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 89(3), 961-970.
- Stelzl, M., y Devetak, D. (1999). Neuroptera in agricultural ecosystems. *Agriculture, Ecosystems y Environment*, 74(1-3), 305-321.
- Stupino, S. A., Frangi, J. L., y Sarandon, S. J. (2015). Efecto del manejo sobre la diversidad de plantas espontáneas en cultivos del Cinturón Hortícola de la ciudad de La Plata, Argentina. In V Congreso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., y Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Torretta, J. P., y Poggio, S. L. (2013). Species diversity of entomophilous plants and flower-visiting insects is sustained in the field margins of sunflower crops. *Journal of Natural history*, 47(3-4), 139-165.
- Vanguardia. (2023). En Jalisco, deforestan por aguacate 5 mil hectáreas. <https://vanguardia.com.mx/noticias/en-jalisco-deforestan-por-aguacate-5-mil-hectareas-KE7978095>
- Vargas, L. A. T., Guerra, J. S., Santos, U., Salmerón, F., y Montezuma, V. (2020). Transición agroecológica de sistemas agroforestales de la Comarca Ngäbe-Buglé. Panamá. Ixaya. *Revista Universitaria de Desarrollo Social*, (18), 69-91.
- Villarreal Contreras, J. D. (2021). Impacto del uso de agroquímicos en el servicio ecosistémico de polinización que brindan las abejas. Repositorio Institucional – UCS.
- Wang, Z., Mound, L. A., Hussain, M., Arthurs, S. P., y Mao, R. (2022). Thysanoptera as predators: their diversity and significance as biological control agents. *Pest Management Science*, 78(12), 5057-5070.
- Willer, H., Trávníček, J., y Schlatter, B. (2024). The world of organic agriculture. *Statistics and emerging trends 2024*.
- Zavaro Pérez, C. A. (2018). La diversidad biológica y la evolución como garantía de la sustentabilidad de la vida. *Perspectivas: Revista Científica de la Universidad de Belgrano*, 1.

8. ANEXOS

Cuadro A1. Temporalidad del número de especímenes de insectos colectados por orden taxonómico en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

Mes	Hemiptera	Diptera	Hymenoptera	Coleoptera	Neuroptera	Lepidoptera	Orthoptera	Mecoptera	Total
Ene	27	50	26	2	4	4	1		114
Feb	54	15	24	1	7	9			110
Mar	64	12	16	3	3	3	2		103
Abr	26	12	17	1	4	2	1		63
May	76	41	42	2	19				180
Jun	30	11	18	27	4	2			92
Jul	15	24	4	4	3				50
Ago	20	50	24	14	3	2	2	1	116
Sep	9	20	4	4			1		38
Oct	13	18	7	6		4			48
Total	334	253	182	64	47	26	7	1	914

Cuadro A2. Número de individuos de insectos colectados por familia, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad de El Rodeo, Jalisco, México.

Familia	Abundancia	Familia	Abundancia	Familia	Abundancia
Cicadellidae	257	Curculionoidea	7	Aphididae	1
Drosophilidae	137	Coccinellidae	6	Arctiidae	1
Vespidae	110	Syrphidae	6	Bostrichidae	1
Braconidae	67	Tipulidae	6	Cantaridae	1
Muscidae	57	Berytidae	5	Cercopoidea	1
Cicadidae	27	Cetoniidae	5	Crambidae	1
Chrysomelidae	24	Issidae	4	Delphasidae	1
Coniopterygidae	24	Pieridae	4	Geometridae	1
Lauxaniidae	23	Ichneumonidae	3	Lampyridae	1
Chrysopidae	22	Nynphalidae	3	Membracidae	1
Miridae	21	Acroceridae	2	Panorpidae	1
Asilidae	17	Calliphoridae	2	Pelecinidae	1
Nd	13	Derbidae	2	Platystomatidae	1
Reduviidae	12	Dolichopodidae	2	Pterophoridae	1
Elateridae	10	Hemerobiidae	2	Scoliidae	1
Dryophthoridae	8	Tingidae	2	Tachinidae	1
Acrididae	7	Anobiidae	1	Total	914

Cuadro A3. Número de individuos de insectos colectados por grupo funcional, en los meses de muestreo de enero a octubre, en un cultivo agroecológico ubicado en la localidad El Rodeo, Jalisco, México.

Mes	Herbívoro	Saprófago	Depredador	Parasitoide	Polinizador	Total
Ene	18	50	27	16	3	114
Feb	59	10	15	19	7	110
Mar	65	15	9	13	1	103
Abr	28	13	7	15	0	63
May	76	40	25	39	0	180
Jun	46	8	18	16	4	92
Jul	14	16	16	2	2	50
Ago	39	28	30	17	2	116
Sep	26	8	1	2	1	38
Oct	23	11	7	6	1	48
Total	394	199	155	145	21	914



Figura A1. Insectos colectados del orden Hemiptera.



Figura A2. Insectos colectados del orden Orthoptera.



Figura A3. Insectos colectados del orden Coleoptera.



Figura A4. Insectos colectados del orden Diptera.



Figura A5. Insectos colectados del orden Lepidoptera.



Figura A6. Insectos colectados del orden Hymenoptera.



Figura A7. Insectos colectados del orden Mecoptera.



Figura A8. Insectos colectados del orden Neurotera.