



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA
ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**Cercas vivas y diversidad de abejas en un agroecosistema árido del
municipio de Zempoala, Hidalgo**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

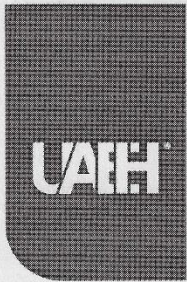
PRESENTA

MAIRA HERNÁNDEZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DR. IGNACIO ESTEBAN CASTELLANOS STUREMARK

MINERAL DE LA REFORMA, HGO., 2024



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo
Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería
School of Engineering and Basic Sciences

Mineral de la Reforma, Hgo., a 4 de abril de 2024

Número de control: ICBI-D/429/2024
Asunto: Autorización de impresión.

MTRA. OJUKY DEL ROCÍO ISLAS MALDONADO
DIRECTORA DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V, Artículo 51 Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución, por este medio le comunico que el Jurado asignado a la Pasante de la Licenciatura en Biología **Maira Hernández López**, quien presenta el trabajo de titulación "**Cercas vivas y diversidad de abejas en un agroecosistema árido del municipio de Zempoala, Hidalgo**", después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente: Dra. Claudia Elizabeth Moreno Ortega

Secretario: M. en C. Manuel González Ledesma

Vocal: Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark (Director)

Suplente: Dra. Iriana Leticia Zuria Jordan

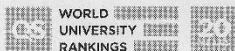
Sin otro particular por el momento, reciba un cordial saludo.

Atentamente
"Amor, Orden y Progreso"

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
Director del ICBI



OAAS/YCC



Ciudad del Conocimiento, Carretera Pachuca-Tulancingo Km. 4.5 Colonia Carboneras, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
Teléfono: 771 71 720 00 Ext. 2231 Fax 2109
direccion_icbi@uaeh.edu.mx

uaeh.edu.mx

Agradecimientos

A los cerros, a las abejas y a las plantas que me permitieron aprender y conocer un poco más de ellos.

Mamá, papá gracias a ambos por brindarme la oportunidad de estudiar una carrera universitaria. Hoy logro entender las palabras que siempre repitieron “la mejor herencia que les podemos dar es el estudio”, y me siento afortunada de que gracias a ello pude convertirme en una gran bióloga. Les agradezco todo su esfuerzo y el cariño, y además por enseñarme del campo, de los cerros, de los animales y de las plantas, en casa comenzó mi formación como bióloga.

Eric, gracias por impulsarme siempre, por enseñarme tanto y por ayudarme en todo, eres el mejor hermano y compañero de aventuras.

Dr. Nacho, muchas gracias por confiar en mí para desarrollar esta investigación, por brindarme su tiempo y las herramientas para realizarlo, por compartirme sus conocimientos y por ayudarme a descubrir mi pasión por las abejas.

A mis sinodales por su valiosa colaboración en este trabajo: Dra. Claudia Moreno, Dra. Iriana Zuria, Mtro. Manuel González.

Al Dr. Jorge Mérida por la identificación de ejemplares.

A Luis Alanis, por ser mi colega, amigo y compañero de vida en esta etapa, gracias, por todo.

A mis amigas Ale y Andrea, quienes fueron mi respaldo siempre.

A Jafet quien me apoyo mucho durante mis muestreos en campo.

A mis amigos del laboratorio, Elsi, Cris, Vic, Azul y Eyenith, gracias por las risas y pláticas que hacían del laboratorio el mejor lugar. Particularmente agradezco a Eyenith su tiempo y enseñanzas en los SIG.

Y por último, pero no menos importante, gracias a mis cachorras, Chess, Jofie, Canela, Maní y Canica, mis compañeras de vida, que me acompañaron y cuidaron en todo el desarrollo de esta tesis.

Índice

Resumen	1
Introducción.....	3
Antecedentes.....	5
Justificación.....	14
Objetivos.....	15
Objetivo general.....	15
Objetivos específicos	15
Área de estudio	16
Materiales y método	18
Resultados.....	24
Discusión	38
Conclusión	45
Literatura citada.....	47
Anexos	59

Resumen

La diversidad de abejas se encuentra amenazada por la homogenización del paisaje que resulta de prácticas agrícolas intensivas, sin embargo, aún existen agroecosistemas con elementos como las cercas vivas, que pueden proporcionar de alimento y refugio a múltiples organismos, como las abejas. El objetivo de este trabajo fue evaluar si la composición de especies, riqueza y abundancia de abejas difiere entre áreas contiguas de matorral xerófilo y cercas vivas durante los picos de floración correspondientes a la temporada de secas y la temporada de lluvias en el año 2021, en el municipio de Zempoala, Hidalgo, México. Se colectaron un total de 6,283 abejas pertenecientes a cinco familias (Apidae, Halictidae, Andrenidae, Megachilidae y Colletidae), 30 géneros y 63 especies. Se registran cuatro familias para la temporada secas, y cinco para la temporada de lluvias, en ambas, la familia mejor representada fue Apidae. La especie más abundante en cercas vivas en la temporada seca fue *Diadasia* sp. y en el matorral *Macrotera sinaloana*, mientras que en la temporada de lluvias la especie más abundante en el matorral y en cercas vivas fue *Apis mellifera*. La riqueza de especies de abejas no difirió significativamente entre cercas vivas y el matorral durante la temporada de secas, pero sí durante la temporada de lluvias siendo significativamente mayor en cercas vivas que en el matorral. En cambio, la abundancia de abejas fue significativamente menor en las cercas vivas que en el matorral durante ambas temporadas. La riqueza de especies en cercas vivas y el matorral está asociada con la composición vegetal en cada temporada, en la que destacan especies arbustivas y herbáceas en las cercas vivas, ya que proveen la mayor parte de los recursos florales que pueden ser utilizados por las abejas en la zona de estudio. Los resultados de este trabajo sugieren que las cercas vivas son una pieza clave para la conservación de abejas en los agroecosistemas, debido a la alta diversidad de especies de abejas que albergan.

Peponapis sp., en una flor de *Ipomea stans*

Foto por Maira Hernández López.



Introducción

Los requerimientos alimentarios de la población mundial han propiciado el desarrollo de actividades que permiten la producción continua de insumos alimenticios. Una de las actividades más importantes que funciona como base en la producción de alimentos es la agricultura (García, 2006). Actualmente esta actividad se encuentra en un proceso de expansión considerable, debido a la alta demanda de recursos que genera el crecimiento exponencial de la población (FAO, 2018; Bula, 2020). Se estima que la tercera parte de la superficie terrestre está dedicada a la agricultura (Burbano, 2016) y en algunos países la agricultura ocupa más del 50% de la superficie de su territorio (Sarandón, 2020). En el caso de México, su territorio se compone de 198 millones de hectáreas de las cuales un aproximado de 30 millones están destinadas a tierras de cultivo y 115 millones más a zonas de agostadero (Torres y Rojas, 2018; Corona, 2016).

La agricultura es una actividad esencial para el desarrollo humano, no obstante, su amplio crecimiento e intensificación la han colocado como el principal factor de pérdida de biodiversidad debido a que los ecosistemas naturales intervenidos por la agricultura se ven significativamente modificados tras su establecimiento (Dudley y Alexander, 2017). Sin embargo, es importante recordar que pese a la considerable reducción que sufre la biodiversidad al establecerse los campos agrícolas, no se elimina en su totalidad. Los paisajes agrícolas resguardan biodiversidad que necesita ser adecuadamente gestionada (Norris, 2008) y visualizada como una parte esencial de ecosistemas modificados: los agroecosistemas. Se ha comprobado que el adecuado manejo en los sistemas agrarios puede contribuir en la conservación de la biodiversidad. Transformar los paisajes agrícolas en zonas más heterogéneas es fundamental para la conservación de especies. Dentro de las alternativas

que se han tomado en la agricultura se encuentran la introducción, el manejo y el mantenimiento de vegetación que beneficie a los diferentes grupos de organismos presentes en los agroecosistemas, a través de la conectividad del hábitat, de fuentes de alimento y sitios de anidación (Miñarro y Prida, 2013; Drossart y Gérard, 2020).

Las abejas (Superfamilia: Apoidea) son uno de los grupos biológicos con mayor declive en las últimas décadas, debido a factores antropogénicos como la agricultura. Zattara y Aizen (2021) reportan que, a nivel mundial, el número de abejas colectadas va en descenso desde 1990, de manera que la riqueza reportada antes de los noventa comparada con lo registrado entre 2006 y 2015, disminuyó un 25%. Se destaca la importancia de su conservación ya que, dentro del grupo de los polinizadores, ocupan el lugar más importante debido a su eficiencia como polinizadoras de plantas con flor (Nates, 2005), que incluyen la mayoría de especies nativas y cultivadas (Patrício-Roberto y Campos, 2014). A través de la polinización, las abejas contribuyen a la estabilidad de los ecosistemas, la economía y seguridad alimentaria y en este contexto, es necesaria la implementación de estrategias de conservación en los paisajes agrícolas.

A nivel global uno de los principales elementos que contribuyen a la biodiversidad en agroecosistemas son las cercas vivas (Montgomery *et al.*, 2020), que consisten en franjas de vegetación en los límites de las tierras de cultivo. En México, son un componente importante para diferentes regiones (Zuria y Gates, 2006), sin embargo, la información que se conoce referente a su importancia en la conservación es escasa, y aún más limitada en la relación a las abejas. Por ello el objetivo de este trabajo es contribuir al conocimiento de la riqueza y abundancia de especies de abejas en agroecosistemas del centro de México, con un enfoque en el papel que desempeñan las cercas vivas, particularmente en una zona de matorral

xerófilo, así como conocer las características del paisaje que pueden promover una mayor riqueza de especies de este grupo biológico.

Antecedentes

Generalidades de Hymenoptera Superfamilia Apoidea

Hymenoptera comprende uno de los cuatro órdenes megadiversos que le atribuye a los insectos ser la clase de organismos con mayor riqueza y abundancia de especies en la Tierra. Este orden cuenta con más de 153,000 especies descritas (Aguiar *et al.*, 2013), y con un estimado de especies aún no descritas que podría ser 10 veces mayor a esta cifra (Austin y Dowton, 2000; Grimaldi y Engel, 2005). Los himenópteros son insectos cosmopolitas, se distribuyen prácticamente en todas las regiones biogeográficas y biomas del planeta (Gayubo y Pujade, 2015; Fernandez *et al.*, 2018). Desempeñan importantes papeles ecológicos que permiten el funcionamiento del ecosistema y del desarrollo humano, algunos ejemplos son el parasitoidismo, la depredación, la polinización y la herbivoría (Austin y Dowton, 2000, Huber, 2017). Tradicionalmente el orden Hymenoptera se divide en dos subórdenes Symphyta y Apocrita, a su vez este último se subdivide en el infraorden Parasitica y Aculeata, es en esta última categoría donde se encuentra a la Superfamilia Apoidea la cual incluye a las avispas esfecoides (Spheciformes) y a las abejas (Apiformes) (Nieves-Aldrey y Fontal-Cazalla, 1999; Michener, 2007).

Actualmente se han descrito más de 20,000 especies de abejas alrededor del mundo, agrupadas en siete familias de acuerdo a los últimos análisis filogenéticos: Apidae, Andrenidae, Colletidae, Halictidae, Melittidae, Megachilidae y Stenotritidae. La distribución

de estas familias es cosmopolita, podemos encontrarlas en todos los continentes, con excepción de la familia Stenotritidae que tiene una distribución restringida a Australia (Packer, 2023).

Si bien las abejas tienen amplia distribución, se encuentra documentado que la mayor riqueza y abundancia de abejas se localiza en las zonas de matorral xerófilo y desértico, en comparación de otros grupos de organismos que tienen una mayor diversidad en los trópicos (Michener, 1979; Michener, 2007; Orr *et al.*, 2021). Norteamérica es una de las regiones en la que se tiene un mayor registro de diversidad de abejas, dentro de este territorio, México posee características que lo convierten un país importante para su distribución. En México se encuentran registradas 2,063 especies de abejas nativas, lo que le atribuye ser uno de los países con mayor diversidad de abejas en América y el mundo (Ayala y Quezada-Euán, 2010; Urbán-Duarte *et al.*, 2021). Esto debido a las características geográficas del país, que propician una gran heterogeneidad en el relieve, variedad de climas y suelos, permitiendo una gran diversidad de ecosistemas y una alta riqueza de abejas (Ayala *et al.*, 1996).

Dentro del orden Hymenoptera, las abejas conforman el grupo de insectos con mayor importancia a nivel mundial debido al papel que desempeñan como polinizadores de angiospermas. Poseen características morfológicas, anatómicas y conductuales gracias a las cuales durante el proceso de recolección, manipulación y transporte del polen pueden llevar a cabo una polinización efectiva (Michener, 2000; Grimaldi, 2005). La mayoría de las abejas posee un cuerpo lleno de setas o pelos relativamente densos que les proporciona una buena superficie para la adquisición de polen (Throp, 1979). Además, poseen estructuras especializadas para la recolección de polen como la escopa, una zona llena de setas que asemeja a un cepillo en las patas traseras de la mayoría de las abejas; únicamente la familia

Megachilidae presenta esta estructura en la parte ventral del abdomen. Otros grupos de abejas presentan corbículas, estructuras con la misma función que la escopa pero más especializadas, pues una corbícula consiste en una concavidad rodeada de pelo en las patas posteriores (Throp, 1979; Throp, 2000; Arnold *et al.*, 2019).

Las flores proveen los recursos alimenticios que requieren las abejas durante sus diferentes estadios de vida. Obtienen tres principales recursos: polen, fuente esencial de proteínas, pero también de otros nutrientes como grasas, almidones, azúcar, fosfatos, vitaminas y esteroides; néctar, el principal carbohidrato para las abejas, que además aporta aminoácidos y proteínas; y aceites una fuente complementaria de azúcares y en algunos casos sustitutos del néctar (Michener, 2007; Pitts-Singer y James, 2008; Wilson y Carril, 2015). Para machos y hembras el requerimiento de estos recursos es distinto. Las hembras adultas se encuentran colectando polen, néctar y aceites activamente para su propio sustento alimenticio, y además se encargan de alimentar a sus larvas con una mezcla de los mismos (Wilson y Carril, 2015; Packer, 2023). La demanda del recurso de las hembras implica visitar un mayor número de flores en comparación con los machos, dando como resultado una polinización mayormente efectuada por abejas hembras (Pitts-Singer y James, 2008).

Las abejas sostienen los ecosistemas globales a través de su papel como polinizadores (Austin y Dowton, 2000), efectúan la polinización en una amplia gama de ecosistemas, desde los conservados, hasta lotes urbanos abandonados con presencia plantas arvenses, jardines botánicos y agroecosistemas (Carril y Wilson, 2021). Ecológicamente, la polinización es crucial para mantener poblaciones diversas de plantas silvestres y esto, a su vez, sustenta las redes tróficas (Memmott, 1999) y es responsable de la diversificación evolutiva de una gran variedad de especies (Ollerton, 1999). Además, provee beneficios al humano en el sector

alimenticio y económico. A nivel mundial, de los 80 tipos de cultivos más importantes pertenecientes a angiospermas las abejas visitan más del 90% (Klein *et al.*, 2018), promoviendo así la producción de una gran variedad de frutas y verduras, cultivos de fibra como el lino y el algodón, legumbres, semillas oleaginosas y los principales cultivos para el forrajeo de animales como la alfalfa (Michener, 2007; Khalifa *et al.*, 2021).

Agroecosistema

Desde su desarrollo, la agricultura ha provisto de recursos a los humanos, y se ha colocado como base de la seguridad alimentaria y de la economía, por lo cual desde el punto de vista político y económico la agricultura solo se compone de simples campos agrícolas (Gliessman *et al.*, 2007). Sin embargo, su importancia no radica únicamente en estos dos ejes, sino también en el ámbito biológico y ecológico; como mencionan Machado y Campos (2008), “la agricultura es un ecosistema del cual los seres humanos toman los productos primarios y secundarios”, resaltando que los sitios destinados a la producción agrícola no pierden su característica de ecosistemas.

La Agroecología, es la disciplina que se encarga de colocar a la agricultura como un componente del paisaje y como un sistema dinámico y complejo, en el que interactúan procesos sociales internos y externos, procesos económicos, biológicos y ambientales (Conway, 1987; Restrepo *et al.*, 2000; Gliessman, 2004). Con el establecimiento de sistemas agrícolas se propicia una modificación de los ecosistemas naturales, que da paso a nuevos hábitats, considerados la unidad de estudio de la agroecología: los agroecosistemas (Sarandón, 2020; Pitts-Singer y James, 2008).

Los agroecosistemas comprenden ecosistemas modificados y delimitados deliberadamente por los seres humanos, con el propósito de establecer la producción agrícola, pero manteniendo las relaciones ecológicas (Gliessman, 2004; Gliessman *et al.*, 2007; Cleves-Leguízamo *et al.*, 2017). La intervención humana en los ecosistemas naturales genera múltiples cambios en su estructura y función, que se verán reflejados en el agroecosistema (Bover-Felices, 2020), y que aunados a las características socioeconómicas y las regiones climáticas donde se establecen, dan como resultado las particularidades de los diferentes agroecosistemas en términos de estructura, componentes, límites, función y la interacción entre los componentes (Power, 2010).

Una de las principales diferencias entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas es su composición en términos de biodiversidad. Los sistemas naturales cuentan con una alta biodiversidad, mientras que los agroecosistemas son simplificados por el ser humano, al reemplazar gran variedad de especies silvestres por pocas especies y variedades de utilidad agrícola (Paleologos *et al.*, 2017). Sin embargo, la biodiversidad aún simplificada, es la base y el componente con mayor importancia en los agroecosistemas (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2008). Incluso con un nivel de biodiversidad distinto al de los ecosistemas naturales, su presencia en los agroecosistemas permite el funcionamiento de los mismos, a través de los diferentes servicios ecosistémicos que brindan, que no solo benefician a los cultivos, sino también a los diversos elementos de paisaje en el que se encuentran los sistemas agrícolas (Gliessman, 2002). Es así que León y Altieri (2009), definen al agroecosistema como el conjunto de interacciones que suceden entre el suelo, las plantas cultivadas, los organismos de distintos niveles tróficos, y las plantas adventicias en determinados espacios geográficos.

La biodiversidad que compone los agroecosistemas puede clasificarse como planeada y asociada (o no planeada). La biodiversidad planeada es la incorporada por los agricultores, la cual comprende las plantas domesticadas que conforman el cultivo y los organismos que se introduzcan al cultivo como control biológico o para aporte de nutrientes; la biodiversidad asociada incluye a todos los organismos cuya presencia no es causa de la intervención humana, sino que llegan de los alrededores o que han persistido en el paisaje (Power, 2013; Stupino *et al.*, 2014). La biodiversidad asociada logra establecer interacciones con la biodiversidad planeada, como producto de la configuración interna o disposición espacial del agroecosistema aunado a la conectividad entre sus diferentes subsistemas, como parches y corredores de vegetación o sistemas productivos (Gliessman, 2002; Sarandón, 2002; León-Sicard, 2010), que permiten el movimiento y el intercambio de distintas especies animales y vegetales, les ofrece refugio, hábitat y alimento, provee regulaciones microclimáticas e incide en la producción, conservación de recursos naturales y en otros aspectos ecosistémicos y culturales de los agroecosistemas mayores (León, 2010).

Cercas vivas

Las cercas vivas son uno de los elementos que pueden formar parte de la configuración interna en los paisajes agrícolas. Presentan una estructura lineal, son compuestos principalmente por herbáceas, arbustos y/o árboles, y pueden ser plantados o espontáneos (Baudry *et al.*, 2000; Holden *et al.*, 2019). Funcionan principalmente como límites y fronteras entre propiedades (Baudry *et al.*, 2000; Marshall y Moonen, 2002). Agronómicamente juegan un papel importante como refugio y protección para los cultivos, otorgan sombra y protegen de los vientos (Marshall y Moonen, 2002). Además, aportan beneficios para los cultivos contiguos como los que mencionan Solari y Zaccagnini (2009), actúan como refugio de

depredadores útiles para el control biológico de insectos plaga, protegen el suelo disminuyendo la erosión y conservando su calidad y regulan la disponibilidad de agua en el sistema.

Son diversos los servicios que brindan las cercas vivas, sin embargo, su función como hábitat ha sido esclarecida en los últimos años (Fernandez *et al.*, 2018). La estructura de las cercas vivas es el factor determinante de su funcionalidad como hábitat, que desempeña un papel importante en la conservación de diferentes grupos de vida silvestre (Marshall y Moonen, 1998; Burel y Baudry, 1995), principalmente para mamíferos, aves e invertebrados (Graham *et al.*, 2018). Al parecer, este último grupo es el que presenta el mayor número de especies en cercas vivas, representados al menos por cinco órdenes del phylum Artropoda, Araneae, Coleoptera, Diptera, Hemiptera e Hymenoptera (Pollard y Holland, 2006). Se ha observado que la clase Insecta tiene un papel importante en la biodiversidad de cercas vivas, que se puede atribuir a los beneficios que obtienen en dichos sitios. De acuerdo a Burel y Baudry (1995), las cercas vivas pueden representar tres alternativas para las especies asociadas (siendo los insectos los que representan el mayor número de estas especies): un hábitat para los que están restringidos a la cerca viva, un refugio temporal para quienes se alimentan o pasan parte de su vida en campos adyacentes y un área de alimentación complementaria para insectos que generalmente se alimentan de cultivos.

Los beneficios que permiten la diversidad de insectos, son determinados por la estructura de las cercas vivas la cual comprende su composición vegetal, distribución y cobertura espacial, estos componentes, contribuyen a su idoneidad y proporcionan una cantidad y calidad suficiente de recursos que permiten albergar una amplia variedad de taxones (Graham *et al.*, 2018). De acuerdo a Maudsley (2000), podemos desglosar y describir la funcionalidad de estos

componentes de la siguiente manera (a) diversidad y características de especies vegetales en las cercas vivas, por ejemplo, plantas nativas o introducidas tendrán un efecto diferente, al igual que si se encuentran o no especies hospederas altamente preferidas por insectos, (b) estratos de vegetación que se formen en las cercas vivas, una estructura física heterogénea que permita un mayor número de microhábitats y nichos disponibles; (c) una estructura que permita fungir como contravientos, de modo que en el sotavento los insectos encuentren protección, zonas cálidas y húmedas durante el verano para alimentarse, reproducirse, dispersarse dentro y alrededor de la cerca viva, por su parte en el invierno funcionarán como refugio de hibernación; (d) el formar una red de conectividad entre cercas vivas que permita el flujo de especies y funcionar en determinados casos como corredores biológicos, que unen áreas con un menor grado de perturbación (Forman y Baudry, 1984).

En México, las cercas vivas son un elemento importante del paisaje en muchas regiones, y se sabe que existen desde la época prehispánica (Zuria y Gates, 2006). Sin embargo, son pocos los estudios realizados para determinar su importancia en la diversidad de especies. Las investigaciones en el país se encuentran dirigidas principalmente al grupo de las aves (Estrada *et al.*, 2000; Zuria *et al.*, 2007; Zuria y Gates, 2013; Figueroa-Sandoval *et al.*, 2019); mamíferos (Estrada *et al.*, 1994; Estrada y Coates-Estrada, 2001) y algunos invertebrados como los coleópteros (Estrada *et al.*, 1998; Arellano *et al.*, 2008).

Abejas en agroecosistemas

Se encuentra documentado que los agroecosistemas pueden brindar recursos a diferentes familias de abejas, principalmente cuando el paisaje tiene mayor heterogeneidad, a través de elementos como parches de vegetación no cultivada, cercas vivas, campos en barbecho, praderas y bosques o matorrales seminaturales (Kremen, 2008). Los estudios dirigidos a la interacción entre cercas vivas y abejas, enmarcan la importancia de cercas vivas para polinizadores de la superfamilia Apoidea. Por ejemplo, Hannon y Sick (2009) evaluaron el valor de las cercas vivas para abejas nativas en mosaicos de agricultura a pequeña escala, en el sureste de Arizona, EUA, registraron que las cercas vivas son hábitats atractivos para las abejas, llegando a albergar una riqueza de especies similar a la de bosques nativos. Sánchez y colaboradores (2019) estudiaron cómo responde la comunidad de abejas a la vegetación de cercas vivas dentro de una zona con agricultura intensiva en una localidad de Almería, España y encontraron una asociación positiva, entre la composición vegetal y la diversidad y abundancia de abejas, resaltando la importancia de diversidad vegetal en cercas vivas.

Justificación

A nivel mundial, uno de los grupos de insectos más importantes son las abejas, las funciones ecológicas que desempeña este grupo permiten el adecuado funcionamiento de los ecosistemas naturales y los gestionados por el hombre. Sin embargo, el aumento exponencial de la población y la demanda alimenticia han propiciado que actividades primarias como la agricultura sufran una expansión a gran escala durante las últimas décadas. Esto implica la remoción total o parcial de la cobertura vegetal nativa para obtener espacios en los que sea posible establecer cultivos, que para las abejas equivale a la pérdida de hábitat, y ha generado un panorama alarmante ante el declive de sus poblaciones. Por ello es necesario cambiar la perspectiva que existe sobre los sistemas agrícolas de manera que sean apreciados como agroecosistemas donde ocurren múltiples interacciones con diferentes organismos y además modificar su estructura, de manera que permitan la prevalencia de abejas y otros grupos biológicos; partiendo del conocimiento de cómo estos organismos interactúan con estos sitios.

En diferentes agroecosistemas de México se pueden encontrar elementos como las cercas vivas, líneas fronterizas entre cultivos compuestas de vegetación, que poseen un amplio potencial para conservar la diversidad de abejas que se encuentra en nuestro país. No obstante, son escasas las investigaciones respecto a este tema en México. Es crucial reconocer paisajes agrícolas que puedan mantener la diversidad biológica local, para equilibrar la conservación de la biodiversidad y las necesidades alimentarias humana. (Gómez-Otamendi *et al.* 2018)

Este será el primer trabajo para el país, en el que se registra la relación que tienen las cercas vivas y las diferentes especies de abejas que se distribuyen en el matorral xerófilo y permitirá establecer la importancia de este elemento en los agroecosistemas.

Objetivos

Objetivo general

Conocer la diversidad de especies de abejas en cercas vivas de un agroecosistema y áreas contiguas de matorral xerófilo en el municipio de Zempoala en el estado de Hidalgo, México, y establecer cuáles son algunos de los factores que contribuyen en la diversidad de especies de abejas.

Objetivos específicos

- i. Evaluar si la composición de especies, riqueza y abundancia de abejas difiere entre áreas contiguas de matorral xerófilo y cercas vivas en dos temporadas del año, secas y lluvias.
- ii. Documentar los recursos florales presentes en cercas vivas y matorral xerófilo en dos temporadas del año, secas y lluvias.
- iii. Determinar si la cobertura de vegetación de cercas vivas y la riqueza de especies de plantas en floración están asociadas con la riqueza y abundancia de especies de abejas en las cercas vivas en dos temporadas del año, secas y lluvias.

Área de estudio

El trabajo se realizó en el sur del estado de Hidalgo, México, dentro de un sistema agrícola en la localidad de San Agustín Zapotlán, perteneciente al municipio de Zempoala (Figura 1), ubicada entre los $19^{\circ}52'34''\text{N}$ y $98^{\circ}42'75''\text{O}$ a una altitud de 2375 msnm (INEGI, 2020) y en la Sierra los Pitos un sitio colindante con presencia de matorral xerófilo perteneciente al mismo municipio, entre los $19^{\circ}54'31''\text{N}$ y $98^{\circ}44'56''\text{O}$ a una altitud de 2500 msnm (Zamorano-Orozco *et al.*, 2002).

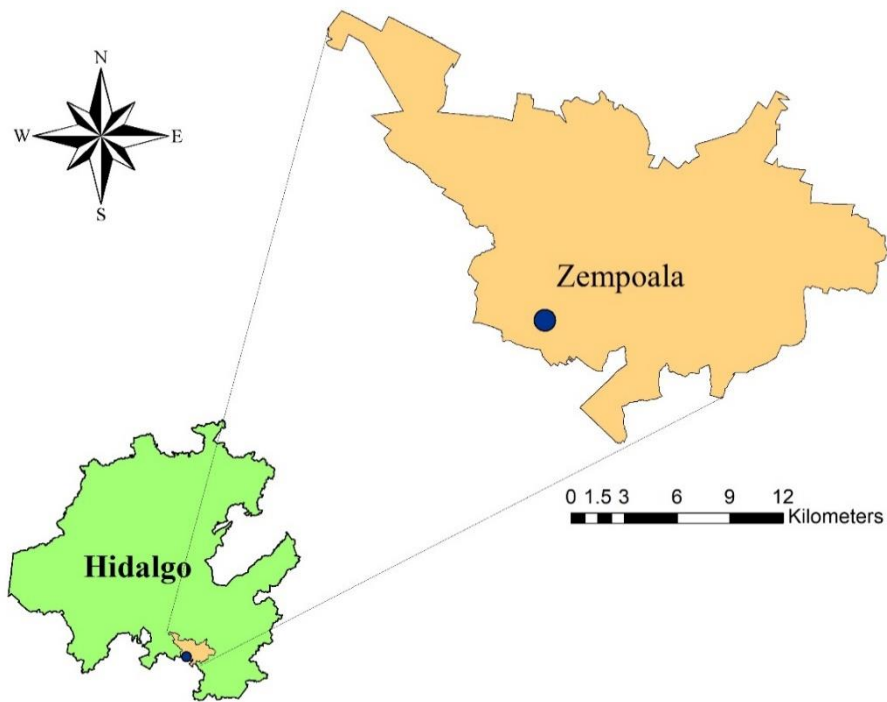


Figura 1. Mapa de localización de San Agustín Zapotlán, marcado en azul, dentro del Estado de Hidalgo.

El clima de esta región es predominantemente semiseco templado, con una temperatura que varía de 10 a 16°C , y un rango de precipitación pluvial de $400 - 700$ mm anuales de junio a septiembre (INEGI, 2009). La vegetación para San Agustín Zapotlán consiste de fragmentos de matorral xerófilo, pastizal y agricultura de temporal y en la Sierra los Pitos la vegetación

se compone principalmente de matorral xerófilo, fragmentos de pastizal y agricultura de temporal. En ambos sitios el tipo de matorral xerófilo es con predominancia de *Opuntia streptacantha*. Como especies dominantes se encuentran el nopal cardón o nopal negro (*Opuntia streptacantha*), cenicilla o limpia tunas (*Zaluzania augusta*), uña de gato o huizcolote (*Mimosa biuncifera*), pirul (*Schinus molle*) y palma (*Yuca filifera*) (Rzedowski, 2006).

El uso de suelo en el municipio de Zempoala corresponde al 78.49% para agricultura y el 3.29% para la zona urbana y la cobertura con vegetación de matorral es de 7.97%, 5.87% de bosque y 4.34% pastizal (INEGI, 2009). Una amplia extensión de la vegetación nativa del municipio ha sido remplazada por campos de cultivo, incluidas las zonas en la periferia de San Agustín Zapotlán, donde la presencia de vegetación nativa se reduce a pequeños lomeríos y a cercas vivas que delimitan áreas de cultivo. En la localidad se utiliza la agricultura mecanizada continua y la agricultura manual estacional (INEGI, 2009). Los cultivos principales son, cebada (*Hordeum vulgare*), maíz (*Zea mays*), avena (*Avena* sp.) (INEGI, 1992; 2003), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y nopal (*Opuntia* spp.).

Materiales y método

Sitios de muestreo

Se seleccionaron 15 sitios de muestreo, 12 en cercas vivas en las zonas de cultivo localizadas en la periferia de San Agustín Zapotlán y 3 en matorral xerófilo contiguo (Figura 2). Los 15 sitios estaban separados al menos 1 km uno de otro. En las zonas de cultivo se seleccionaron 12 sitios correspondientes a cercas vivas, determinados mediante la división del área de estudio en 12 círculos de 500 m de radio, utilizando del programa Google Earth. Posteriormente se seleccionó una cerca viva ubicada en el centro de cada círculo.

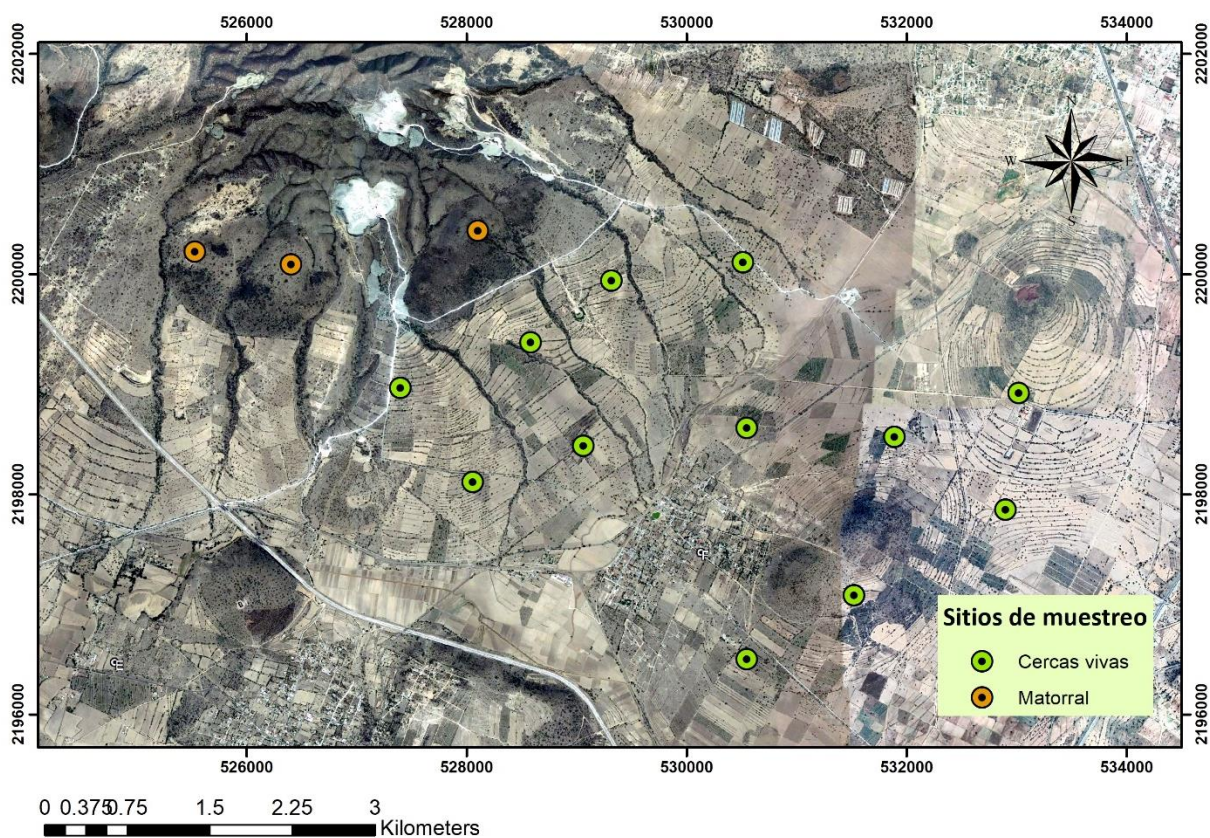


Figura 2. Imagen satelital del área de muestreo, que comprende la Sierra los Pitos (zona de matorral) y la comunidad San Agustín Zapotlán (zona de cultivos).

Las cercas vivas seleccionadas se encontraban compuestas por al menos un ejemplar del género *Opuntia* y acompañadas por vegetación arbustiva, herbácea o ambas. En cada cerca se estableció un transecto rectangular con una longitud de 20 m y un ancho de 4 m, de acuerdo a lo utilizado en Hannon & Sisk (2009). Las cercas vivas se encontraban en tres escenarios: entre campos cultivo de los cereales cultivados en la zona (cebada, maíz, avena), entre campos de cultivo de cereal y campos de cultivo de nopal (nopaleras) y entre cualquier campo de cultivo y caminos de terracería poco transitados.

Se estableció como sitio control un área de matorral xerófilo continuo correspondiente a la Sierra los Pitos, y se ubicaron en esta área tres transectos lineales. Utilizando imágenes satelitales se seleccionaron áreas en las cuales se establecieron círculos con un radio de 500 m, repitiendo el procedimiento utilizado para los transectos en cercas vivas. Al centro de cada círculo se estableció un transecto de 4 m de ancho y 20 m de largo.

Colecta de abejas

El trabajo en campo se realizó en dos temporadas del año 2021, determinadas por la floración de especies, una de octubre a mayo cuando se presenta la floración en el matorral xerófilo y corresponde a la temporada de secas y la otra de junio a noviembre, en la cual se presenta la floración en plantas arvenses y corresponde a la de lluvias, representando fuentes de alimento distintas para los polinizadores. Para el periodo de floración durante la temporada de secas se eligió el mes de abril, en el cual se observa el pico de floración para especies del género *Opuntia* (principal componente vegetal del sitio de estudio) y de otras plantas arbustivas nativas. El segundo periodo de floración se eligió durante el mes de agosto, en el que florecen, principalmente especies de arvenses. En ambas temporadas se muestreó durante días

soleados, con temperaturas promedio de 17° a 25° en el horario de 9:00 am a 14:00 pm, sin la presencia de corrientes de aire intensas. La colecta de abejas se realizó con el permiso de colecta SEMARNAT SGPA/DGVS/05481/21.

Se utilizaron dos métodos de colecta, platos trampa y colecta directa. Los platos trampa son un método de muestreo pasivo, comúnmente usado para coleccionar abejas. Es el método más adecuado y apto para zonas áridas y hábitat agrícolas, debido a que funciona para sitios relativamente abiertos y es simple y eficiente para la captura de un mayor número de especies, con un sesgo de colector mínimo (Westphal *et al.*, 2008; Ramírez *et al.*, 2014). La trampa consiste en un plato o bandeja de plástico con un color específico, en este estudio se utilizó el color amarillo para atraer a los polinizadores; cada recipiente tiene una capacidad de 150 – 200 mL, que permite colocar una solución de agua y jabón. Se colocaron 16 platos en cada uno de los 15 sitios en dos niveles: 8 platos al nivel del suelo y 8 a la altura de la vegetación, variando entre 1 y 1.50 m de alto. Su colocación fue de las 9:00 a las 14:00 horas con una distancia de separación entre trampas de aproximadamente 5 m.

A pesar de que la trampa de plato es considerada una de las más eficientes, algunos autores como Roulston y colaboradores (2007) han mostrado que existe un sesgo con abejas silvestres de los géneros *Colletes* y *Bombus*, pues se atrapan con menos frecuencia. Por lo tanto, como parte complementaria se utilizó un segundo método de colecta del tipo directo. Este método realiza una búsqueda directa de las abejas en flores de la vegetación presente en los transectos, o durante el vuelo. Para la captura directa en las flores se utilizó un contenedor cilíndrico de plástico que se colocó sobre las flores con la presencia de abejas para poder capturarlas. Adicionalmente se empleó una red entomológica aérea para capturar abejas en vuelo. El muestreo directo se realizó durante 20 min antes de colocar las trampas plato y 20

min después de recogerlas, caminando a lo largo de cada transecto. Los ejemplares colectados se colocaron en bolsas de papel encerado y se sacrificaron utilizando un congelador a -15°C durante 48 hrs., posteriormente las abejas se colocaron en etanol al 70% dentro de tubos de ensayo.

Recursos florales en matorral y cercas vivas

Se documentaron los recursos florales en las cercas vivas y en el matorral con dos propósitos. El primero fue para analizar si existe relación entre la riqueza de especies de plantas y la riqueza y abundancia de abejas. El segundo fue para intentar explicar las diferencias en la composición de especies de abejas en las cercas vivas y en el matorral. Para cuantificar los recursos florales, se colectaron muestras de plantas en floración dentro de cada una de las 15 áreas circulares de 1 km de diámetro. Los sitios de colecta consistieron de nueve transectos de 20 x 4 m, uno fue el transecto en donde se colectaron las abejas, mientras que los otros ocho consistieron de puntos aleatorios con presencia de plantas en floración. Se realizó una colecta correspondiente a la temporada de secas y otra para la temporada de lluvias.

Identificación de especies de abejas y plantas

Los ejemplares de abejas fueron montados para su identificación taxonómica, para ello se utilizaron las claves dicotómicas de Michener *et al.* (1994), Michener (2007) y la colección de abejas de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo para la comparación de ejemplares. Además, una parte de las abejas fueron identificadas por el Dr. Jorge Alfredo Mérida Rivas del Colegio de la Frontera Sur, Unidad San Cristóbal. Las muestras vegetales

recolectadas fueron colocadas en una prensa botánica y posteriormente en una cámara de secado. Las especies de plantas fueron identificadas con ayuda del M. en C. Manuel González Ledesma, profesor investigador del Herbario del Centro de Investigaciones Biológicas, de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Relación entre riqueza y abundancia de abejas y vegetación en las cercas vivas

Para determinar si la riqueza de especies de plantas en floración está asociada con la riqueza y abundancia de especies de abejas, en las cercas vivas se colectaron muestras de plantas en floración dentro de las 13 áreas circulares de 1 km de diámetro correspondientes a las cercas vivas (ver la sección anterior). Posteriormente se analizó si existe relación entre la riqueza de especies de plantas y la riqueza y abundancia de abejas para cada temporada.

Para determinar si la cobertura de las cercas vivas está asociada con la riqueza y abundancia de especies de abejas, se cuantificó su cobertura de vegetación dentro de las 13 áreas circulares utilizando una imagen satelital de la zona extraída de Google Earth y el programa ArcGIS 10.2.1. Se realizaron buffers de 500 m de radio tomando como centro los transectos donde se colectaron las abejas, y se digitalizó en su interior la cobertura con cercas vivas, obteniendo para cada círculo el área de cobertura vegetal. Posteriormente se analizó si existe relación entre la cobertura de vegetación de cercos vivos y la riqueza y abundancia de abejas para cada temporada.

Análisis de datos

Se utilizó iNEXT en línea (Chao *et al.*, 2016) para analizar la diversidad de las comunidades de abejas en las cercas vivas y matorral, y se compararon a través de curvas de extrapolación y rarefacción basadas en datos de incidencia. Los análisis se realizaron con 100 remuestros por bootstrap. Estas curvas se calcularon ya que se asume que el muestreo de la riqueza de especies por sitio es incompleto, de esta forma garantizamos que se comparen muestras con la misma integridad (muestra estimada o completa) (Chao *et al.*, 2014). Adicionalmente se estimó la riqueza por cobertura de muestra, una medida que da la proporción del total de individuos en una comunidad que pertenecen a las especies representadas en la muestra (Chao y Jost, 2012).

Para comparar la abundancia de abejas entre cercas vivas y matorral xerófilo se utilizaron pruebas de t de Student con el programa SigmaStat 3.5 y se usó un valor de significancia de $\alpha = 0.05$. La comparación entre la composición de especies de abejas en cercas vivas y matorral xerófilo se realizó visualmente empleando diagramas de Venn.

Se midió la completitud del inventario de plantas presentes en cercas vivas y matorral durante los dos periodos de muestreo, a través del cálculo del porcentaje de completitud y las curvas de acumulación de especies, las cuales se produjeron mediante el reordenamiento aleatorio repetido (100 repeticiones) con el programa Estimates versión 8.2.0., y el estimador no paramétrico basado en incidencia Chao2.

Para el análisis de la relación entre la riqueza de especies de plantas y la cobertura de vegetación de cercas vivas con la riqueza y abundancia de abejas, se realizaron regresiones lineales simples con el programa SigmaStat 3.5 y se usó un valor de significancia de $\alpha = 0.05$.

Resultados

Composición de abejas en cercas vivas y matorral

Se colectaron un total de 6,283 abejas (4,314 correspondientes a la temporada seca y 1,969 correspondientes a la temporada de lluvia), pertenecientes a 63 especies, 30 géneros, seis subfamilias y cinco familias, con base en el arreglo taxonómico de Michener (2007). El total de especies de abejas colectadas en el matorral fue de 42 (35 en la temporada de secas y 30 en la de lluvias) y 58 en las cercas vivas (39 en la temporada de secas y 53 en la de lluvias) (Anexo 1). De las 63 especies colectadas, 62 son nativas de México, únicamente se encontró a *Apis mellifera* como especie introducida.

La familia mejor representada, sin tomar en cuenta la estacionalidad, fue Apidae con 49% de las especies y 46% de los individuos, Halictidae con el 24% de las especies y 17% de los individuos, Andrenidae con el 17% de las especies y 32% de los individuos. La familia con mayor número de géneros fue Apidae, con 13 géneros, mientras que Colletidae representó únicamente el 2% de las especies y el 0.19% de los individuos y solo cuenta con 1 género (Figura 3).

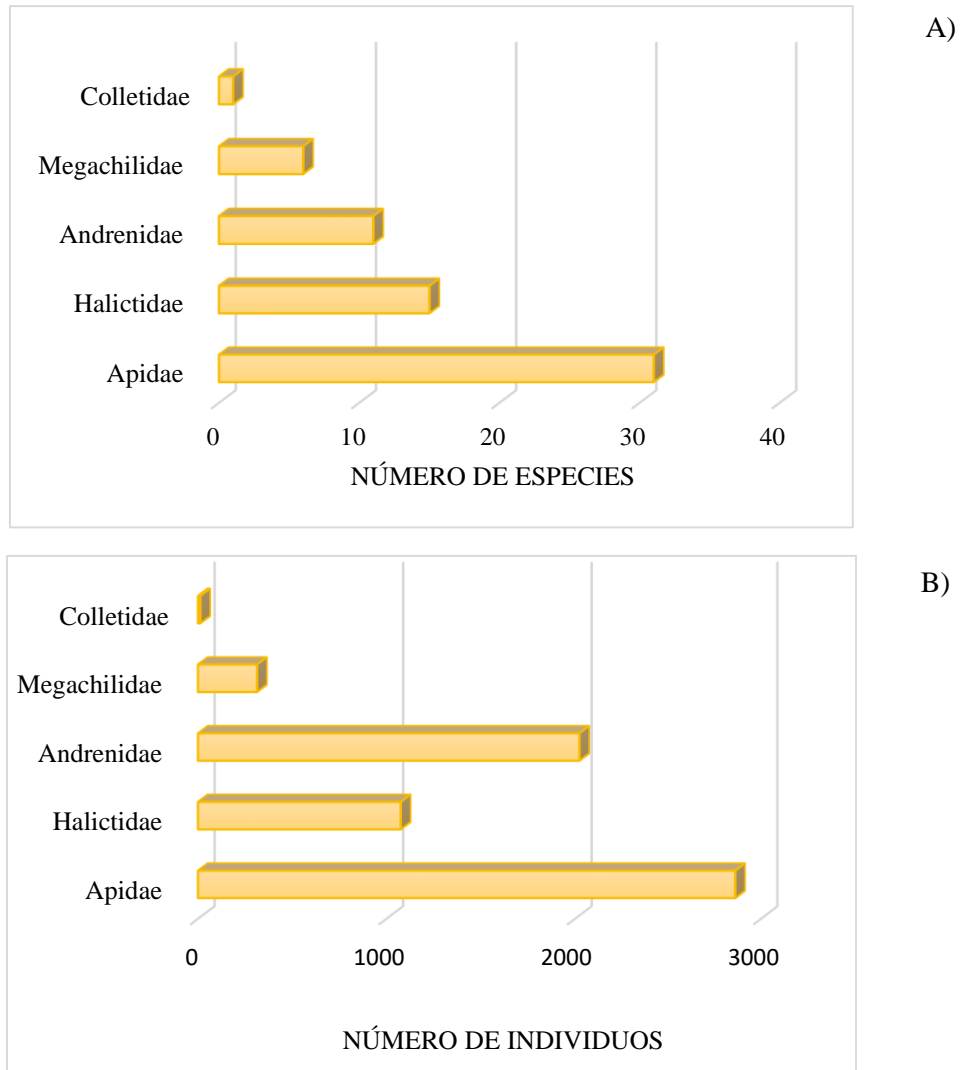


Figura 3. A) Número de especies de abejas por familia en cercas vivas y matorral en las dos temporadas de colecta y B) número de individuos de abejas por familia en cercas vivas y matorral en las dos temporadas de colecta.

Tomando en cuenta la estacionalidad, para la temporada de secas únicamente se encontraron cuatro familias (Andrenidae, Apidae, Halictidae y Megachilidae). La familia mejor representada fue Apidae con el 46% de las especies, y la familia Halictidae tuvo la mayor abundancia con el 43% de los individuos. La especie más abundante en cercas vivas en temporada de secas fue *Diadasia* sp. 1 (familia Apidae) y en los sitios de matorral fue *Macrotera sinaloana* (familia Andrenidae) (Tabla 1) (Anexo 1).

En temporada de lluvias, se registraron cinco familias (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae), Apidae fue la mejor representada con el 49% de especies y el 51% de los individuos. La especie más abundante tanto en el matorral como en las cercas vivas fue *A. mellifera* (familia Apidae) (Tabla 1) (Anexo 1).

Tabla 1. Riqueza y abundancia de abejas en cada temporada en las cercas vivas y el matorral. CV: Cercas vivas, M: matorral, S: temporada de seca, LL: temporada de lluvias.

Sitio y temporada	Familias	Géneros	Especies	Individuos
CV (S y LL)	5	30	58	3894
M (S y LL)	5	22	42	2390
CVS	4	20	39	2557
MS	4	16	34	1758
CVLL	5	26	51	1337
MLL	5	16	27	632

El número total de especies de abejas colectadas en las cercas vivas fue de 58 y en el matorral fue de 42, de las cuales 41 se comparten entre los dos sitios, 18 fueron exclusivas de las cercas vivas y 4 fueron exclusivas del matorral (Figura 4).

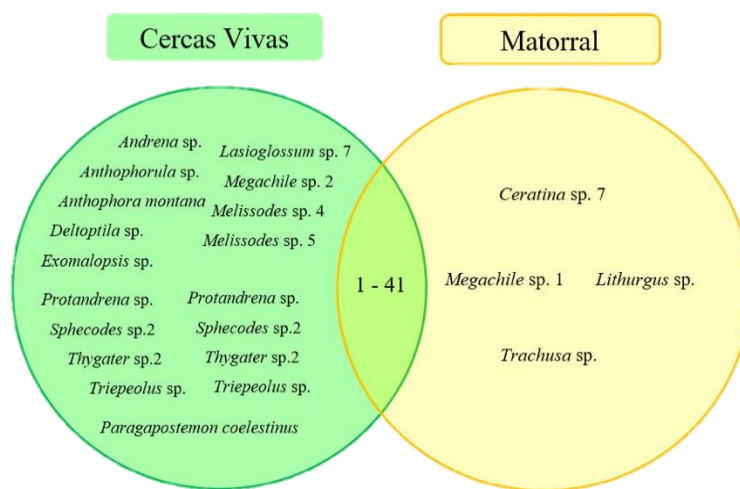


Figura 4. Especies de abejas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral en ambas temporadas, secas y lluvias. 1) *Agapostemon* sp., 2) *Augochlorella neglectula*, 3) *Augochloropsis metallica*, 4) *Anthophora californica*, 5) *Apis mellifera*, 6) *Ashmeadiella* sp., 7) *Bombus sonorus*, 8) *Calliopsis* sp., 9) *Centris atripes*, 10) *Centris zacateca*, 11) *Ceratina* sp. 1, 12) *Ceratina* sp. 2, 13) *Ceratina* sp. 3, 14) *Ceratina* sp. 4, 15) *Ceratina* sp. 5, 16) *Ceratina* sp. 6, 17) *Colletes* sp., 18) *Diadasia diminuta*, 19) *Diadasia* sp. 1, 20) *Diadasia* sp. 2, 21) *Diadasia* sp. 3, 22) *Lasioglossum* sp. 1, 23) *Lasioglossum* sp. 2, 24) *Lasioglossum* sp. 3, 25) *Lasioglossum* sp. 4, 26) *Lasioglossum* sp. 5, 27) *Lasioglossum* sp. 6, 28) *Lasioglossum* sp. 8, 29) *Lasioglossum* sp. 9, 30) *Lithurge littoralis*, 31) *Macrotera bicolor*, 32) *Macrotera sinaloana*, 33) *Melissodes* sp. 1, 34) *Melissodes* sp. 2, 35) *Melissodes* sp. 3, 36) *Peponapis pruinosa*, 37) *Perdita* sp. 1, 38) *Perdita* sp. 2, 39) *Perdita* sp. 6, 40) *Sphecodes* sp.1 y 41) *Thygater* sp.1.

En la temporada de secas se colectaron 39 especies de abejas en las cercas vivas y 34 en el matorral, de las cuales 28 fueron compartidas, 11 fueron exclusivas de las cercas vivas y 6 fueron exclusivas del matorral (Figura 5). Durante la temporada de lluvias se colectaron 51 especies de abejas en las cercas vivas y 27 en el matorral, de las cuales 25 fueron compartidas, 26 fueron exclusivas de las cercas vivas y 2 fueron exclusivas del matorral (Figura 6).

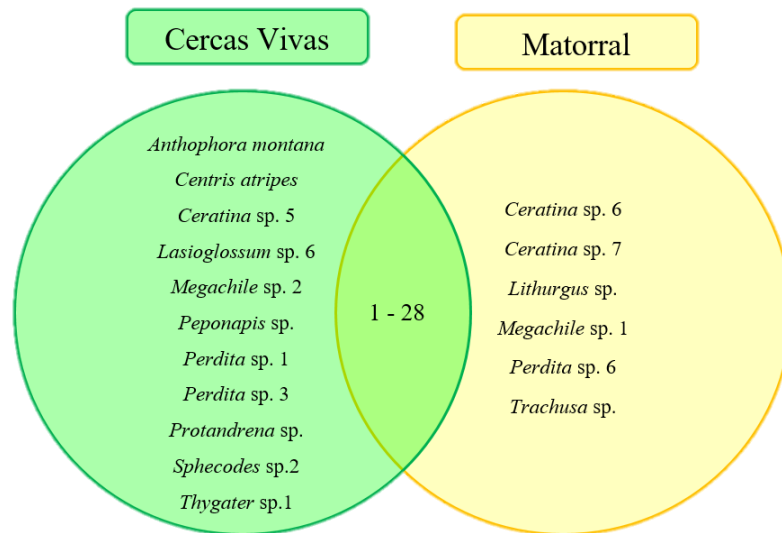


Figura 5. Especies de abejas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral durante la temporada de secas. 1) *Agapostemon* sp., 2) *Augochlorella neglectula*, 3) *Augochloropsis metallica*, 4) *Apis mellifera*, 5) *Ashmeadiella* sp., 6) *Bombus sonorus*, 7) *Ceratina* sp. 1, 8) *Ceratina* sp. 2, 9) *Ceratina* sp. 3, 10) *Ceratina* sp. 4, 11) *Diadasia diminuta*, 12) *Diadasia* sp. 1, 13) *Diadasia* sp. 2, 14) *Diadasia* sp. 3, 15) *Lasioglossum* sp. 1, 16) *Lasioglossum* sp. 2, 17) *Lasioglossum* sp. 3, 18) *Lasioglossum* sp. 4, 19) *Lasioglossum* sp. 5, 20) *Lasioglossum* sp. 9, 21) *Lithurge littoralis* 22)

Macrotera bicolor, 23) *Macrotera sinaloana*, 24) *Melissodes* sp. 1, 25) *Melissodes* sp. 2, 26) *Melissodes* sp. 3, 27) *Perdita* sp. 2 y 28) *Sphecodes* sp.1.

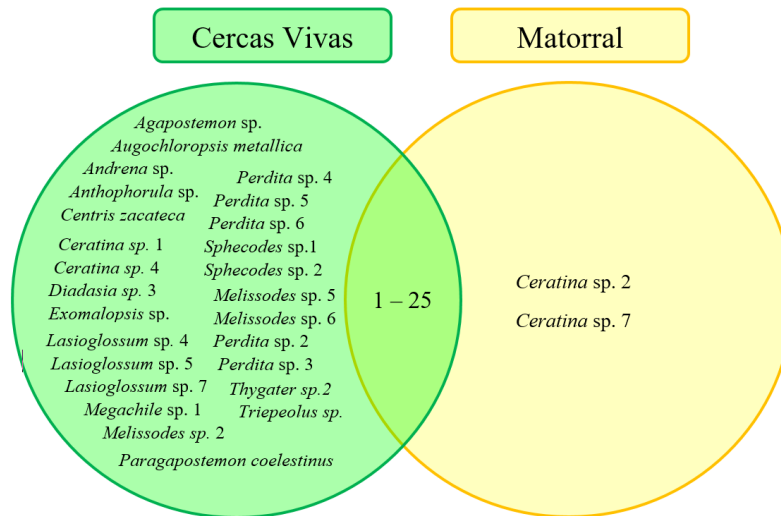


Figura 6. Especies de abejas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral durante la temporada de lluvias. 1) *Augochlorella neglectula*, 2) *Anthophora californica*, 3) *Apis mellifera*, 4) *Ashmeadiella* sp., 5) *Bombus sonorus*, 6) *Calliopsis* sp., 7) *Ceratina* sp. 3, 8) *Ceratina* sp. 5, 9) *Ceratina* sp. 6, 10) *Colletes* sp., 11) *Deltoptila* sp., 12) *Diadasia diminuta*, 13) *Diadasia* sp. 1, 14) *Diadasia* sp. 2, 15) *Lasioglossum* sp. 1, 16) *Lasioglossum* sp. 2, 17) *Lasioglossum* sp. 3, 18) *Lasioglossum* sp. 6, 19) *Lasioglossum* sp. 8, 20) *Macrotera bicolor*, 21) *Macrotera sinaloana*, 22) *Melissodes* sp. 1, 23) *Peponapis pruinosa*, 24) *Perdita* sp. 1 y 25) *Thygater* sp.1.

Cobertura de la muestra y comparación de riqueza de especies de abejas entre cercas vivas y matorral

El número total de especies de abejas colectadas en el matorral fue de 42 y 58 en las cercas vivas (Tabla 1, Apéndice 1). De acuerdo al estimador de la cobertura de la muestra, la completitud del inventario en el matorral y cercas vivas fue mayor al 99%, denotando una cobertura de muestra adecuada (Tabla 2).

Tabla 2. Porcentajes de cobertura de muestra para las especies de abejas. CV: cercas vivas, M: matorral.

CV	M
99.59%	99.67

No se encontró que la riqueza de especies de abejas difiriera significativamente entre el matorral y las cercas vivas (Figura 7).

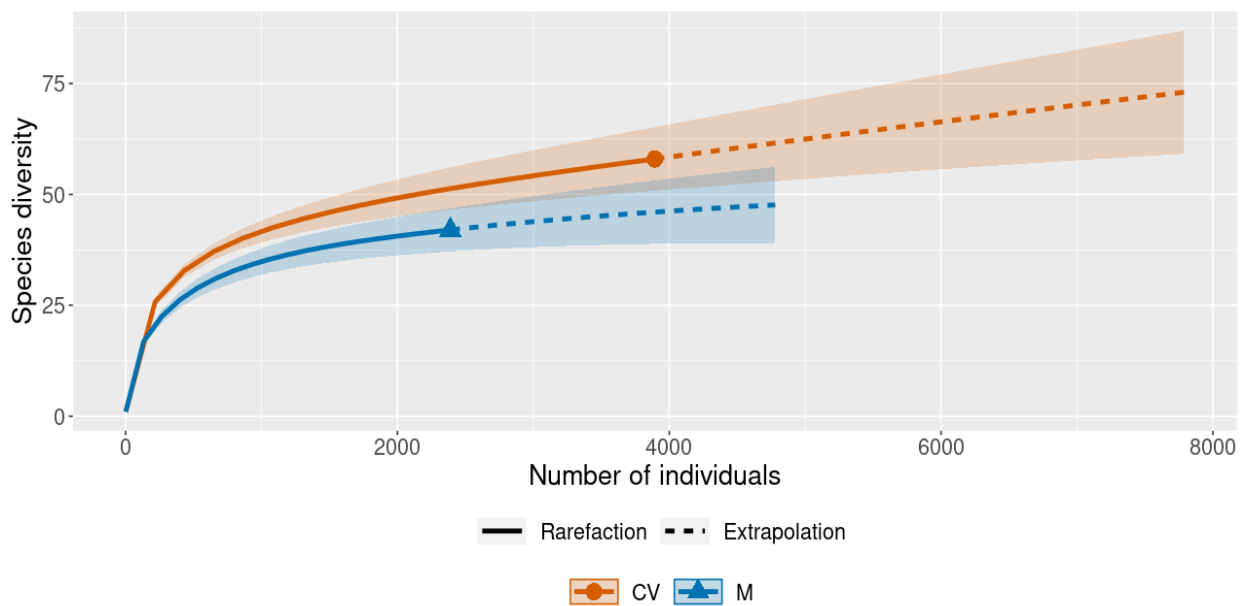


Figura 7. Riqueza acumulada de especies de abejas en las cercas vivas (CV) y en el matorral (M).

Se colectaron 35 especies de abejas en el matorral en la temporada de secas, 30 en la de lluvias; y en las cercas vivas 39 en la temporada de secas y 53 en la de lluvias. De acuerdo al estimador de la cobertura de la muestra, la completitud del inventario en el matorral y cercas vivas para cada temporada fue mayor al 97% (Tabla 3), lo que denota una cobertura de muestra adecuada.

Tabla 3. Porcentajes de cobertura de la muestra para las especies de abejas. CVS cercas vivas en temporada seca, MS: matorral en temporadas secas, CVLL: cercas vivas en lluvias y MLL: matorral en lluvias.

CVS	MS	CVLL	MLL
99.61%	99.72%	99.03%	98.58%

Se encontró que la riqueza de especies de abejas fue significativamente mayor en las cercas vivas en la temporada de lluvias que en los demás casos (cercas vivas en la temporada de lluvias y matorral en las temporadas de lluvias y secas) (Figura 8). No se encontraron diferencias significativas en la riqueza de especies de abejas al comparar las cercas vivas en la temporada de lluvias, el matorral en la temporada de lluvias y el matorral en la temporada de secas (Figura 8).

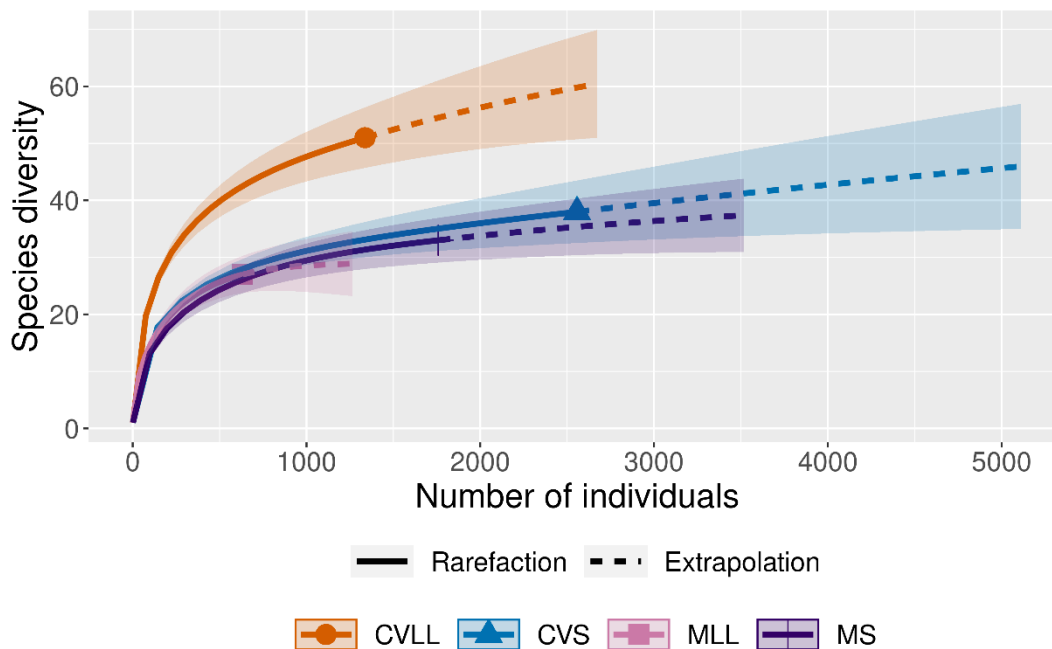


Figura 8. Riqueza acumulada de especies de abejas en cercas vivas y sitios de matorral en ambas temporadas. CVLL: Cercas Vivas en temporada de lluvia, CVS: cercas vivas en temporada de secas, MLL: Matorral en temporada de lluvia y MS: matorral en temporada de secas.

Abundancia de especies de abejas en cercas vivas y matorral

La abundancia total de abejas fue significativamente mayor en el matorral que en las cercas vivas ($t = 7.16$, $g.l.=13$, $P < 0.001$) (Figura 9).

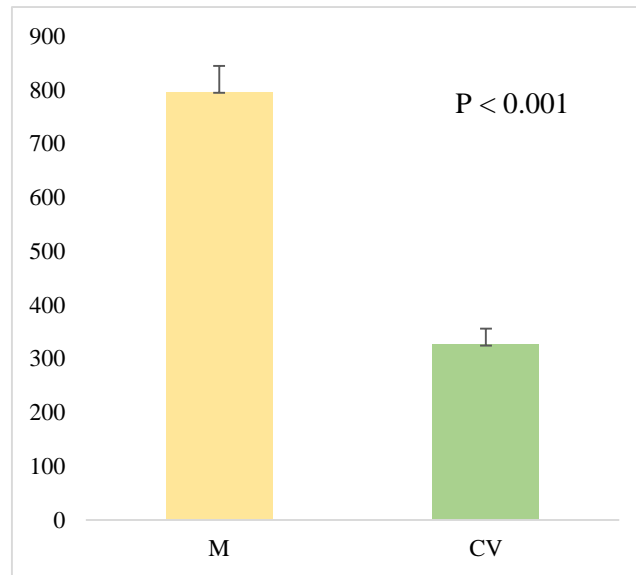


Figura 9. Abundancia total de abejas (promedio y error es estándar) en el matorral y las cercas vivas.

La abundancia de abejas para cada temporada también fue significativamente mayor en el matorral que en las cercas vivas (secas, $t = 6.633$, $g.l.=13$, $P < 0.001$; lluvias, $t = 5.44$, $g.l.=13$, $P < 0.001$;) (Figuras 10 y 11).

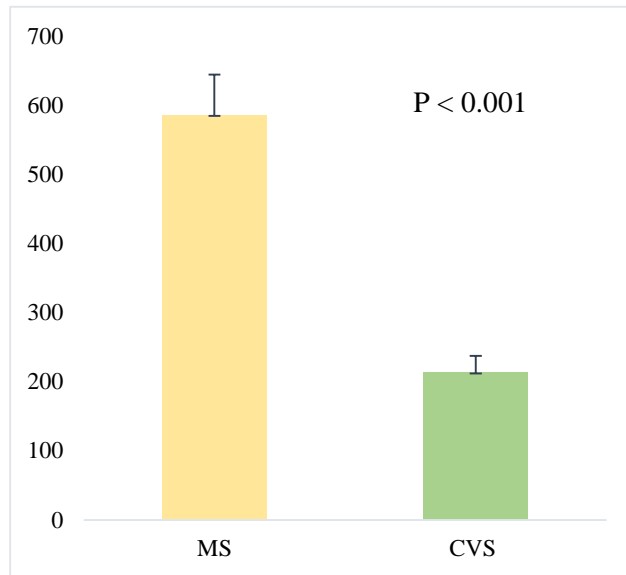


Figura 10. Abundancia de abejas (promedio y error es estándar) en matorral y cercas vivas durante la temporada de secas.

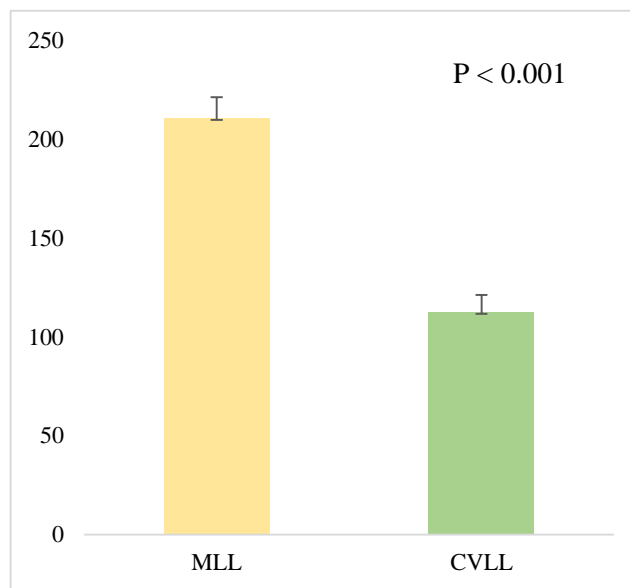


Figura 11. Abundancia de abejas (promedio y error es estándar) en matorral y cercas vivas durante la temporada de lluvia.

Recursos florales en cercas vivas y matorral

El número total de especies de plantas colectadas en el matorral fue de 43 y en las cercas vivas de 89 (Anexo 2). De acuerdo al estimador de riqueza, la completitud del inventario de plantas en el matorral y cercas vivas fue mayor al 90, denotando una cobertura de muestra adecuada (Tabla 4). De las especies de plantas colectadas en las dos temporadas, 19 fueron compartidas, 70 fueron exclusivas de las cercas vivas y 24 fueron exclusivas del matorral (Figura 12).

Tabla 4. Riqueza de especies observada y riqueza de especies estimada para las especies de plantas en ambas temporadas, lluvias y secas. En paréntesis el porcentaje de completitud. CV: cercas vivas, M: matorral.

	Especies observadas	Chao 2
Cercas vivas	87	88.02 (98.84%)
Matorral	43	46.38 (92.71%)

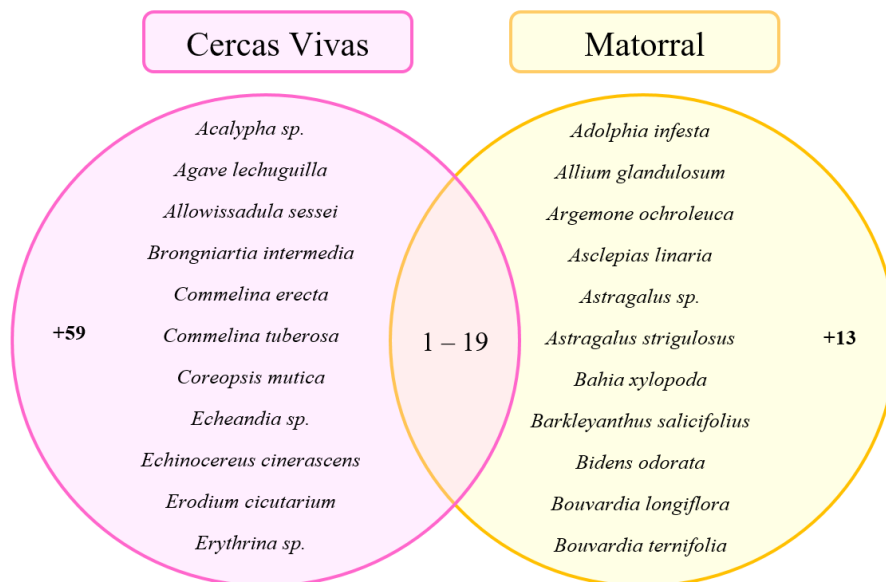


Figura 12. Especies de plantas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral en ambas temporadas, secas y lluvias: 1) *Agave sp.*, 2) *Anoda cristata*, 3) *Cissus verticillata*, 4) *Crusea coronata*, 5) *Cylindropuntia rosea*, 6) *Dalea bicolor*, 7) *Erigeron sp.*, 8) *Ipomoea pubesens*, 9) *Ipomoea stans*, 10) *Mentzelia hispida*, 11) *Opuntia sp.*, 12) *Salvia amarissima*, 13) *Salvia hirsuta*, 14) *Salvia melissodora*, 15) *Solanum aligerum*, 16) *Solanum nigrescens*, 17) *Sphaeralcea angustifolia*, 18) *Tridax rosea* y 19) *Zephyranthes fosteri*.

En las cercas vivas durante la temporada de secas se colectaron 18 especies de plantas y en matorral 14 especies; para las cercas vivas, durante la temporada de lluvias se colectaron 75 especies de plantas y 30 en el matorral (Anexo 1). De acuerdo al estimador de la cobertura de la muestra, la completitud del inventario en el matorral y cercas vivas para cada temporada fue mayor al 93% (Tabla 5), lo que denota una cobertura de muestra adecuada.

De las especies de plantas colectadas en la temporada de secas, 6 fueron compartidas, 12 fueron exclusivas de las cercas vivas y 8 fueron exclusivas del matorral (Figura 13). De las especies de plantas colectadas en la temporada de lluvias, 12 fueron compartidas, 63 fueron exclusivas de las cercas vivas y 18 fueron exclusivas del matorral (Figura 14).

Tabla 5. Valores de completitud de muestreo de plantas en cercas vivas y matorral en la temporada de lluvias y en la temporada de secas.

		Especies observadas	Chao 2
Temporada de seca	Cercas vivas	18	18 (100%)
	Matorral	14	14.8 (94.59%)
Temporada de lluvia	Cercas vivas	75	75.55 (99.33%)
	Matorral	30	32.07 (93.54%)

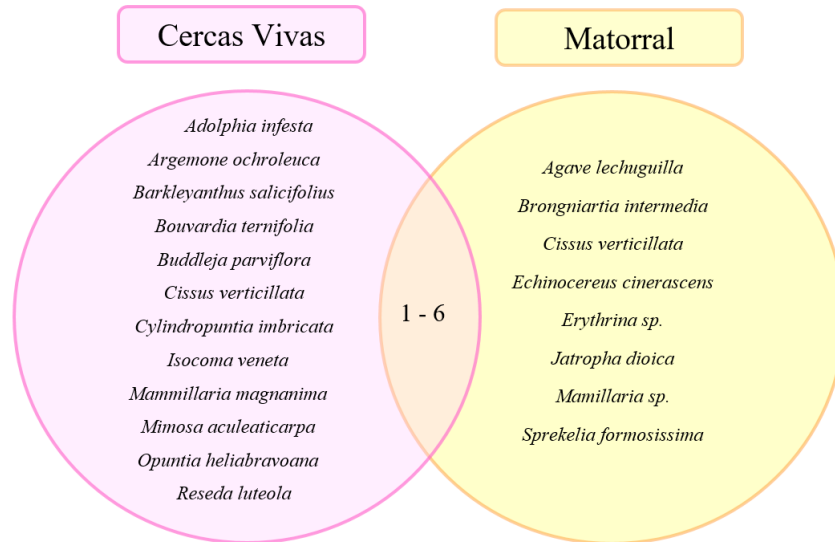


Figura 13. Especies de plantas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral durante la temporada de secas. 1) *Agave sp.*, 2) *Cylindropuntia rosea*, 3) *Opuntia sp.*, 4) *Solanum aligerum*, 5) *Sphaeralcea angustifolia*, 6) *Zephyranthes fosteri*.

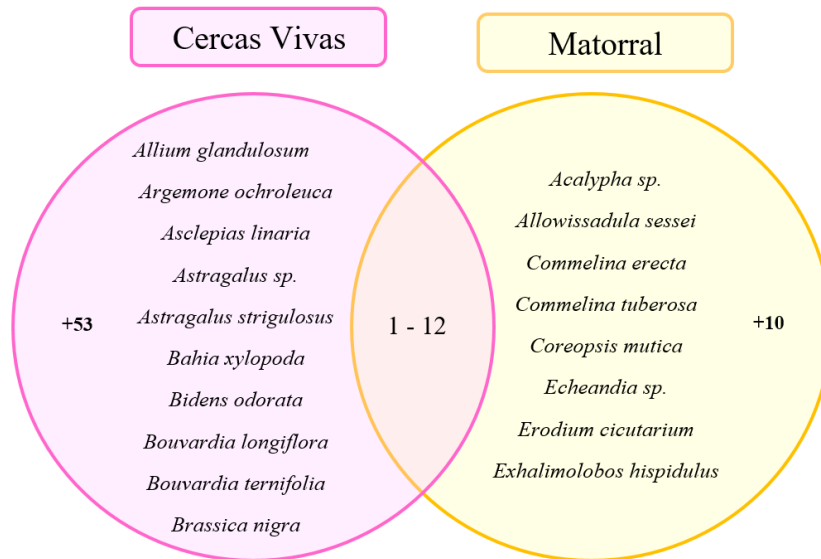


Figura 14. Especies de plantas exclusivas y compartidas en cercas vivas y matorral durante la temporada de lluvias. 1) *Anoda cristata*, 2) *Crusea coronata*, 3) *Dalea bicolor*, 4) *Erigeron sp.*, 5) *Ipomoea pubesens.*, 6) *Ipomoea stans*, 7) *Mentzelia hispida.*, 8) *Salvia hirsuta*, 9) *Salvia melissodora*, 10) *Solanum nigrescens*, 11) *Sphaeralcea angustifolia*, 12) *Tridax rosea*.

La familia dominante en cercas vivas y matorral fue Cactaceae durante la temporada de secas, en la temporada de lluvia la familia mejor representada en cercas vivas y matorral fue Asteraceae.

Relación entre riqueza y abundancia de abejas y vegetación en las cercas vivas

No se encontró que la riqueza y abundancia de abejas presentes en las cercas vivas estuvieran relacionadas significativamente con el área de cobertura de cercas vivas dentro de los círculos de 500 m en la temporada de secas y la de lluvia (Tabla 6). Sí se encontró una relación significativa y positiva entre la riqueza y abundancia de abejas en las cercas vivas y la riqueza de especies de plantas en floración tanto en la temporada de secas como la de lluvias (Figuras 15 y 16).

Tabla 6. Regresiones lineales entre variables del paisaje (cobertura de cercas vivas y riqueza de especies de plantas en floración dentro de círculos de 500 m de radio) y riqueza y abundancia de abejas. Se muestra la ecuación que describe a la recta, el nivel de significancia (P) y el coeficiente de determinación (R²). CVS: cercas vivas temporada de seca, CVLL: cercas vivas temporada de lluvias.

		Variable	Ecuación	P	R ²
Riqueza	CVS	Número de especies de plantas en floración	Riqueza = 11.394 + (0.498 * riqueza de plantas S)	0.031	0.323
	CVLL		Riqueza = 4.194 + (0.365 * riqueza de plantas LL)	<0.001	0.792
	CVS	Cobertura vegetal total	No significativo	0.056	0
	CVLL			0.954	0
Abundancia	CVS	Número de especies de plantas en floración	No significativo	0.255	0.039
	CVLL			0.241	0.048
	CVS	Cobertura vegetal total		0.94	0
	CVLL			0.908	0

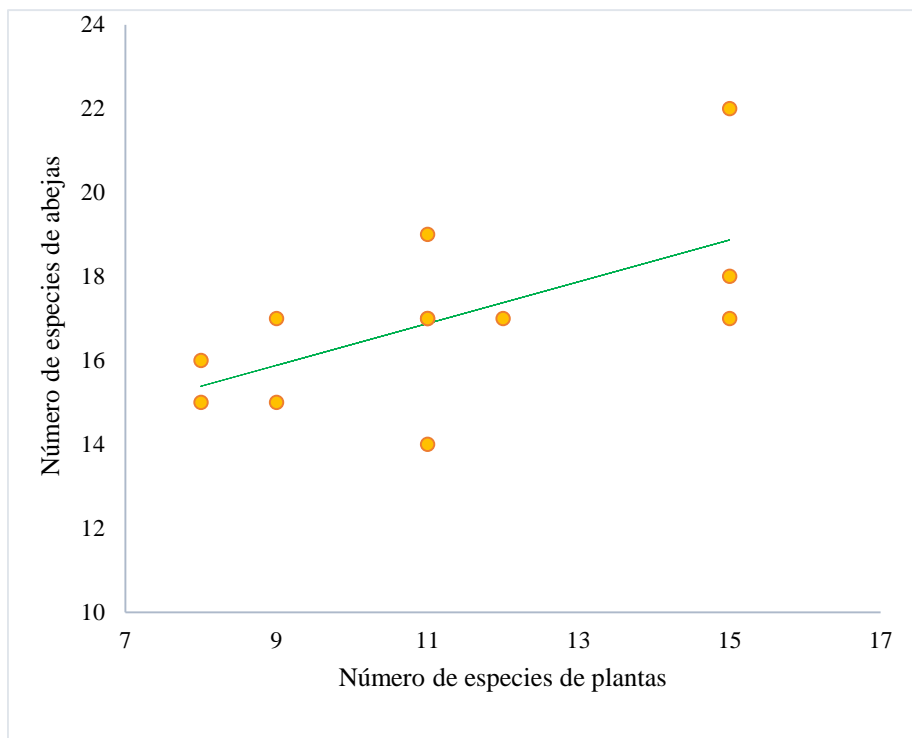


Figura 15. Relación entre la riqueza de especies de abejas y la riqueza de especies de plantas en floración en cercas vivas durante la temporada de secas ($P = 0.031$, $R^2 = 0.323$). La línea representa la recta ajustada de la regresión lineal.

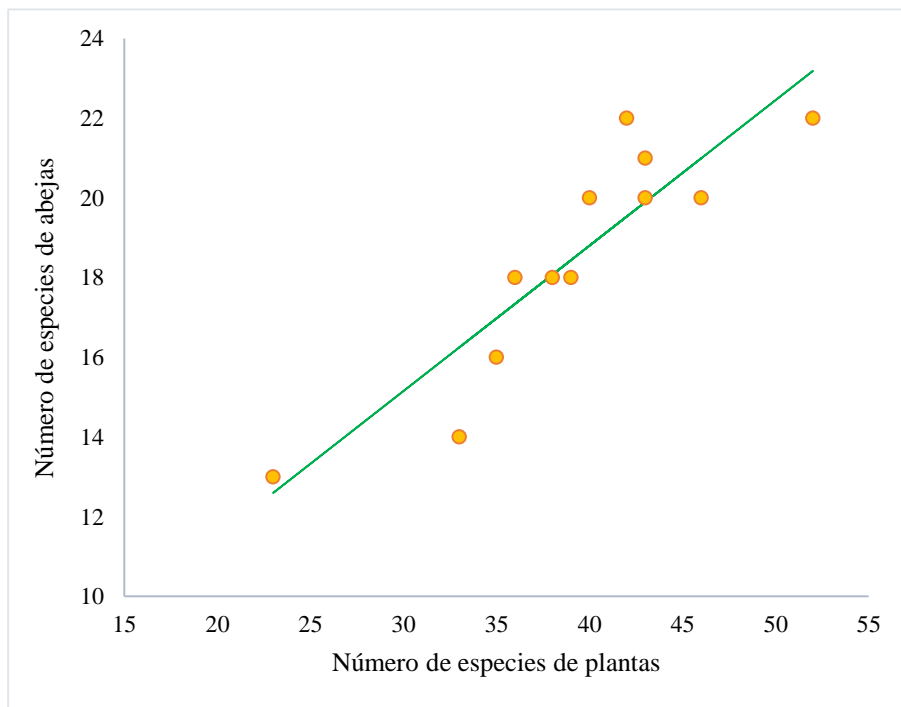


Figura 16. Relación entre la riqueza de especies de abejas y la riqueza de especies de plantas en floración en cercas vivas durante la temporada de lluvias ($P < 0.001$, $R^2 = 0.792$). La línea representa la recta ajustada de la regresión lineal.

Discusión

Composición de especies de abejas en cercas vivas y matorral

Se reportan 63 especies pertenecientes a cinco de las seis familias de abejas que se distribuyen en México (Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae y Megachilidae) (Ramírez *et al.*, 2014). En el ámbito de los agroecosistemas existe muy poca información sobre la diversidad de abejas para el estado de Hidalgo, los resultados obtenidos en este estudio se suman a lo reportado por Ávila-Gómez y colaboradores (2019), quienes registraron 56 especies y cuatro familias (Andrenidae, Apidae, Halictidae y Megachilidae) en agroecosistemas de cultivo de nopal colindantes al área de estudio. Los resultados coinciden con las mismas familias reportadas por Cué-Hernández (2014), en zonas urbanas aledañas al área de estudio.

Durante las dos temporadas del año la familia con mayor riqueza fue Apidae, la familia de abejas con mayor riqueza de especies en México (Ayala *et al.*, 1996). La segunda familia con mayor número de especies fue Halictidae, coincidiendo con lo reportado por Ávila-Gómez en el estado de Hidalgo, al igual que para el estado de Nuevo León, Jalisco, y Morelos (Ramírez-Fraire, 2012), pero de acuerdo a Ayala y colaboradores (1996), es la cuarta familia con más especies en México. En México la familia Andrenidae es la segunda con mayor riqueza de especies (Ayala *et al.*, 1996), sin embargo, en este estudio y los anteriores realizados en la región (Cué-Hernández, 2014; Ávila-Gómez 2019), esta representa menos del 25% del total de especies registradas. Para la familia Megachilidae se encontró un bajo número de especies que no supera el 15% del total de la riqueza, al igual que en lo registrado por Cué-Hernández (2014) y Ávila-Gómez (2019). Colletidae es la segunda familia con menor número de especies registradas en el país (Ayala *et al.*, 1996), disminuyendo la probabilidad de colecta de sus ejemplares, lo cual coincide parcialmente con lo encontrado

en este trabajo ya que esta familia fue la que presentó la menor riqueza de especies. Los resultados de este trabajo para Colletidae coinciden con los reportado por Cué-Hernández (2024), quien encontró que fue la familia con menor número de especies. En el estudio de Ávila-Gómez (2019) no se registraron especies de Colletidae, muy probablemente debido a que en esta familia no se ha documentado interacción con el género *Opuntia*, y a su baja riqueza en el país (Ayala *et al.*, 1996).

Las especies más abundantes durante la temporada de secas fueron *Diadasia* sp. 1 y *Macrotera sinaloana*, coincidiendo con lo registrado por Ávila-Gómez y colaboradores (2019), quienes registran una especie del género *Diadasia* y la especie *M. sinaloana* como las más abundantes en agroecosistemas de cultivo de nopal y matorral de *Opuntia* spp. Los géneros *Diadasia* y *Macrotera* presentan un amplio grado de especialización por las flores de *Opuntia*, para ambos géneros son la principal fuente de polen (Ordway, 1987; Snelling y Danforth, 1992; Michener, 2007), que en el área de estudio se presentan durante la temporada de secas.

La especie más abundante durante la temporada de lluvias en cercas vivas y matorral fue *Apis mellifera* con un total de 617 individuos (354 en cercas vivas, 263 en matorral), difiriendo con la abundancia registrada en la temporada de secas con un total de 169 individuos (148 en cercas vivas, 21 en matorral), similar a lo reportado por Ávila-Gómez y colaboradores (2019) que registraron durante la temporada de secas 176 individuos (115 en cultivos de nopal y 61 en matorral). Lo anterior sugiere que durante la temporada de secas las poblaciones de *A. mellifera* en esta región disminuyen considerablemente, permitiendo encontrar un mayor número de especies nativas. Mondagrón y colaboradores (2005), también reportan que esta especie de abeja aumenta su población al inicio de la temporada de lluvias.

Además, es importante mencionar que durante la temporada de lluvias fueron colocadas aproximadamente 35 colmenas de *A. mellifera* pertenecientes a un productor independiente, cuya distancia mínima a uno de los puntos de muestreo era de 500 m, por ende, se considera que este factor contribuyó notablemente a la abundancia de esta especie.

Se encontró que las cercas vivas comparten el 71% de las especies de abejas con el matorral durante la temporada de secas, esto puede explicarse por la similitud en su flora, en ambos sitios las cactáceas predominan durante esta temporada y los sitios comparten seis especies de plantas. Sin embargo, durante la temporada de lluvias las cercas vivas comparten únicamente el 47% de especies de abejas con el matorral. Una posible explicación de esta disminución en el porcentaje de especies de abejas compartidas es que en esta temporada florece un gran número de especies de plantas herbáceas y arbustos nativos que no se encuentran en el matorral, y que son una fuente de forrajeo, por ejemplo, *Cosmos bipinnatus*, la cual es ampliamente visitada por abejas por su largo periodo de floración (Frankie *et al.* 2009). Por otra parte, la alteración dentro del agroecosistema parece beneficiar a determinadas especies plantas nativas como *Ipomoea stans*, *Sphaeralcea angustifolia*, *Isocoma veneta* y *Bouvardia terniflora*, las cuales fueron muy abundantes en este sitio y se observó una alta abundancia de abejas visitando sus flores. Así mismo se suman las especies de plantas introducidas que han logrado prosperar en cercas vivas y campos de cultivo, un ejemplo es *Raphanus raphanistrum*, en la que se observó interacción con la abeja *Anthophora californica*.

Comparación de riqueza de especies de abejas entre cercas vivas y matorral

En este estudio se encontró una mayor riqueza de especies de abejas en las cercas vivas en comparación con el matorral xerófilo durante la temporada de lluvias, y no se encontraron

diferencias significativas en la riqueza de abejas al comparar el matorral y las cercas vivas en temporada de secas. Hannon y Sick (2009), documentan un resultado similar en una zona árida, estos autores muestran que la riqueza de especies es mayor en cercas vivas comparado con hábitats naturales. Diferentes investigaciones señalan que puede existir igual o mayor diversidad de abejas en paisajes agrícolas que en zonas con vegetación conservada, siempre que les brinde condiciones óptimas para forrajeo y nidificación (Winfrey *et al.*, 2007; Aguilar y Maestro, 2010).

La mayor riqueza de especies de abejas es registró en las cercas vivas durante la temporada de lluvias, igual a lo ya reportado en estudios de estacionalidad para abejas nativas, en ellos se muestra que la riqueza aumenta en la temporada de lluvias (Conrad *et al.*, 2021; Ruiz-Toledo *et al.*, 2020). Esto puede asociarse a que la lluvia es uno de los factores ambientales que han sido propuestos como “disparadores” del proceso de floración (Salisbury, 1963) que se traduce en una mayor fuente de recurso que incrementa la diversidad de abejas. En este trabajo, la floración correspondió a las especies de plantas en las cercas vivas, principalmente arvenses. Los resultados de este trabajo y otros sugieren que la disponibilidad floral, la cual está determinada por decisiones en el manejo de los paisajes agrícolas, es un factor clave para explicar la riqueza de especies de abejas en paisajes agrícolas (Tylianakis *et al.*, 2008).

Durante la temporada de secas la familia de plantas en floración mejor representada en las cercas vivas fue Cactaceae. Al igual que la mayoría de las cactáceas, las especies registradas, poseen flores adaptadas para ser visitadas y polinizadas por animales. De acuerdo a Pimienta-Barrios y del Castillo (2002) se pueden clasificar como flores de las abejas, ya que este grupo es su visitante más frecuente, por la presencia de numerosos estambres, su forma de copa y colores que varían entre el amarillo, magenta y rojo. Destaca la presencia de *Opuntia* spp.,

que por su dominancia en la vegetación de la zona (Rzedowski, 2006), es el componente principal de las cercas vivas y una de las fuentes más importantes de recurso floral para las abejas. En la temporada de lluvias la familia mejor representada en las cercas vivas fue Asteraceae, con especies herbáceas y arbustivas.

Comparación de la abundancia de especies de abejas entre cercas vivas y matorral

La abundancia total de abejas fue significativamente mayor en el matorral que en las cercas vivas en ambas temporadas. Este resultado puede deberse a lo mencionado por Balboa (2010), quienes reportan que determinados grupos de abejas utilizan los fragmentos de vegetación natural para nidificar y buscar recursos florales, pero adicionalmente se trasladan a zonas perturbadas como los agroecosistemas, para complementar su dieta y varias especies de abejas que requieren de suelo descubierto para nidificación utilizan los sitios alterados como los agroecosistemas para construir sus nidos. Es importante destacar que la mayor abundancia de abejas en el matorral durante la temporada de secas se atribuye en gran medida a tres especies nativas, *M. sinalona*, *M. bicolor* y *Diadasia* sp.1, las cuales representaron el 73.3% de la abundancia total; sin embargo, durante la temporada de lluvias la abundancia de la especie introducida *A. mellifera* aumentó considerablemente, situándose como la especie que le otorga la mayor abundancia total de abejas al matorral.

Se observó en ambos sitios de estudio una mayor abundancia de abejas en la temporada de secas que en la temporada de lluvias. Estos resultados pueden deberse a que en la temporada de secas es cuando se presenta la floración en el matorral xerófilo. Otros autores también han reportado una mayor abundancia de abejas en la época seca en los sitios en los que es mayor

la abundancia de plantas en floración (e.g., Mandelik *et al.*, 2012; Fisher *et al.*, 2017). La mayor abundancia de abejas en la temporada de secas que la de lluvias también se puede explicar en parte por la aparente estacionalidad de tres especies de abejas nativas, *Diadasia* sp. 1, *D.* sp. 2 y *D.* sp. 3, las cuales representaron el 32% de todos los individuos registrados durante la temporada de secas, mientras que solamente el 8% de los individuos de estas tres especies fue registrado durante la temporada de lluvias.

Relación entre riqueza y abundancia de abejas y la vegetación en las cercas vivas

Se ha reportado que las cercas vivas con mayor área de cobertura vegetal y diferentes estratos de vegetación contribuyen a la conservación de grupos como los mamíferos y las aves, ya que les proveen sitios óptimos para percha, refugio, sitios de anidación y forrajeo (Gelling *et al.* 2007; Dondina *et al.*, 2016; Zuria y Gates, 2013), sin embargo para los artrópodos, particularmente para las abejas, esos atributos físicos parecen no influir en su presencia en las cercas vivas. Se esperaba que una mayor área de cobertura vegetal en cercas vivas se asociara significativamente con la diversidad de abejas, sin embargo, esta característica no parece tomar un papel tan relevante, denotando que existen otros factores que intervienen en la presencia de este grupo. Morrison y colaboradores (2017) sugieren que, cercas vivas con mayor área y una adecuada composición vegetal promueven una mayor riqueza de especies. Una mayor riqueza de recursos florales sí se asocia con una mayor diversidad de abejas, debido al recurso alimenticio que proveen (Potts *et al.*, 2003; Lane *et al.*, 2020). Sitios que ofrecen una amplia gama de recursos de polen y néctar pueden permitir el sustento de abejas monolécticas y oligolécticas (Gerner y Sargent, 2022). Las cercas vivas de estudio se componen de tres estratos vegetales: arbóreo, arbustivo y herbáceo, al parecer, la interacción

de la comunidad de abejas fue con el estrato arbustivo y herbáceo, ya que en ellos se alberga la mayoría del recurso floral, en las dos temporadas del año analizadas.

La riqueza de recursos florales son el factor determinante para aumentar y preservar la diversidad de abejas en agroecosistemas (Morrison *et al.*, 2017; Sánchez *et al.*, 2020). Se destaca la incorporación de plantas arbustivas como estrategias para conservación particularmente en regiones áridas donde son uno de los componentes principales de la vegetación, pues la mayoría de estudios están enfocados en herbáceas (Sánchez *et al.*, 2020).

Las cercas vivas en la localidad de San Agustín Zapotlán conforman un elemento muy importante dentro del agroecosistema, que por su proximidad con la zona de matorral, permite que las abejas obtengan una mayor disponibilidad de los recursos (Hannon y Sick, 2009). Posiblemente durante la temporada de lluvias las abejas podrían viajar a las cercas vivas con mayores recursos florales, un ejemplo es *Agapostemon* sp., durante la temporada de secas esta especie fue compartida entre los dos hábitats, sin embargo, para la temporada de lluvias únicamente se registró en cercas vivas.

La importancia de las cercas vivas para la conservación de la biodiversidad en México había sido documentada para algunos grupos biológicos como las aves (Zuría y Gates, 2013) y arañas (Pinkus-Rendón *et al.*, 2006), pero no para abejas. La mayoría de las investigaciones sobre cercas vivas a nivel global se realizan en sistemas intensivos y templados (Montgomery *et al.*, 2020), resaltando la importancia de realizar estudios en nuestro país que permitan comprender las interacciones de las abejas con los agroecosistemas en regiones áridas que resguardan la mayor diversidad de especies.

Conclusión

Se reporta un total de 63 especies en la zona de estudio, de las cuales 58 se registraron en las cercas vivas y 42 en matorral. La riqueza total engloba a cinco de las seis familias de abejas distribuidas en México, de las cuales Apidae albergó la mayor riqueza y abundancia de especies. Únicamente *Apis mellifera* se presenta como especie exótica.

Las cercas vivas son sitios que presentan una riqueza de abejas similar al matorral xerófilo durante la temporada de secas, sin embargo, durante la temporada de lluvias la riqueza de abejas que albergan las cercas vivas es mayor. La abundancia de abejas fue significativamente mayor en el matorral que en las cercas vivas, lo cual puede deberse a que en la temporada de secas es cuando se presenta la floración en el matorral xerófilo.

Durante la temporada de secas la composición floral en ambos sitios no difiere, sin embargo, durante la temporada de lluvias las cercas vivas logran albergar una mayor riqueza floral. Una mayor riqueza de especies de plantas en floración en las cercas vivas estuvo asociada positivamente con la riqueza de especies de abejas, sin embargo, la cobertura vegetal de las cercas vivas no se relaciona con la riqueza ni abundancia de especies. La abundancia de abejas en las cercas vivas no estuvo relacionada con la riqueza de especies de plantas en floración.

Una composición vegetal, que incluya arbustos y herbáceas en las cercas vivas es el factor más importante para mantener la riqueza de especies de abejas, además de poseer flora con distinto periodo de floración, que permite proveer recurso en diferentes temporadas del año.

Se corrobora la importancia de las cercas vivas en los agroecosistemas, que con un adecuado manejo pueden ser una herramienta clave para la conservación.



**Las cercas vivas resguardan
biodiversidad**

Foto por Maira Hernández López.

Literatura citada

- Aguiar, A., Deans, A., Engel, M., Forshage, M., Huber, J., Jennings, J., Johnson, N., Lelej, A., Longino, J., Lohrmann, V., Miko, I., Ohl, M., Rasmussen, C., Taeger, A. y Yu, D. S. K. (2013). Orden Hymenoptera. *Zootaxa*, 3703, 51- 62.
- Aguilar, C. y Maestro, C. (2010). *Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” Chiapas, México*. Tesis de maestría. El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México.
- Arnold, N., Zepeda, R., Vásquez, V. y Maya, E. (2019). *Las abejas sin aguijón y su cultivo en Oaxaca, México*. ECOSUR, El Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México.
- Arellano, L., León-Cortés, J. y Halffter, G. (2008). Response of dung beetle assemblages to landscape structure in remnant natural and modified habitats in southern Mexico. *Insect Conservation and Diversity*, 1, 253-262.
- Austin, A. y Dowton, M. (2000). *Hymenoptera. Evolution, Biodiversity and Biological Control*. CSIRO.
- Ávila-Gómez, E., Meléndez-Ramírez, V., Castellanos, I., Zuria, I. y Moreno, C. E. (2019). Prickly pear crops as bee diversity reservoirs and the role of bees in Opuntia fruit production. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 279, 80-88.
- Ayala, R., Griswold, T. y Yanega, D. (1996). Apoidea (Hymenoptera). En J. Llorente, A. N. García y E. González (Eds.), *Biodiversidad y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento* (pp. 423-464). UNAM/CONABIO.
- Ayala, R. y Quezada-Euán, J. (2010). Abejas nativas de México. La importancia de su conservación. *Ciencia y Desarrollo*, 36, 8-13.
- Balboa, C. (2010). *Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) de la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” Chiapas, México*. Tesis de Maestría. El Colegio de la Frontera Sur, Chiapas, México.

- Baudry, J., Bunce, R. y Burel, F. (2000). Setos: una perspectiva internacional sobre su origen, función y gestión. *Revista de Gestión Ambiental*, 60, 7-22.
- Bover-Felices, K., y Suárez-Hernández, J. (2020). Contribución del enfoque de la agroecología en el funcionamiento y estructura de los agroecosistemas integrados. *Pastos y Forrajes*, 43, 102-111.
- Bula, A. (2020). *Importancia de la agricultura en el desarrollo socio-económico*. Universidad Nacional de Rosario. Argentina, Santa Fe.
- Burel, F. y Baudry, J. (1995). Social, aesthetic and ecological aspects of hedgerows in rural landscapes as a framework for greenways. *Landscape and Urban Planning*, 33, 327-340.
- Burbano, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33, 117-124.
- Cane J. y Sipes S. (2006). Characterizing floral specialization by bees: Analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. En N. Waser y J. Ollerton (Eds.) *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization* (pp. 99-122). The University of Chicago Press.
- Carril, O. y Wilson, J. (2021). *Common Bees of Eastern North America*. Princeton University Press.
- Chao, A. y Jost, L. (2012). Coverage-based rarefaction: standardizing samples by completeness rather than by size. *Ecology*, 93, 2533-2547.
- Chao, A., Ma, K. y Hsieh, T. (2016) iNEXT (iNterpolation and EXTrapolation) Online: Software for Interpolation and Extrapolation of Species Diversity. Program and User's Guide published at http://chao.stat.nthu.edu.tw/wordpress/software_download/inext-online/.
- Cleves-Leguízamo, J., Toro-Calderón, J., Martínez-Bernal, L. y León-Sicard, T. (2017). La Estructura Agroecológica Principal (EAP): novedosa herramienta para planeación del uso de la tierra en agroecosistemas. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11, 441-449.

- Conrad, K., Peters, V. y Rehan, S. (2021). Tropical bee species abundance differs within a narrow elevational gradient. *Scientific Reports*, *11*, 1-12.
- Corona, I. (2016). El desarrollo de la agricultura y el impacto que tendría en las finanzas públicas de México. Premio de las Finanzas Públicas.
- Conway, G. (1987). The properties of agroecosystems. *Agricultural Systems*, *24*, 95-117.
- Cué-Hernandez, K. (2014). Efectos de la urbanización sobre las comunidades de abejas y abejorros (Hymenoptera: Apoidea) en la ciudad de Pachuca, Hidalgo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Hidalgo, México.
- Dondina, O., Kataoka, L., Orioli, V. y Bani, L. (2016). How to manage hedgerows as effective ecological corridors for mammals: a two-species approach. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *231*, 283-290.
- Drossart, M. y Gérard, M. (2020). Beyond the decline of wild bees: Optimizing conservation measures and bringing together the actors. *Insects*, *11*, 649.
- Dudley, N. y Alexander, S. (2017). Agriculture and biodiversity: a review. *Biodiversity*, *18*, 45-49.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R. y Meritt Jr, D. (1994). Non flying mammals and landscape changes in the tropical rain forest region of Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, *17*, 229-241.
- Estrada, A., Coates-Estrada, R., Dadda, A. y Cammarano, P. (1998). Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, *14*, 577-593.
- Estrada, A., Cammarano, P. y Coates-Estrada, R. (2000). Riqueza de especies de aves en cercos de vegetación y en franjas de vegetación residual de selva tropical en Los Tuxtlas, México. *Biodiversidad y Conservación*, *9*, 1399-1416.

- Estrada, A. y Coates-Estrada, R. (2001). Bat species richness in live fences and in corridors of residual rain forest vegetation at Los Tuxtlas, Mexico. *Ecography*, 24, 94-102.
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture - Alternative pathways to 2050*. Rome, 224 pp.
- Fernández, C., Pérez, K. y Bedoya, A. (2018). Diversidad de la entomofauna asociada a vegetación aledaña a cultivos de arroz, maíz y algodón. *Temas Agrarios*, 23, 107-120.
- Figueroa-Sandoval, B., Pimentel-López, J., Ugalde-Lezama, S., Figueroa-Rodríguez, O., Figueroa-Rodríguez, K. y Tarango-Arámbula, L. (2019). Birds in agricultural systems with conservation tillage in northern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10, 31-42.
- Fisher, K., Gonthier, D, Ennis, K. y Perfecto, I. (2017). Floral resource availability from groundcover promotes bee abundance in coffee agroecosystems. *Ecological Applications*, 27, 1815-1826.
- Frankie, G., Thorp, R., Hernandez, J., Rizzardi, M., Ertter, B., Pawelek, J., Witt, S., Schindler, M., Coville, R. y Wojcik, V. (2009). Native bees are a rich natural resource in urban California gardens. *California Agriculture*, 63, 113-120.
- Forman, R. y Baudry, J. (1984). Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management*, 8, 495-510.
- García, Z. (2006). *Agricultura, expansión del comercio y equidad de género*. FAO.
- Gayubo, S. y Pujade, J. (2015). Orden Hymenoptera. *Revista IDE@*, 59, 1-36.
- Gelling, M., Macdonald, D. y Mathews, F. (2007). Are hedgerows the route to increased farmland small mammal density? Use of hedgerows in British pastoral habitats. *Landscape Ecology*, 22, 1019-1032.
- Gerner, E. y Sargent, R. (2022). Local plant richness predicts bee abundance and diversity in a study of urban residential yards. *Basic and Applied Ecology*, 58, 64-73.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. LITOCAT.

- Gliessman, S. R. (2004). Agroecology and agroecosystems. *Agroecosystems Analysis*, 43, 19-29.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Méndez, V., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C. y Jaffe, R. (2007). Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad. *Ecosistemas*, 16, 13-23.
- Gómez-Otamendi, E., Ortiz-Arteaga, Y., Ávila-Gómez, E., Pérez-Toledo, G., Valenzuela, J. y Moreno, C. E. (2018). Diversidad de hormigas epigeas en cultivos de nopal tunero (*Opuntia albicarpa*) y matorrales de *Opuntia* spp. del estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 454-465.
- Graham, L., Gaulton, R., Gerard, F. y Staley, J. (2018). The influence of hedgerow structural condition on wildlife habitat provision in farmed landscapes. *Biological Conservation*, 220, 122-131.
- Grimaldi, D. y Engel, M. (2005). *Evolution of the Insects*. Cambridge University Press.
- Hannon, L. y Sick, T. (2009). Hedgerows in an agri-natural landscape: Potential habitat value for native bees. *Biological Conservation*, 142, 2140-2154.
- Huber, J. (2017). Biodiversity of Hymenoptera. En R. Footitt y P. Adler (Eds.), *Insect Biodiversity: Science and Society* (pp. 419-461). John Wiley & Sons.
- Holden, J., Grayson, R., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P., Edmondson, J., Firbank, L., Helgason, T., Hodson, M., Hunt, S., Jones, D., Lappaged, M., Marshall-Harries, E., Nelson, M., Prendergast-Millere, M., Shaw, H., Wade, R. y Leake, J. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 273, 1-12.
- INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Zempoala, Hidalgo. Recuperado el 5 de febrero de 2021 https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13083.pdf
- INEGI. (2020). Zempoala, catálogo de comunidades. Recuperado el 10 de enero de 2023 de <https://zempoala.gob.mx/municipio.html>

- Khalifa, S., Elshafiey, E., Shetaia, A., El-Wahed, A., Algethami, A., Musharraf, S., Alajmi, M., Zhao, C., Masry, S., Abdel-Daim, M., Halabi, M., Kai, G., Naggar, Y., Bishr, M., Diab, M. y El-Seedi, H. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12, 688.
- Klatt, B., Holzschuh, A., Westphal, C., Clough, Y., Smit, I., Pawelzik, E. y Tschardtke, T. (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281, 1-8.
- Klein, A., Boreux, V., Fornoff, F., Mupepele, A. y Pufal, G. (2018). Relevance of wild and managed bees for human well-being. *Current Opinion in Insect Science*, 26, 82-88.
- Kremen, C. (2008). Crop pollination services from wild bees. En R. James y T. Pitts-Singer (Eds.), *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems* (pp. 10-21). Oxford University Press.
- Lane, I., Herron-Sweet, C., Portman, Z. y Cariveau, D. (2020). Floral resource diversity drives bee community diversity in prairie restorations along an agricultural landscape gradient. *Journal of Applied Ecology*, 57, 1365-2664.
- León, L. y Altieri, M. (2010). Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un Programa de Doctorado Latinoamericano en Agroecología. En L. León y M. Altieri (Eds.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 11-52). SOCLA.
- León T. (2009). Agroecología: desafíos de una ciencia ambiental en construcción. En M. Altieri (Ed.), *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones* (pp. 53-77). SOCLA.
- Liu, Q., Sun, X., Wu, W., Liu, Z., Fang, G. y Yang, P. (2022). Agroecosystem services: A review of concepts, indicators, assessment methods and future research perspectives. *Ecological Indicators*, 142, 109218.
- Machado, H., y Campos, M. (2008). Reflexiones acerca de los ecosistemas agrícolas y la necesidad de su conservación. *Pastos y Forrajes*, 31, 1-9.

- Mandelik, Y., Winfree, R., Neeson, T. y Kremen, C. (2012). Complementary habitat use by wild bees in agrom-natural landscapes. *Ecological Applications*, 22, 1535-1546.
- Marshall, E. y Moonen, C. (1998). A review of field margin conservation strips in Europe. *Agriculture, Fisheries and Food*, 89, 5-21.
- Marshall, E. y Moonen, A. (2002). Field margins in northern Europe: Their function and interactions with agriculture. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 89, 5-21.
- Maudsley, M. (2000). A review of the ecology and conservation of hedgerow invertebrates in Britain. *Journal of Environmental Management*, 60, 65-76.
- Memmott, J. (1999). The structure of a plant-pollinator food web. *Ecology Letters*, 2, 276-280.
- Miñarro, M. y Prida, E. (2013). Hedgerows surrounding organic apple orchards in north-west Spain: potential to conserve beneficial insects. *Agricultural and Forest Entomology*, 15, 382-390.
- Michener, C. (1979). Biogeography of the bees. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66, 277-347.
- Michener, C., McGinley, R. y Danforth, B. (1994). *The bee genera of North and Central America (Hymenoptera: Apoidea)*. Smithsonian Institution Press.
- Michener C. (2000). *The bees of the world*. The Johns Hopkins University Press.
- Michener C. (2007). *The bees of the world. Second Edition*. The Johns Hopkins University Press.
- Montgomery, I., Caruso, T. y Reid, N. (2020). Hedgerows as Ecosystems: Service Delivery, Management, and Restoration. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 51, 81-102.
- Morrison, J., Izquierdo, J., Plaza, E. y González-Andújar, J. (2017). The role of field margins in supporting wild bees in Mediterranean cereal agroecosystems: Which biotic and abiotic factors are important? *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 216-224.

- Nieves-Aldrey, J. L. y Fontal-Cazalla, F. (1999). Filogenia y evolución del orden Hymenoptera. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 26, 459-474.
- Norris, K. (2008). Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. *Conservation Letters*, 1, 2-11.
- Ollerton, J. (1999). La evolución de las relaciones planta-polinizador en los Artrópodos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 26, 741-758.
- Ordway, E. (1987). The Life History of *Diadasia rinconis* Cockerell (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society*, 60, 15-24.
- Orr, M., Hughes, A., Chesters, D., Pickering, J., Zhu, C. y Ascher, J. (2021). Global patterns and drivers of bee distribution. *Current Biology*, 31, 451-458.
- Packer, L. (2023). *Bee of the World. A guide to every family*. Princeton University Press.
- Paleologos, M., Iermanó, M., Blandi, M. y Sarandón, S. (2017). Las relaciones ecológicas: un aspecto central en el rediseño de agroecosistemas sustentables, a partir de la Agroecología. *Redes*, 22, 92-115.
- Patrício-Roberto, G. y Campos, M. (2014). Aspects of landscape and pollinators—what is important to bee conservation? *Diversity*, 6, 158-175.
- Pimienta-Barrios, E. y del Castillo R. (2002). Reproductive biology. En P. S. Nobel (Ed.), *Cacti: biology and uses*. (pp. 75-90). University of California, Press, Berkeley.
- Pitts-Singer, T. y James, R. (2008). Bees in Nature and on the Farm. En R. James y T. Pitts-Singer (Eds.), *Bee Pollination in Agricultural Ecosystems* (pp. 3-9). Oxford University Press.
- Pinkus-Rendón, M., León-Cortés, J. e Ibarra-Núñez, G. (2006). Spider diversity in a tropical habitat gradient in Chiapas, Mexico. *Diversity and Distributions*, 12, 61-69.

- Potts, S., Vulliamy, B., Dafni, A., Ne'eman, G. y Willmer, P. (2003). Linking bees and flowers: how do floral communities structure pollinator communities? *Ecology*, 84, 2628-2642.
- Power, A. (2013). Ecology of agriculture. En S. Levin (Ed.) *Encyclopedia of Biodiversity (2nd Edition)* (pp. 9-15). Elsevier Science.
- Pollard, K. y Holland, J. (2006). Arthropods within the woody element of hedgerows and their distribution pattern. *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 203-211.
- Ramírez, L., Alanís, G., Ayala, R., Velazco, C. y Favela, S. (2014). El uso de platos trampa y red entomológica en la captura de abejas nativas en el estado de Nuevo León, México. *Acta Zoológica Mexicana*, 30, 508-538.
- Ramírez-Freire, L. (2012). Abejas nativas (hymenoptera: apoidea: anthophila asociadas a la vegetación del Estado de Nuevo León, México. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México.
- Restrepo, J., Angel, D. y Prager, M. (2000). *Agroecología*. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc.
- Reyes-Agüero, J. A. y Valiente-Banuet, A. (2006). Reproductive biology of Opuntia: A review. *Journal of arid Environments*, 64, 549-585.
- Thorp, R. W. (1979). Structural, Behavioral, and Physiological Adaptations of Bees (Apoidea) for Collecting Pollen. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 66, 788-812.
- Roulston, T., Smith, S. y Brewster L. (2007). As comparison of pan trap and intensive net sampling techniques for documenting a bee (Hymenoptera: Apiformes) Fauna. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 80, 179-181.

- Ruiz-Toledo, J., Vandame, R., Penilla-Navarro, P., Gómez, J. y Sánchez, D. (2020). Seasonal abundance and diversity of native bees in a patchy agricultural landscape in Southern Mexico. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292, 1-8.
- Rzedowski, J. (2006). *Vegetación de México. 1ra. Edición digital*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, 504 pp.
- Salisbury, F. (1963). *The flowering process*. Pergamon Press.
- Sánchez-Echeverría, K., Castellanos, I. y Mendoza-Cuenca, L. (2016). Abejas visitantes florales de *Opuntia heliabravoana* en un gradiente de urbanización. *Biológicas*, 18, 27-34.
- Sanchez, J., Carrasco, A., La Spina, M., Pérez-Marcos, M. y Ortiz-Sánchez, F. (2019). How bees respond differently to field margins of shrubby and herbaceous plants in intensive agricultural crops of the Mediterranean area. *Insects*, 11, 1-20.
- Sarandón, S. (2002). *El agroecosistema: un sistema natural modificado. Agroecología: El camino para una agricultura sustentable*. Ediciones Científicas Americanas, La Plata, Argentina.
- Sarandón, S. (2020). El papel de la agricultura en la transformación social-ecológica de América Latina. Friederich Ebert Stiftung.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008). *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Montreal, 56 pp.
- Snelling, R. y Danforth, B. (1992). A review of *Perdita*, subgenus *Macrotera* (Hymenoptera: Andrenidae). *Contributions in Science, Natural History Museum of Los Angeles County*, 436, 1-12.
- Solari, L. y Zaccagnini, M. (2009). Efecto de bordes arbóreos y terrazas sobre la riqueza y densidad de aves en lotes de soja de Entre Ríos, Argentina. *BioScriba*, 2, 90-100.
- Stupino, S., Iermanó, M., Gargoloff, N. y Bonicatto, M. (2014). La biodiversidad en los agroecosistemas. En J. Sarandón y C. C. Flores (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de*

agroecosistemas sustentables (pp. 131-158). Colección libros de cátedra. Universidad Nacional de La Plata.

Tylianakis, J., Rand, T., Kahmen, A., Klein, A., Buchmann, N., Perner J. y Tschamntke, T. (2008). Resource heterogeneity moderates the biodiversity-function relationship in real world ecosystems. *PLoS Biology*, 6, 0947-0956.

Torres, F. y Rojas, A. (2018). Suelo agrícola en México: retrospectiva y prospectiva para la seguridad alimentaria. Realidad, datos y espacio. *Revista Internacional de Estadística y Geografía*, 9, 137-155.

Urbán-Duarte, D., De la Torre-Sanchez, J., Kainoh, Y. y Watanabe, K. (2021). Biodiversity and Stage of the Art of Three Pollinators Taxa in Mexico: An Overview. *Sustainability*, 13, 9051.

Valverde, T. y Chávez, V. (2009). *Mammillaria (Cactaceae) como indicadora del estado de conservación del ecosistema. Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. México (DF): Universidad Nacional Autónoma de México, 497-507.

Westphal, C., Bommarco, R., Carré, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., Potts, S., Roberts, S., Szentgyörgyi, H., Tscheuldin, T., Vaissiere, B., Woyciechowski, M., Biesmeijer, J., Kunin, W., Settele, J. y Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring bee diversity in different European habitats and biogeographical regions. *Ecological Monographs*, 78, 653-671.

Wilson, J. y Carril, O. (2015). *The bees in your backyard. In The Bees in Your Backyard*. Princeton University Press.

Winfrey, R., Griswold, T. y Kremen, C. (2007). Effect of human disturbance on bee communities in a forested ecosystem. *Conservation Biology*, 21, 213-223.

Zamorano-Orozco, J., Tanarro-García, L., Lugo-Hubp, J. y Sánchez-Rubio, G. (2002). Evolución geológica y geomorfología del complejo dómico Los Pitos, norte de la Cuenca de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 19, 66-79.

Zattara, E. y Aizen, M. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4, 114-123.

Zuria, I. y Gates, J. E. (2006). Vegetated field margins in Mexico: their history, structure and function, and management. *Human Ecology*, 34, 53-77.

Zuria, I., Gates, J. E. y Castellanos, I. (2007). Artificial nest predation in hedgerows and scrub forest in a human-dominated landscape of central Mexico. *Acta Oecologica*, 31, 158-167.

Zuria, I. y Gates, J. E. (2013). Community composition, species richness, and abundance of birds in field margins of central Mexico: local and landscape-scale effects. *Agroforestry Systems*, 87, 377-393.

ANEXOS

ANEXO 1. Listado taxonómico de las especies de abejas registradas en cercas vivas y matorral durante la temporada de secas y lluvias.

TEMPORADA DE SECAS			
Familia	Especie	Abundancia	
		Cercas vivas	Matorral
Andrenidae	<i>Macrotera bicolor</i>	511	248
	<i>Macrotera sinaloana</i>	367	638
	<i>Perdita</i> sp. 1	11	0
	<i>Perdita</i> sp. 2	5	2
	<i>Perdita</i> sp. 3	1	0
	<i>Perdita</i> sp. 6	0	1
	<i>Protandrena</i>	1	0
Apidae	<i>Anthophora montana</i>	1	0
	<i>Apis mellifera</i>	148	21
	<i>Bombus sonorus</i>	30	23
	<i>Centris atripes</i>	1	0
	<i>Ceratina</i> sp. 1	4	1
	<i>Ceratina</i> sp. 2	8	3
	<i>Ceratina</i> sp. 3	8	3
	<i>Ceratina</i> sp. 4	3	4
	<i>Ceratina</i> sp. 5	1	0
	<i>Ceratina</i> sp. 6	0	3
	<i>Ceratina</i> sp. 7	0	4
	<i>Diadasia diminuta</i>	14	2
	<i>Diadasia</i> sp. 1	539	326
	<i>Diadasia</i> sp. 2	193	59
	<i>Diadasia</i> sp. 3	127	135
	<i>Melissodes</i> sp. 1	141	13
	<i>Melissodes</i> sp. 2	23	13
	<i>Melissodes</i> sp. 3	3	4
	<i>Peponapis</i> sp.	1	0
	<i>Thygater</i> sp.1	4	0
Halictidae	<i>Agapostemon</i> sp.	56	11
	<i>Augochlorella neglectula</i>	6	10
	<i>Augochloropsis metallica</i>	1	1
	<i>Lasioglossum</i> sp. 1	251	180
	<i>Lasioglossum</i> sp. 2	12	4
	<i>Lasioglossum</i> sp. 3	16	11
	<i>Lasioglossum</i> sp. 4	3	3
	<i>Lasioglossum</i> sp. 5	19	18
	<i>Lasioglossum</i> sp. 6	1	0
	<i>Lasioglossum</i> sp. 9	11	7
	<i>Sphecodes</i> sp.1	23	4
	<i>Sphecodes</i> sp.2	3	0

Megachilidae	<i>Ashmeadiella</i> sp.	9	3
	<i>Lithurgus</i> sp.	0	1
	<i>Megachile</i> sp. 1	0	1
	<i>Megachile</i> sp. 2	1	0
	<i>Trachusa</i> sp.	0	1

TEMPORADA DE LLUVIAS			
Familia	Especie	Abundancia	
		Cercas vivas	Matorral
Andrenidae	<i>Andrena</i> sp.	5	0
	<i>Calliopsis</i> sp.	3	5
	<i>Macrotera bicolor</i>	112	75
	<i>Macrotera sinaloana</i>	171	112
	<i>Perdita</i> sp. 1	11	1
	<i>Perdita</i> sp. 2	4	0
	<i>Perdita</i> sp. 3	2	0
	<i>Perdita</i> sp. 4	1	0
	<i>Perdita</i> sp. 5	1	0
	<i>Perdita</i> sp. 6	1	0
Apidae	<i>Anthophora californica</i>	1	0
	<i>Anthophorula</i> sp.	14	12
	<i>Apis mellifera</i>	354	263
	<i>Bombus sonorus</i>	25	24
	<i>Centris zacateca</i>	5	0
	<i>Ceratina</i> sp. 1	2	0
	<i>Ceratina</i> sp. 2	0	3
	<i>Ceratina</i> sp. 3	5	2
	<i>Ceratina</i> sp. 4	3	0
	<i>Ceratina</i> sp. 5	3	4
	<i>Ceratina</i> sp. 6	1	2
	<i>Ceratina</i> sp. 7	0	1
	<i>Deltoptila</i> sp.	4	0
	<i>Diadasia diminuta</i>	1	1
	<i>Diadasia</i> sp. 1	33	1
	<i>Diadasia</i> sp. 2	82	11
	<i>Diadasia</i> sp. 3	29	0
	<i>Exomalopsis</i> sp.	1	0
	<i>Melissodes</i> sp. 1	21	6
	<i>Melissodes</i> sp. 2	8	0
	<i>Melissodes</i> sp. 5	3	0
	<i>Melissodes</i> sp. 6	3	0
	<i>Peponapis pruinosa</i>	1	1
	<i>Thygater</i> sp.1	51	14
	<i>Thygater</i> sp.2	1	0
	<i>Triepeolus</i> sp.	1	0

Colletidae	<i>Colletes</i> sp.	10	2
Halictidae	<i>Agapostemon</i> sp.	31	0
	<i>Augochlorella neglectula</i>	7	4
	<i>Augochloropsis metallica</i>	1	0
	<i>Lasioglossum</i> sp. 1	199	65
	<i>Lasioglossum</i> sp. 2	15	2
	<i>Lasioglossum</i> sp. 3	9	8
	<i>Lasioglossum</i> sp. 4	2	0
	<i>Lasioglossum</i> sp. 5	23	2
	<i>Lasioglossum</i> sp. 6	16	3
	<i>Lasioglossum</i> sp. 7	11	0
	<i>Lasioglossum</i> sp. 8	14	4
	<i>Paragapostemon coelestinus</i>	1	0
	<i>Sphecodes</i> sp.1	4	0
	<i>Sphecodes</i> sp.2	3	0
Megachilidae	<i>Ashmeadiella</i> sp.	24	7
	<i>Megachile</i> sp. 1	4	0

ANEXO 2. Listado taxonómico de las especies de plantas registradas en cercas vivas y matorral durante la temporada de secas y lluvias.

CERCAS VIVAS		
TEMPOARADA DE SECAS		
Categoría de distribución	Familia	Especie
Nativa	Rhamnaceae	<i>Adolphia infesta</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Agave</i> sp.
Nativa	Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Barkleyanthus salicifolius</i>
Nativa	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>
Endémica	Scrophulariaceae	<i>Buddleja parviflora</i>
Nativa	Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Cylindropuntia rosea</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Isocoma veneta</i>
Endémica	Cactaceae	<i>Mammillaria magnanima</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i>
Endémica	Cactaceae	<i>Opuntia heliabravoana</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.
Exótica	Resedaceae	<i>Reseda luteola</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum aligerum</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Nativa	Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes fosteri</i>

CERCAS VIVAS		
TEMPORADA DE LLUVIAS		
Categoría de distribución	Familia	Especie
Nativa	Amaryllidaceae	<i>Allium glandulosum</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>
Nativa	Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i>
Nativa	Apocynaceae	<i>Asclepias linaria</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Astragalus</i> sp.

Nativa	Fabaceae	<i>Astragalus strigulosus</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Bahia xylopoda</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Bidens odorata</i>
Endémica	Rubiaceae	<i>Bouvardia longiflora</i>
Nativa	Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i>
Exótica naturalizada	Brassicaceae	<i>Brassica nigra</i>
Exótica naturalizada	Brassicaceae	<i>Brassica rapa</i>
Endémica	Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i>
Endémica	Scrophulariaceae	<i>Buddleja perfoliata</i>
Nativa	Commelinaceae	<i>Comelina sp.</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Cosmos bipinnatus</i>
Nativa	Rubiaceae	<i>Crusea coronata</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Desmodium sp.</i>
Nativa	Caryophyllaceae	<i>Drymaria arenarioides</i>
Nativa	Caryophyllaceae	<i>Drymaria glandulosa</i>
Nativa	Caryophyllaceae	<i>Drymaria sp.</i>
Endémica	Asteraceae	<i>Dyssodia tagetiflora</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Dyssodia tenuifolia</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Echeandia flavescens</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Erigeron sp.</i>
Exótica naturalizada	Brassicaceae	<i>Eruca sativa</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Eupatorium sp.</i>
Nativa	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia sp.</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Florestina pedata</i>
Nativa	Onagraceae	<i>Gaura coccinea</i>
Nativa	Verbenaceae	<i>Glandularia teucrifolia</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Gymnosperma glutinosum</i>
Endémica	Convolvulaceae	<i>Ipomoea emetica</i>
Nativa	Convolvulaceae	<i>Ipomoea pubescens</i>
Nativa	Convolvulaceae	<i>Ipomoea sp.</i>
Endémica	Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Iscoma veneta</i>
Nativa	Polemoniaceae	<i>Loeselia mexicana</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Lupinus leptophyllus</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Macroptilium atropurpureum</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Macroptilium sp.</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Melampodium strigosum</i>
Nativa	Loasaceae	<i>Mentzelia hispida</i>
Nativa	Cucurbitaceae	<i>Microsechium helleri</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Milla biflora</i>

Nativa	Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Montanoa tomentosa</i>
Nativa	Boraginaceae	<i>Nama undulatum</i>
Nativa	Onagraceae	<i>Oenothera pubescens</i>
Exótica	Oxalidaceae	<i>Oxalis corniculata</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Pachycereus marginatus</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Pinaropappus roseus</i>
Nativa	Portulacaceae	<i>Portulaca pilosa</i>
Nativa	Verbenaceae	<i>Priva</i> sp.
Nativa	Asteraceae	<i>Psilactis breviligulata</i>
Nativa	Lamiaceae	<i>Salvia amarissima</i>
Endémica	Lamiaceae	<i>Salvia hirsuta</i>
Endémica	Lamiaceae	<i>Salvia melissodora</i>
Nativa	Lamiaceae	<i>Salvia tiliifolia</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Schkuhria pinnata</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Simsia amplexicaulis</i>
Exótica	Brassicaceae	<i>Sisymbrium irio</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum corymbosum</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum rostratum</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum stoloniferum</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Endémica	Asteraceae	<i>Stevia tephra</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Tridax rosea</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Tridax</i> sp.
Nativa	Verbenaceae	<i>Verbena bipinnatifida</i>
Nativa	Verbenaceae	<i>Verbena canescens</i>
Nativa	Verbenaceae	<i>Verbena carolina</i>

MATORRAL		
TEMPORADA DE SECAS		
Categoría de distribución	Familia	Especie
Nativa	Asparagaceae	<i>Agave lechuguilla</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Agave</i> sp.
Endémica	Fabaceae	<i>Brongniartia intermedia</i>
Nativa	Vitaceae	<i>Cissus verticillata</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Cylindropuntia rosea</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Echinocereus cinerascens</i>

Nativa	Fabaceae	<i>Erythrina</i> sp.
Nativa	Euphorbiaceae	<i>Jatropha dioica</i>
Nativa	Cactaceae	<i>Mamillaria</i> sp.
Nativa	Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp.
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum aligerum</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Nativa	Amaryllidaceae	<i>Sprekelia formosissima</i>
Nativa	Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes fosteri</i>

MATORRAL		
TEMPORADA DE LLUVIAS		
Categoría de distribución	Familia	Especie
Nativa	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i> sp.
Nativa	Malvaceae	<i>Allowissadula sessei</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Anoda cristata</i>
Nativa	Commelinaceae	<i>Commelina erecta</i>
Nativa	Commelinaceae	<i>Commelina tuberosa</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Coreopsis mutica</i>
Nativa	Rubiaceae	<i>Crusea coronata</i>
Nativa	Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i>
Nativa	Asparagaceae	<i>Echeandia</i> sp.
Nativa	Asteraceae	<i>Erigeron</i> sp.
Exótica	Geraniaceae	<i>Erodium cicutarium</i>
Nativa	Brassicaceae	<i>Exhalimolobos hispidulus</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Heterosperma pinnatum</i>
Nativa	Convolvulaceae	<i>Ipomoea pubesens</i>
Endémica	Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Lycianthes peduncularis</i>
Nativa	Loasaceae	<i>Mentzelia hispida</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Parthenium incanum</i>
Nativa	Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i>
Nativa	Lamiaceae	<i>Salvia amarissima</i>
Endémica	Lamiaceae	<i>Salvia hirsuta</i>
Endémica	Lamiaceae	<i>Salvia melissodora</i>

Nativa	Solanaceae	<i>Solanum americanum</i>
Endémica	Solanaceae	<i>Solanum cardiophyllum</i>
Nativa	Solanaceae	<i>Solanum nigrescens</i>
Nativa	Malvaceae	<i>Sphaeralcea angustifolia</i>
Nativa	Commelinaceae	<i>Tradescantia crassifolia</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Tridax rosea</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Viguiera trachyphylla</i>
Nativa	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i>