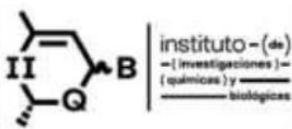




USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



scriba el texto

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

REF.IIQB.398.11.2020

Guatemala, 27 de noviembre del 2020

Señor Director
Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para adjuntar el informe final del proyecto: **“Efecto de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores, en Chimaltenango, Guatemala”** con partida presupuestal 4.8.63.6.12.000 y código B32-2020, **coordinado por la Licda. Natalia Escobedo Kenefic** y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Este informe final fue elaborado con base en la guía de presentación de la Dirección General de Investigación, el cual fue revisado su contenido en función del protocolo aprobado, por lo que esta unidad de investigación da la aprobación y aval correspondiente.

Asimismo, la coordinadora del proyecto, se compromete a dar seguimiento y cumplir con el proceso de revisión y edición establecido por DIGI del **informe final y del manuscrito científico**. El manuscrito científico debe enviarse, por la coordinadora del proyecto, para publicación, al menos, en una revista de acceso abierto (*Open Access*) indexada y arbitrada por expertos en el tema investigado.

Sin otro particular, suscribo atentamente.

Licda. Natalia Escobedo Kenefic
Coordinadora del Proyecto

“Id y enseñad a todos”



Dra. María Eunice Enríquez Cotto
Directora

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

c.c. archivo
MEEC/tvch.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación



Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)

Informe final

Efecto de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores, en Chimaltenango, Guatemala.

Equipo de investigación

Dra. Natalia Escobedo Kenefic

Inga. Agra. Ana Beatriz Jo Cermeño

Br. Navil Dunyazad Ventura Sáenz

P.C. Osbel Alfredo Mejía Coroy

Guatemala, noviembre de 2020

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Centro Universitario de Chimaltenango Cundech/Usac

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera

Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar

Coordinador General de Programas

Ing. Agr. Augusto Saúl Guerra Gutiérrez

Coordinador del Programa de Investigación

Dra. Natalia Escobedo Kenefic

Coordinadora del proyecto

Ing. Agr. Ana Beatriz Jo Cermeño

Investigadora

Br. Navil Dunyazad Ventura Saénz

P. C. Osbel Alfredo Mejía Coroy

Auxiliares de investigación II

Dra. María Eunice Enríquez Cotton

Br. Edson Eduardo Cardona Valenzuela

Br. Darlene Denisse Escobar González

Br. Quebin Bosbely Casiá Ajché

Colaboradores

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2020. El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada por la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la Partida Presupuestaria 4.8.63.4.41. durante el año 2020 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)

Dedicamos este informe a la memoria de nuestra querida compañera *Ana Beatriz Jo Cermeño de Martínez*, quien durante la realización de este proyecto nos compartió su entusiasmo, positividad y entrega.

Recordaremos siempre su amable sonrisa e inquebrantable espíritu.

Índice general

1	Resumen.....	7
2	Palabras clave.....	7
3	Abstract and keywords.....	8
4	Introducción	8
5	Planteamiento del problema	11
6	Preguntas de investigación.....	12
7	Delimitación en tiempo y espacio	13
8	Marco teórico	13
9	Estado del arte	16
10	Objetivo general	18
11	Objetivos específicos.....	18
12	Hipótesis.....	18
13	Materiales y métodos	19
14	Vinculación, difusión y divulgación.	23
15	Productos, hallazgos, conocimientos o resultados	23
16	Análisis y discusión de resultados.....	45
17	Conclusiones	50
18	Impacto esperado.....	51
19	Referencias	52
20	Apéndices	57

Índice de tablas

Tabla 1. Ubicación de ocho sitios de muestreo en áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala. .	24
Tabla 2. Estimación de área de uso del suelo para cada parcela de muestreo.....	25
Tabla 3. Usos del suelo para cada uno de los ocho sitios de muestreo, en Chimaltenango, Guatemala.	26
Tabla 4. Respuestas relacionadas a la rotación del cultivo	29
Tabla 5. Respuestas relacionadas al asocio de cultivos y cobertura de cultivo.....	29
Tabla 6. Respuestas relacionadas al control de plagas y aplicación de plaguicidas.....	30
Tabla 7. Agentes causales de daño en los cultivos para los encuestados de tres municipios de Chimaltenango.	31
Tabla 8. Respuestas relacionadas a la disponibilidad de recursos para polinizadores	32
Tabla 9. Cultivos en donde los agricultores han observado abejas o avispas.	33
Tabla 10. Insectos visitantes de las flores de la vegetación seminatural en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	34
Tabla 11. Estimadores de la diversidad de especies de insectos polinizadores en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	35
Tabla 12. Estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	37
Tabla 13. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	38
Tabla 14. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	39
Tabla 15. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	40
Tabla 16. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	41
Tabla 17. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	41
Tabla 18. Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	42
Tabla 19. Relación de la conectancia y la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m ² , en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala. 43	

Tabla 20. Modelo explicativo de la relación de la abundancia de <i>Eristalis</i> sp y la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m ² , en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	43
Tabla 21. Modelo explicativo de la relación de la abundancia de <i>Eristalis</i> sp y la proporción de vegetación seminatural en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m ² , en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	44
Tabla 22. Modelo explicativo de la relación de la abundancia de <i>Eristalis</i> sp y la proporción de cultivos en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m ² , en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	44
Tabla 23. Modelo explicativo de la relación de la conectancia y la proporción de vegetación seminatural en un área circular de 500 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m ² , en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.	45

Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el departamento de Chimaltenango.	24
Figura 2. Lugar de procedencia de los encuestados.	27
Figura 3. Nivel de estudios de los participantes en la encuesta.....	27
Figura 4. Área sembrada anualmente por agricultores en Chimaltenango, Guatemala.	28
Figura 5. Recambio de especies entre nueve poblaciones de insectos polinizadores en el área agrícola de Chimaltenango, Guatemala.	36

Título del proyecto

Efecto de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores, en Chimaltenango, Guatemala

1 Resumen

Los patrones de diversidad de las especies de insectos polinizadores son sensibles a las modificaciones en el ambiente, ya sea a escala local (e. g. hábitat) o de paisaje (e. g. estructura y composición de tipos de uso del suelo) y a las prácticas agrícolas (e. g. intensivas o tradicionales) utilizadas en los cultivos. Se ha encontrado bajos niveles de riqueza y abundancia de insectos polinizadores en zonas agrícolas muy intensivas y homogéneas. En las áreas agrícolas del trópico se ha descrito muy poco los posibles efectos del entorno a escala local y de paisaje en los patrones de diversidad de insectos polinizadores y en la dinámica de las interacciones planta-polinizador. En este trabajo, se propuso el análisis del efecto de la vegetación seminatural, entendida como vegetación silvestre que crece en áreas agrícolas o de otro uso antrópico, y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores. Para esto, se caracterizó el hábitat a escala local y de paisaje, registrando la presencia de insectos polinizadores y sus interacciones planta-polinizador en la zona agrícola de Chimaltenango, Guatemala. Se planteó como objetivo general describir efectos de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas, sobre la diversidad y composición de insectos polinizadores y las interacciones planta-polinizador, en Chimaltenango. Se realizó una caracterización de las prácticas agrícolas utilizando encuestas a agricultores del área de estudio. Se realizó una caracterización detallada 8 unidades de análisis (parcelas de una ha), en cuanto a área y configuración de usos, así como de la vegetación seminatural presente, utilizando fotografía y de satélite y verificación de campo. Se registró las interacciones planta-insecto en cada unidad de análisis. Se analizó el efecto de los usos a escala local y de paisaje sobre la diversidad de insectos visitantes florales y las interacciones planta-insecto. Se encontró que la producción agrícola está caracterizada por prácticas intensivas intercaladas con no intensivas (rotación y descanso de los terrenos). Asimismo, se encontró un efecto positivo de la vegetación seminatural en el registro de las interacciones entre plantas y visitantes florales.

2 Palabras clave

Altiplano, biodiversidad, agroecosistema, polinización, trópicos.

3 Abstract and keywords

Diversity patterns of insect pollinator species are sensitive to environment modifications, either at a local scale (e.g., habitat) or landscape scale (e.g., land use structure and composition) and to agriculture practices (intensive or traditional) used in crops. Low richness and abundance levels of pollinator insects have been found in highly intensive and homogenous agriculture areas. Few has been described about the possible environment effects, at local and landscape scales, on diversity patterns and plant-pollinator dynamics in the tropics. This work approaches the effect of semi-natural vegetation (understood as wild vegetation growing in anthropogenic areas) and agricultural practices on insect pollinator communities by characterizing local and landscape scale habitats and recording plant-pollinator interactions in agricultural areas of the Chimaltenango department, Guatemala. As a general objective, this study aimed to describe the effects of semi-natural vegetation and agricultural practices on diversity and composition of insect pollinator communities and their plant-pollinator interactions in Chimaltenango. Agricultural practices were characterized using information from surveys to farmers from the study area. A detailed land use characterization of 8 sampling units (one ha plots) was performed, using satellite photographs and field verification. Plant-insect interactions were recorded in each sampling unit. The effect of land use at local and landscape scales on flower-visiting insects and their plant-insect interactions was analyzed. It was found that local agriculture is characterized by a combination of intensive and non-intensive practices (rotation, fallowing). Also, a positive effect of shrub vegetation on interaction metrics was found.

Keywords: Highlands, biodiversity, agroecosystem, pollination, tropics.

4 Introducción

La agricultura es el tipo de uso del suelo dominante en la Tierra. En conjunto, las zonas de cultivo y los pastizales ocupan alrededor del 30 % de la superficie terrestre (Asner, Elmore, Olander, Martin, & Harris, 2004; Foley et al., 2005). Sumado a esto, se ha estimado que la población humana alcanzará los 11 billones al final de este siglo y para satisfacer la demanda de alimentos, será necesario alrededor de 1 billón de hectáreas para el año 2050 (Laurence, Sayer, & Cassman, 2014). El cambio del uso del suelo que la agricultura provoca está afectando los patrones de diversidad en las comunidades biológicas. Ya se tiene registrado al cambio de uso de suelo como uno de los factores causantes de la masiva pérdida de especies de insectos polinizadores y se teme que los impactos de las extinciones repercutan en servicios del ecosistema, como la polinización (Dirzo et al., 2014).

Las prácticas agrícolas (e.g. intensivas o tradicionales) tienen efectos a distintas escalas (e.g. escala local, de hábitat, y escala paisaje) que tendrán efectos sobre los patrones de diversidad de especies con consecuencias en la alteración de la estructura y estabilidad de las comunidades biológicas (Tschardtke, Klein, Kruess, Steffan-Dewater & Carsten, 2005). La agricultura intensiva (e.g. reducción o eliminación de ciclos de rotación de cultivos, disminución o eliminación de la diversidad de cultivos y el aumento del uso de fertilizantes y pesticidas) tienen impactos negativos sobre la riqueza de insectos polinizadores (Le Feón et al., 2010) mientras que prácticas agrícolas tradicionales (e. g. plantaciones con varios cultivos en simultáneo, cultivo de más de una variedad de una misma planta, mezcla de especies arbóreas y cultivos, reciclaje de nutrientes y rotación de cultivos, entre otros) promueven valores altos de riqueza de especies de insectos polinizadores. (Altieri, 2004; Bhagwat et al., 2008, Potts et al, 2009). Asimismo, se ha demostrado que los sistemas agroforestales en los trópicos, donde no se practica la agricultura intensiva, juegan un papel importante en la conservación de la diversidad biológica (Landaverde-Gonzalez, et al., 2017; Jha & Vandermeer, 2010; Vides-Borell, et al., 2019).

Por otra parte, el análisis del efecto de variables a escala local y de paisaje en las comunidades de insectos polinizadores se ha enfocado en zonas templadas, regiones con paisajes bastante homogéneos y con plantaciones extensas. En el caso de los trópicos, las plantaciones se encuentran inmersas en zonas con una alta heterogeneidad topográfica y con comunidades biológicas con relaciones mutualistas (e.g. interacciones planta-polinizador) muy complejas, con un alto grado de endemismo. Todos estos factores pueden provocar efectos interactivos en las variables a escala local y del paisaje en el efecto sobre las comunidades de insectos polinizadores en trópico (Cely-Santos & Philpott, 2019). Además, las zonas tropicales albergan la mayor concentración de áreas agrícolas y la mayor riqueza de especies de insectos polinizadores del mundo (Gaston, 2010; Meyfroidt, Rudel, & Lambin, 2010) por lo que esta región representa una prioridad para el análisis exhaustivo de los patrones de riqueza y de la forma en que las comunidades se encuentran estructuradas.

En el neotrópico, (Cely-Santos & Philpott, 2019) han analizado la influencia de variables a escala local (hábitat) en las comunidades de insectos polinizadores y reportan que la estructura vertical de la vegetación explica la diversidad y estructura de las comunidades de insectos polinizadores en los Andes, Colombia. Se encuentra un gran vacío de información respecto al análisis de este patrón en Centroamérica, siendo una región biogeográfica muy distinta de la Andina, posiblemente el contexto del hábitat y del paisaje genere efectos diferentes en las comunidades de insectos polinizadores. Además, no se ha analizado la estabilidad de las comunidades que, en última instancia, es el proceso que mantiene los niveles de riqueza en los ecosistemas tropicales.

En este trabajo se analiza el efecto de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores, en Chimaltenango, Guatemala. Se planteó como

objetivo general describir efectos de la vegetación seminatural (entendida como vegetación silvestre que crece en áreas agrícolas o de otro uso antrópico) y las prácticas agrícolas, sobre la diversidad y composición de insectos polinizadores y las interacciones planta-polinizador, en Chimaltenango. Los objetivos específicos fueron: a) caracterizar la agricultura de la zona de estudio en cuanto a la presencia de áreas seminaturales, usos del suelo, configuración y heterogeneidad de fragmentos a escalas local y de paisaje, y prácticas agrícolas b) describir las comunidades de insectos polinizadores de la zona, en cuanto a su diversidad, composición e interacciones planta-polinizador y c) obtener modelos que describan el efecto de la presencia de áreas seminaturales, de la configuración y heterogeneidad del uso del suelo a escalas local y de paisaje, y de las prácticas agrícolas; sobre la diversidad, composición e interacciones planta-polinizador en la zona de estudio.

Para cumplir los objetivos anteriores, se realizó una caracterización y análisis del hábitat a escala local y del paisaje utilizando un muestreo sistemático de la vegetación y de recolección de registros de diversidad de insectos e interacciones planta-polinizador, en 8 unidades de análisis delimitadas como parcelas agrícolas de 1 ha. Adicionalmente, se buscó caracterizar las prácticas agrícolas de la zona agrícola de Chimaltenango. Sobre la base de esta información, se obtuvieron modelos para describir el efecto de las variables de hábitat seminatural y uso del suelo sobre distintos atributos de las comunidades de insectos polinizadores, así como en las métricas de sus interacciones planta-polinizador. También, se identificaron las variables más importantes que explican la diversidad, composición y estructura de las interacciones planta-polinizador de los insectos polinizadores en el sistema agrícola en Chimaltenango, Guatemala. La caracterización de prácticas agrícolas se realizó sobre la base de encuestas realizadas a agricultores de la zona de estudio.

Los procedimientos anteriores fueron realizados en función de poner a prueba las hipótesis siguientes: a) la disponibilidad de hábitats seminaturales tendrá un efecto positivo sobre la diversidad de polinizadores en áreas agrícolas de Chimaltenango b) la heterogeneidad del uso de suelo a escalas local y de paisaje favorecen la diversidad de insectos polinizadores, así como la estabilidad de sus comunidades e interacciones planta-polinizador en áreas agrícolas de Chimaltenango y c) las prácticas agrícolas tendrán efecto sobre la diversidad de polinizadores en las zonas agrícolas de Chimaltenango.

Se espera que los resultados de esta investigación aporten al conocimiento sobre las dinámicas planta-polinizador en los sistemas agrícolas del altiplano en los trópicos, así como a la documentación de las prácticas agrícolas actuales en Guatemala. Asimismo, se espera que contribuyan a la elaboración e implementación de planes de manejo que propicien el mantenimiento de la diversidad biológica en áreas agrícolas.

5 Planteamiento del problema

La agricultura, como tipo del uso del suelo, abarca a una gran extensión del territorio de la tierra. Según la estimación de (Foley et al., 2005) alrededor del 30% de la superficie terrestre del planeta son áreas de cultivo destinadas a la producción de alimentos y materias primas para satisfacer las demandas de una población humana en aumento, especialmente en las áreas tropicales. Por otra parte, la intensificación del uso del suelo en zonas agrícolas es el factor principal de la modificación en los patrones y pérdida de biodiversidad, pero el uso del suelo poco intensivo puede ser una medida que favorezca el mantenimiento de los procesos que dan lugar a la biodiversidad presente en los ecosistemas actuales (Tscharntke et al., 2005).

A escala de paisaje, la agricultura con prácticas del uso del suelo intensivo produce áreas homogéneas, producto de la especialización en un único cultivo, la conversión de hábitats perennes a zonas de cultivo, y la fragmentación y reducción de la vegetación natural, que promueve el uso de prácticas intensivas a nivel local, e.g. disminución de los ciclos de rotación de los cultivos, disminución de la diversidad de cultivos, incremento de la aplicación de fertilizantes (Tscharntke et al., 2005). Por otra parte, también a escala de paisaje, la agricultura con prácticas del uso del suelo no intensivas y basada en conocimientos tradicionales genera paisajes heterogéneos, resultado de sistemas mixtos de cultivos y el establecimiento de sistemas agroforestales, que facilitan el empleo de prácticas tradicionales a nivel local, e.g. aumento de los ciclos de rotación de los cultivos, aumento de la diversidad de cultivos, aprovechamiento de los microclimas disponibles, ciclos cerrados de uso y reciclaje de desperdicios en el sistema y el cultivo de variedades nativas de la región (Altieri, 2004; Bhagwat, Willis, Birks, & Whittaker, 2008).

Los sistemas de cultivos de tradicionales tienen una configuración y estructura espacial compleja, y junto a remanentes de vegetación natural, se ensamblan mosaicos altamente productivos y que albergan una gran biodiversidad (Altieri, 2004; Duelli, 1997). El Altiplanode Guatemala, como unidad de análisis de paisaje, se caracteriza por ser un mosaico de bosques pino-encino y áreas agrícolas de variada extensión y tipo (que pueden ser alimentos no tradicionales, e.g. arveja, brócoli, repollo, lechuga, zanahoria, coliflor, cebolla, tomate, rábano, güisquil y alimentos tradicionales, e.g. maíz, frijol, sorgo y haba) (Escobedo, Dardón, López, Martínez, & Cardona, 2014; Guardiola & Bernal, 2009). El mosaico pino-encino-áreas agrícolas en el Altiplanogenera hábitats muy heterogéneos, con áreas seminaturales intercaladas con zonas agrícolas con prácticas del uso del suelo intensivo y no intensivo. Estos remanentes de áreas seminaturales resultan ser muy pequeños, pero pueden promover la riqueza y abundancia de insectos polinizadores en agro sistemas de zonas templadas y tropicales (Cusser et al., 2019) y al mismo tiempo, modificar la dinámica de la

interacción planta-polinizador al favorecer el forrajeo óptimo, aumentando la disponibilidad de recursos con alto valor energético, con una inversión baja de energía del polinizador (Freitas, Alves, Elsinor, Gomes, & Boscolo, 2018). La respuesta que han demostrado los patrones de diversidad de insectos polinizadores a estos hábitats seminaturales ha colocado la atención del análisis del paisaje a una escala local, un alrededor de 1 km². Se ha propuesto la cuantificación directamente en los sitios (e.g tipos de cobertura, cobertura vegetal, abundancia de flores) de la heterogeneidad del paisaje para indagar cuales son los factores que tienen relación con la riqueza y abundancia de las especies silvestres (Soares, Ferreira, & Lopes, 2017).

En este contexto, es probable que en el altiplano existan prácticas del uso del suelo que favorezcan a las comunidades de insectos, pero no han sido caracterizadas ni se ha analizado la forma en que influyen a los patrones de riqueza y abundancia de insectos polinizadores en la región. Por último, dado el contexto complejo de las regiones tropicales, es muy probable que las comunidades de insectos sean mucho más complejas en comparación a las zonas templadas. Resultado de este patrón general, es posible que los ensambles de insectos respondan a una serie de factores a escala local de paisaje, cuyo análisis aportaría información valiosa para los esfuerzos de conservación de especies ante el inminente avance de la frontera agrícola en Guatemala.

Sobre la base de lo anterior, este estudio pretende analizar el efecto de la heterogeneidad del paisaje a escala local en la riqueza y abundancia de insectos polinizadores, y en la dinámica de las interacciones planta-polinizador, en el altiplano de Guatemala.

6 Preguntas de investigación

¿Cómo se practica la agricultura en Chimaltenango, en cuanto a usos del suelo, configuración y heterogeneidad de fragmentos de distintos cultivos, y prácticas agrícolas?

¿Cuál es la diversidad y composición de las comunidades de insectos polinizadores presentes en las áreas agrícolas de Chimaltenango?

¿Cómo influyen la presencia de áreas seminaturales y las prácticas agrícolas en la diversidad, composición e interacciones planta-polinizador en las áreas agrícolas de Chimaltenango?

7 Delimitación en tiempo y espacio

Delimitación en tiempo: El proyecto se realizó durante el año 2020. La fase de campo se llevó a cabo en enero de 2020. La revisión y el análisis de la información se llevó a cabo de mayo a octubre. La elaboración del informe final se realizó entre octubre y noviembre.

Delimitación espacial: El trabajo de campo se realizó en la zona agrícola del departamento de Chimaltenango, en los municipios de Patzicía, Chimaltenango, San Juan Comalapa, Patzún y Santa Cruz Balanyá.

8 Marco teórico

Insectos polinizadores

Según Potts y colaboradores (2016), la mayoría de polinizadores son insectos. Se estima que alrededor de 20,000 especies de polinizadores silvestres como abejas, moscas, mariposas, avispa, escarabajos, trips y algunos vertebrados son los responsables de la polinización del 90% de las plantas silvestres. Además, el 35% de la producción global de los cultivos de la dieta diaria de los humanos que depende de la polinización animal. Esta información contrasta con la reportada por Potts y colaboradores (2010) y por Sánchez-Bayo y Wyckhuys (2019) sobre el declive de las poblaciones silvestres de la entomofauna a nivel mundial. La ausencia de insectos polinizadores puede llegar a la disminución de la calidad de cultivos dependientes de la polinización (Potts et al., 2016).

Interacciones planta-polinizador

Las interacciones planta polinizador establecen la base para el funcionamiento de muchos ecosistemas, dado que esta relación mutualista sustenta la mayor parte de cadenas tróficas, garantizando la reproducción y el reclutamiento de los individuos para las poblaciones de muchas especies de plantas. En el caso de los polinizadores, éstos se benefician de una serie de recursos que las plantas ofrecen, e. g. néctar, frutos, entre otros (Willmer, 2011). El análisis de las interacciones planta-polinizador procede utilizando el enfoque de redes de interacción. Una red de interacción planta-polinizador consiste de un conjunto de nodos $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, y un conjunto de parejas ordenadas $E = \{(v_i, v_j)\} \subset V \times V$ que interactúan de alguna forma. Trasladando esta definición al ámbito ecológico, los nodos

representan las interacciones entre las especies de plantas y polinizadores coexistentes con base a la visita floral en una comunidad (Dupont, Padron, Olensen, & Petanidou, 2009).

En los trópicos se ha reportado un patrón estructural de las redes de interacción planta-polinizador con baja conectividad, así como un bajo número de las interacciones potenciales. También se ha reportado una distribución de grado desigual (distribución desigual del número de individuos con los que ocurre la interacción), asimetría de la interacción (las especies con muchas interacciones tienden a interactuar con especies especializadas), anidadas (las especies especialistas de plantas y polinizadores tienden a interactuar con especies generalistas), y con modularidad (la presencia de un conjunto de especies que registran interacciones más frecuentes en comparación a las demás especies en la red de interacción) (Vizentin-Bugoni et al., 2018). Este patrón en la dinámica de las interacciones planta-polinizador sugiere que las comunidades pueden ser robustas ante la pérdida de especies. Es probable que la alta frecuencia de las interacciones forma una cohesión en las comunidades ante las perturbaciones del ambiente (Ramos-Jilberto, Valdovinos, Moisset & Flores, 2012).

Prácticas del uso del suelo en la agricultura

Desde la perspectiva del paisaje, las prácticas intensivas en la agricultura tienen como consecuencia que las plantaciones tengan uno (o muy pocos) tipos de cultivos en grandes extensiones de territorio. Además, las zonas agrícolas intensivas promueven la destrucción de los remanentes de vegetación adyacente a los cultivos, llevando a la homogeneización del paisaje. Como patrón general, una vez ejecutadas las prácticas agrícolas intensivas en el paisaje, las prácticas intensivas locales también son aplicadas, e.g. reducción o eliminación de ciclos de rotación de cultivos, disminución o eliminación de la diversidad de cultivos y el aumento del uso de fertilizantes y pesticidas (Tschamntke et al., 2005). Las condiciones que las prácticas intensivas de la agricultura provocan en el paisaje resultan poco favorecedoras para los polinizadores silvestres. Por ejemplo, Potts y colaboradores (2010) identificaron los principales factores que posiblemente afecten de forma negativa las poblaciones silvestres de polinizadores en el mundo. La revisión de estos autores reporta a prácticas propias de la agricultura intensiva (e.g. destrucción y fragmentación de hábitat y a la aplicación de pesticidas) como las probables responsables del declive de las poblaciones silvestres de polinizadores.

En cuanto a los patrones de riqueza y diversidad de polinizadores, la situación no es distinta. En Europa, Le Féon y colaboradores (2010), registraron una relación directa entre la riqueza de polinizadores silvestres y el grado de intensificación de la agricultura, medida como la proporción de hábitat seminatural disponible. A menor proporción de hábitat seminatural disponible, o un paisaje más homogéneo, la riqueza de polinizadores silvestres disminuye.

En otro trabajo realizado en la misma región, Clough y colaboradores (2014) describen el impacto negativo de la agricultura intensiva en la riqueza y abundancia y densidad de insectos polinizadores silvestres. Los autores evaluaron el grado de intensificación de la por medio del porcentaje de tierra arable en las plantaciones y reportan una relación directa entre la riqueza y abundancia de insectos polinizadores y el porcentaje de tierra arable en las plantaciones. Entre mayor es el porcentaje de tierra arable permanente disminuye la riqueza y abundancia de insectos polinizadores silvestres. En la región tropical, los patrones de riqueza y abundancia se comportan de la misma manera. Por ejemplo, Tscharnetke y colaboradores (2008) analizaron el efecto de la agricultura intensiva en las comunidades de polinizadores en la India y Ecuador. Los investigadores establecieron categorías correspondientes a grados de intensificación de la agricultura y concluyeron que las áreas con agricultura intensiva tienen una menor diversidad y abundancia de polinizadores silvestres en comparación a áreas con agricultura menos intensiva.

Partiendo del análisis del paisaje, las prácticas no intensivas y fundamentadas en saberes culturales propias de cada región (e. g. plantaciones con varios cultivos en simultáneo, cultivo de más de una variedad de una misma planta y la mezcla de especies arbóreas y cultivos) propician las condiciones para maximizar prácticas tradicionales a una escala aún más pequeña, e. g. recambio de cultivos más frecuente, aumento del número de cultivos y de las variedades del mismo cultivo y cultivo de animales y plantas de la región (Altieri, 2004; Bhagwat et al., 2008; Kremer, Iles & Bacon, 2012). Estas prácticas son el resultado de procesos de desarrollo y especialización de los sistemas biológicos y sociales en el cual, factores como los cultivos, el suelo, los animales y plantas actúan de forma sinérgica para mejorar la productiva, la fertilidad y el control natural de plagas (Kremer et al., 2012).

Por ejemplo, Potts y colaboradores (2009) establecieron tratamientos de cultivos mixtos con 5 especies de legumbres distintas inmersa en pastizales con agricultura intensiva en Inglaterra. Los investigadores reportan que estos tratamientos con policultivos de legumbres tienen valores de riqueza y abundancia altos de insectos polinizadores silvestres, como abejorros y mariposas, en comparación a los pastizales con agricultura intensiva. En los trópicos, se ha comprobado que los sistemas agroforestales con manejos y prácticas no intensivas juegan un papel importante para el mantenimiento y conservación de las comunidades de polinizadores silvestres (Jha & Vandermeer, 2010). También se ha demostrado que prácticas ancestrales en Mesoamérica como la milpa, sucesión de área de bosque, cultivo y roza, (Landaverde-Gonzalez et al., 2017) y los policultivos (Vides-Borell et al., 2019) dan lugar a sistemas agrícolas con una alta diversidad de polinizadores silvestres.

Mosaicos de vegetación natural-áreas agrícolas

En las áreas tropicales, la agricultura con prácticas tradicionales ha dado lugar a la estructuración de mosaicos de vegetación natural-áreas agrícolas que incorporan varios tipos de cultivo en la misma plantación (Altieri, 2004). En el caso del altiplano de Guatemala, este es el tipo de configuración que domina el paisaje. Para evaluar la diversidad de las comunidades en paisajes agrícolas con mosaicos vegetación natural-áreas agrícolas se ha propuesto en análisis de la heterogeneidad del paisaje a escala local en dos componentes a) en composición, cuántos tipos de cobertura existen y b) en configuración, el grado de complejidad del paisaje (Duelli, 1997; Fahrig & Nuttle, 2005). Es probable que la heterogeneidad del paisaje, tanto en composición y configuración, disminuya la competencia de los organismos por un mismo recurso, e.g polen o néctar, (Fahrig et al., 2011) y los polinizadores inviertan poca energía en recursos florales altamente nutritivos, estabilizando las interacciones planta-polinizador (Freitas et al., 2018).

9 Estado del arte

La mayoría de los trabajos que relacionan la heterogeneidad del paisaje con patrones de diversidad de polinizadores se ha ejecutado en Europa. Por ejemplo, Hass y colaboradores (2018a) analizaron la heterogeneidad del paisaje, en configuración (densidad de cercas vivas) y composición (diversidad de cultivos). Por medio de un modelo de ecuaciones estructurales, los autores establecieron una relación positiva entre la heterogeneidad del paisaje, en cuanto a configuración, con la abundancia de abejas silvestres. Asimismo, esta abundancia pudo estar favorecida por la densidad de cercas vivas por plantación. Otros han abordado la heterogeneidad del paisaje cuantificando el porcentaje de hábitat disponible. En otro trabajo en la misma región, (Lázaro & Alomar, 2019) relacionaron el porcentaje de hábitat seminatural disponible con la riqueza de abejas silvestres. Utilizando un modelo lineal mixto, los resultados de este trabajo apuntan a una relación positiva entre el porcentaje de hábitat natural y la riqueza de abejas silvestres. En adición, los resultados de Beduschi, Kormann, Tschardtke y Scherber (2018) reportan valores de recambio de especies menores en paisajes con mayor porcentaje de hábitat seminatural. En análisis a escala más fina, Hass y colaboradores (2018b) aseguran que paisajes homogéneos disminuyen la densidad y diversidad de polen recolectado por abejorros silvestres, y de forma indirecta, se concluye que los recursos florales son bajos en paisajes homogéneos. Por último, Cely-Santos y Philpott (2019) presentan evidencia de que factores a escala local (e.g abundancia de flores, y cobertura de la vegetación natural) modifican los patrones de riqueza de abejas silvestres en los Andes colombianos.

Las últimas investigaciones abordando redes de interacción planta-polinizador llegan a la misma conclusión: la heterogeneidad del paisaje tiene un efecto estabilizador sobre la dinámica de las interacciones mutualistas en las comunidades biológicas. En otras palabras, los paisajes no homogéneos aportan robustez y estabilidad ante la extinción de especies (Aizen, Sabatino, & Tylianakis, 2012; Freitas, Boscolo, & Viana, 2015; Hagen & Kraemer, 2010; Soares et al., 2017). Por otra parte, es probable que este patrón pueda apuntar a una pérdida de las especies especialistas en las comunidades, dada la alta susceptibilidad de estas especies a la extinción (Alves, Boscolo, & Viana, 2013; Soares et al., 2017). La mayor parte de investigaciones citadas anteriormente han analizado el paisaje utilizando imágenes satelitales. No se ha reportado trabajos de redes de interacción donde se caracterice la heterogeneidad del paisaje a una escala local, midiendo directamente variables distintos tipos de cobertura y del hábitat (e.g. densidad de flores). Tampoco se ha encontrado reportes de redes de interacción construidas con base en registros de polen, en lugar de las plantas, para examinar a un detalle más fino la dinámica planta-polinizador.

En cuanto a las prácticas agrícolas, Landaverde-González y colaboradores (2017) estudiaron el sistema de cultivo de “milpa” en Yucatán. Los resultados de los investigadores resaltan que las áreas con paisajes heterogéneos (en el contexto del paisaje, una matriz constituida por bosque, huertos y pastizales) se relacionan positivamente con la riqueza de abejas del género *Lasioglossum* spp. mientras que, para todas las abejas silvestres registradas en sitio, la asociación positiva se encontró con el porcentaje de bosque. Estos hallazgos sugieren que el bosque, que forma parte de esta forma ancestral del sistema de cultivo “milpa”, sea un posible amortiguador de los efectos negativos de la agricultura intensiva en Yucatán. También Vides-Borell y colaboradores (2019) analizaron la riqueza de abejas silvestres en policultivos inmersos en el sistema de cultivo “milpa” y la diversidad de abejas silvestres en un gradiente de agricultura intensiva. Los autores de este trabajo confirman que sistema de cultivo “milpa” como beneficioso para la diversidad de abejas silvestres en Yucatán. No se ha encontrado trabajos que relacionen otras prácticas agrícolas (cultivo de plantas nativas, cultivo de plantas no nativas, frecuencia de cambio de cultivos en una misma parcela, diversidad de cultivos, equidad de cultivos) que probablemente influyan en las comunidades de insectos polinizadores.

Actualmente existe un gran vacío de información, por lo que los aportes del conocimiento de las dinámicas planta-polinizador en zonas agrícolas serán relevantes para proponer prácticas que favorezcan la diversidad de polinizadores silvestres en zonas agrícolas.

10 Objetivo general

Describir los efectos de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas, sobre la diversidad y composición de insectos polinizadores y las interacciones planta-polinizador, en Chimaltenango.

11 Objetivos específicos

- a) Caracterizar la agricultura de la zona de estudio en cuanto a la presencia de áreas seminaturales, usos del suelo, configuración y heterogeneidad de fragmentos a escalas local y de paisaje, y prácticas agrícolas.
- b) Describir las comunidades de insectos polinizadores de la zona, en cuanto a su diversidad, composición e interacciones planta-polinizador.
- c) Obtener modelos que describan el efecto de la presencia de áreas seminaturales, y de la configuración y heterogeneidad del uso del suelo a escalas local y de paisaje; sobre la diversidad, composición e interacciones planta-polinizador en la zona de estudio.

12 Hipótesis

La disponibilidad de hábitats seminaturales tiene un efecto positivo sobre la diversidad de polinizadores en áreas agrícolas de Chimaltenango.

La heterogeneidad del uso de suelo a escalas local y de paisaje favorece la diversidad de insectos polinizadores, así como la estabilidad de sus comunidades e interacciones planta-polinizador en áreas agrícolas de Chimaltenango.

13 Materiales y métodos

13.1 Enfoque y tipo de investigación: el enfoque utilizado en la presente investigación fue cuantitativo. Asimismo, la investigación desarrollada fue exploratoria, descriptiva y correlacional.

13.2 Recolección de información: en este proyecto de investigación, los investigadores trabajaron con poblaciones de insectos polinizadores. Los mismos tomaron en cuenta únicamente a organismos con la capacidad de transportar polen en el cuerpo (e.g por medio de setas en el cuerpo o corbículas), circunscritos a los órdenes Coleoptera (escarabajos), Lepidoptera (mariposas), Hymenoptera (abejas, abejorros y avispas) y Diptera (moscas), forrajeando en parches de vegetación seminatural, en áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.

13.3 Para investigación cuantitativa:

Diseño experimental

Se utilizó una modificación a la metodología propuesta por Cely-Santos y Philpott (2019) para analizar la heterogeneidad en estructura y composición del uso del suelo, a escala local y del paisaje, y su efecto sobre la diversidad y composición de insectos polinizadores. Se seleccionaron un total de 8 sitios de muestreo, ubicados al azar dentro del área de estudio. Se buscó que los sitios se ubiquen a un mínimo de 5km entre sí y que con ellos se lograra representar las variaciones en heterogeneidad y presencia de áreas seminaturales de la zona. En cada sitio de muestreo, se estableció un cuadrante de una hectárea como unidad de análisis. Los fragmentos de uso presentes en unidad de análisis fueron caracterizados a priori, utilizando fotografía satelital digital. El uso de cada fragmento fue documentado por medio de verificación de campo. La vegetación seminatural se midió utilizando parcelas de 4m², las cuales constaron de dos modalidades, según lo encontrado en el cuadrante: Fragmentos de vegetación seminatural, se ubicaron al azar dentro de las mismas parcelas de 2x2m, donde se midió la densidad de flores (flores/m²). Bordes o cercos vivos, se delimitaron áreas de 4 m² en posiciones al azar, en donde se midió la densidad floral. En cada parcela de área seminatural de 4m² se midió la densidad de flores, hierbas y arbustos. Se realizaron cuatro parcelas por cuadrante, entre ambas modalidades.

Los análisis a escala de paisaje fueron calculados en radios de 200, 500, 750 a 1 km utilizando programas de sistema de información geográfica en las instalaciones del Centro de Estudios

Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Este diseño experimental se ejecutó en los 8 sitios dentro del área de estudio.

Prácticas agrícolas

Se realizaron encuestas electrónicas como técnica para documentar las prácticas agrícolas. Las encuestas fueron enviadas a agricultores, estudiantes y otros posibles informantes clave que trabajan en la zona de estudio. Se utilizó un cuestionario con preguntas sobre prácticas agrícolas, las respuestas fueron codificadas a valores numéricos (ver Anexo 3). Con base en las respuestas, se calcularon porcentajes de respuestas y se elaboraron tablas y gráficas para la presentación de los resultados.

Registro de datos de insectos polinizadores

Se tomaron muestras de las poblaciones de insectos polinizadores en el área de estudio, de la siguiente manera: Se recolectaron a los insectos polinizadores en vuelo y con observaciones directas sobre las flores. Se realizaron un total de tres horas de esfuerzo de muestreo por sitio. Paralelo a esto, se registraron las interacciones planta-polinizador. Se recolectaron todos los insectos que interactuaron con las estructuras reproductivas de las flores en 30 plantas distintas durante 2 horas en cada sitio de muestreo. Los individuos recolectados fueron identificados hasta la menor categoría taxonómica posible utilizando claves disponibles para la región. Los insectos fueron depositados en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala en el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Objetivo 1: Se utilizaron plataformas de Sistemas de Información Geográfica de imágenes satelitales para la selección de sitios de estudio que estuvieran a más de 5 km de radio de distancia. Se utilizaron imágenes satelitales y diagramación de los sitios para caracterizar y medir la distribución del uso de la tierra por hectárea en cada sitio de muestreo. Se visitó cada sitio para caracterizar el cultivo y uso de tierra presente. Se realizaron encuestas de forma digital sobre el uso de diferentes tipos de sistemas de agricultura y prácticas aplicadas en la agricultura del departamento de Chimaltenango.

Objetivo 2: Para el muestreo de visitantes florales se utilizó colecta manual por medio de redes entomológicas. Se anotó la observación de interacción insecto-flor de las especies de abejas más conocidas y reportadas para la región, que no necesitan equipo óptico para su determinación. También se recolectó la especie botánica en que se encontraba el insecto. Las flores visitadas, y los insectos fueron identificados

taxonómicamente en las instalaciones del Centro de Estudios Conservacionistas por medio de equipo óptico, guías y claves taxonómicas.

Objetivo 3: Los datos utilizados para el análisis del objetivo 3 fueron producto de los resultados obtenidos en los primeros dos objetivos. Se utilizaron datos obtenidos por el paquete estadístico Bipartite para el análisis de redes de interacción.

13.6 Operacionalización de las variables o unidades de análisis:

Objetivo 1: Unidad de análisis: Cuadrantes de una hectárea

Variables a escala local:

- Configuración de áreas seminaturales
- Configuración y heterogeneidad de usos dentro del cuadrante
- Densidad floral

Para obtener los valores de las variables se midieron número, área y perímetro de los fragmentos seminaturales, número de fragmentos de cada uso y/o tipo de cultivo, área y perímetro de cada fragmento, distancias entre fragmentos y número de flores por metro cuadrado. El número de flores fue medido en cada réplica (parcela de vegetación de 4 m²), en cada unidad de análisis.

Variables a escala de paisaje: Índices de fragmentación, configuración y heterogeneidad.

Para obtener las variables se midieron el número, área y perímetro de cada polígono asignado a cada uso, en áreas circulares de distintos radios (200, 500, 750 y 1000 m).

Variables de la caracterización de prácticas agrícolas:

Se utilizó un cuestionario de 36 preguntas sobre prácticas agrícolas (aplicación de fertilizantes, herbicidas, insecticidas sobre los cultivos e interacción del cultivo con la vegetación silvestre, entre otras), basado en las encuestas para calcular índices de prácticas agrícolas propuesto por Taylor y colaboradores (1993). Las respuestas fueron clasificadas y se calcularon los porcentajes opciones de selección múltiple elegidas, para obtener valores numéricos correspondientes a cada respuesta. Se clasificó la información sobre prácticas agrícolas sustentables como se explica en la metodología. El cuestionario se realizó por medio de formulario digital (Anexo 3).

Objetivo 2: Unidad de análisis: Cuadrante de 1 ha (mismos que en objetivo anterior)

VARIABLES A MEDIR DENTRO DE LAS COMUNIDADES: Diversidad (α , β y γ), heterogeneidad y composición de las comunidades de insectos polinizadores. Se midió la riqueza (número de especies) y abundancia de insectos polinizadores, por unidad de esfuerzo de colecta, por unidad de análisis.

VARIABLES A MEDIR EN LAS RELACIONES DE INTERACCIONES: Métricas de interacciones planta-polinizador (conectancia, anidamiento, especialización y modularidad), se midieron observaciones de frecuencia de visitas florales de cada especie de insecto a cada especie botánica, durante observaciones de dos horas, por unidad de análisis, por evento de muestreo.

Objetivo 3:

Las variables independientes fueron las medidas de configuración y heterogeneidad del uso del suelo, a nivel local y a nivel de paisaje se calcularon a partir de las distintas mediciones obtenidas para el objetivo 1.

Las variables dependientes utilizadas fueron Riqueza, abundancia, diversidad (Shannon-Weiner), heterogeneidad (pielou) y las métricas de redes de interacciones planta-polinizador. Las variables fueron calculadas a partir de las mediciones obtenidas para el objetivo 2.

13.7 Procesamiento y análisis de la información:

Análisis estadísticos: Los índices de composición y estructura del paisaje fueron calculados utilizando el programa de sistema de información geográfica ArcGIS (ESRI, 2014) y FRAGSTATS v4. Para la autocorrelación de las variables se realizó una prueba de Moran, utilizando el software estadístico R. Se estimó la riqueza alfa (número de especies) y beta (recambio de especies) diversidad en los sitios de muestreo utilizando el programa PAST 3. Para evaluar el recambio en la composición de las comunidades de insectos se realizó un análisis de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), y se hizo un Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) para identificar relaciones entre las variables del paisaje y la composición de la comunidad de insectos polinizadores, adicionalmente se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) para describir el efecto de la composición y estructura del paisaje sobre las variables de diversidad y redes de interacción; utilizando el paquete *Vegan* para R.

Las métricas de redes de interacción se obtuvieron usando el paquete *Bipartite*, para R.

14 Vinculación, difusión y divulgación

Se trabajó directamente con el Centro Universitario de Chimaltenango, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, buscando integrar el área de investigación del Centro de Estudios Conservacionistas con la carrera de sistemas de producción agrícola en el ecosistema presente en la zona de estudio, con el fin de generar conocimiento sobre el mejor aprovechamiento de recursos naturales y biológicos.

Como medios de difusión y divulgación se presentó los resultados parciales del proyecto en el curso “Determinación del índice de sostenibilidad de la cuenca Xayá y Pixcayá en el departamento de Chimaltenango”, organizado por el Centro Universitario de Chimaltenango, Cundech, que contó con 42 asistentes por videoconferencia. Adicionalmente, el equipo de investigación participó en la organización y realización del taller “Trazando la ruta para la meliponicultura”, organizado por la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, Cecon-Usac, y que contó con participación de representantes del Ministerio de Economía, productores de mieles de abejas sin aguijón, e iniciativas privadas con interés en el tema.

A partir de los resultados de este proyecto se elaboró el borrador de manuscrito científico titulado “Effect of traditional agriculture on semi-natural vegetation in tropical agricultural highlands”, el cual se encuentra en proceso de revisión para ser sometido a una revista científica indizada.

15 Productos, hallazgos, conocimientos o resultados

Variables a escala local.

Las localidades de muestreo fueron elegidas a priori, utilizando fotografía satelital, cuidando que los puntos estuvieran separados a un mínimo de 5 km entre ellos. La Figura 1 muestra los puntos seleccionados, cada punto tiene un diámetro de cobertura de 5 km. Las parcelas de trabajo fueron seleccionadas aleatoriamente, las cuales se ubicaron en cada área que cumpliera los siguientes requisitos: a) extensión de una hectárea, b) heterogeneidad de usos, c) perímetro de aproximadamente 100 m por lado. La tabla 1 presenta las coordenadas geográficas para cada parcela.

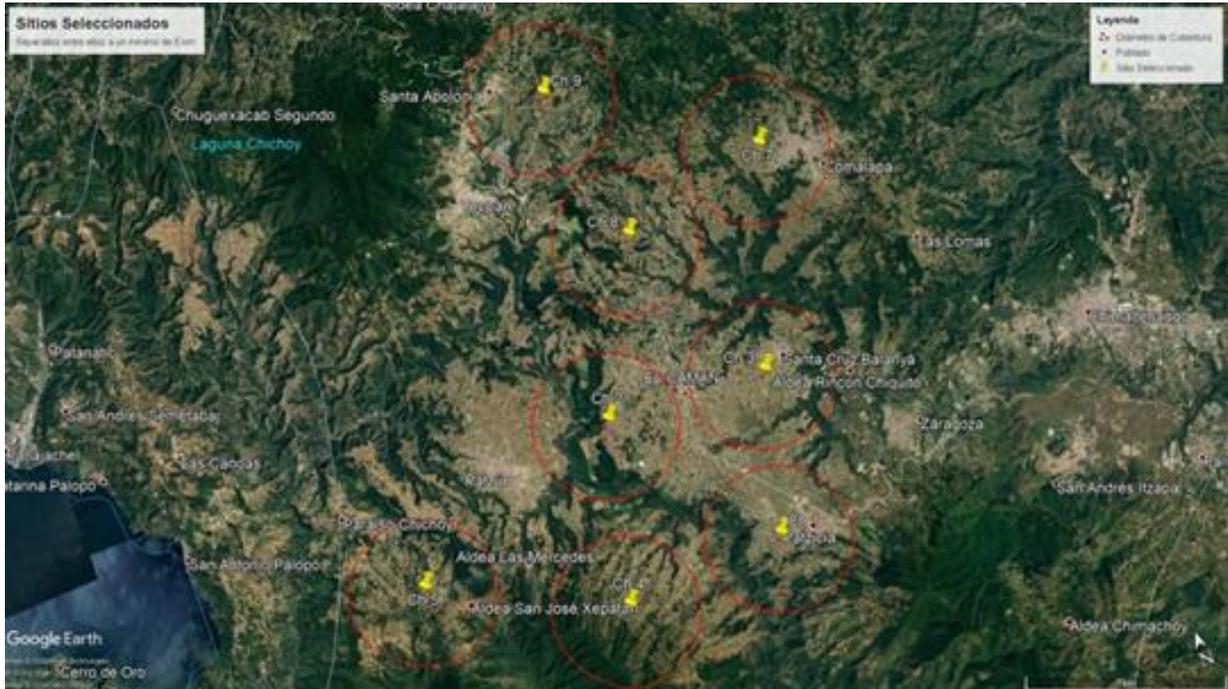


Figura 1. Ubicación de los puntos de muestreo en el departamento de Chimaltenango. Los puntos fueron nombrados con el código CH (Chimaltenango) y un número para identificarlos (CH1, CH2, CH3, CH4, CH5, CH7, CH8 y CH9).

Tabla 1

Ubicación de ocho sitios de muestreo en áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

No.	Código	Departamento	Municipio	Coordenadas	
				Latitud	Longitud
1	CH1	Chimaltenango	Patzicía	14°37'52.65"N	90°56'19.35"O
2	CH2	Chimaltenango	Patzicía	14°40'56.07"N	90°58'36.31"O
3	CH3	Chimaltenango	Santa Cruz Balanyá	14°40'46.28"N	90°55'30.66"O
4	CH4	Chimaltenango	Patzún	14°37'40.01"N	90°59'27.32"O
5	CH5	Chimaltenango	Patzún	14°39'16.87"N	91° 2'55.68"O
6	CH7	Chimaltenango	San Juan Comalapa	14°44'40.00"N	90°54'6.32"O
7	CH8	Chimaltenango	Tecpán Guatemala	14°43'57.59"N	90°57'0.95"O
8	CH9	Chimaltenango	Santa Apolonia	14°46'54.34"N	90°57'34.67"O

Cada uno de los sitios de muestreo fue analizado a partir de sus imágenes satelitales, resultando en la caracterización de la agricultura de la zona de estudio en cuanto a la presencia de áreas seminaturales, usos del suelo, configuración y heterogeneidad de fragmentos a escalas local y de paisaje, y prácticas agrícolas.

Tabla 2

Estimación de área de uso del suelo para cada parcela de muestreo

Uso de Suelo	Parcelas (en m ²)								
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH7	CH8	CH9	Total (m ²)
Zanahoria	2535.64	956.71							3492.35
Guamil	4117.26					6189.50		2095.99	12402.75
(milpa+flores)									
Haba+frijol	1736.15			509.54					2245.69
Güicoy y haba	1021.11								1021.11
Guamil							6402.46		6402.46
Milpa con guamil			7421.93						7421.93
Repollo		3201.37				1166.09			4367.46
Arveja				4953.81	2463.10		1612.12		9029.03
Frijol rojo							2305.58		2305.58
Maíz		2236.16			3415.10				5651.26
Güicoy		1320.07							1320.07
(Guamil+flores)									
Guamil+flores		2151.53				2184.95			4336.48
Coliflor				2349.22					2349.22
Arveja china				1825.46					1825.46
Papa retirada					1057.05				1057.05
Maíz seco					1284.11				1284.11
Brocoli					1971.81				1971.81
Aguacate								1030.02	1030.02
(Fresa+flores)								5361.08	5361.08
Guamil									
limpio (para plantar)					2324.57			1110.99	3435.56
Abierto con hierbas			3448.17						3448.17

Escala de paisaje

Se realizó la medición de los distintos usos presentes alrededor de cada unidad de análisis mediante el uso de imágenes satelitales. La Tabla 3 muestra los porcentajes de cada uso (vegetación arbórea, vegetación seminatural o arbustiva, cultivos y poblados) para áreas circulares con distintos radios trazados a partir de cada una de las parcelas (100, 750 y 500 m). El mayor porcentaje de uso corresponde a la categoría “cultivos” para todos los sitios.

Prácticas agrícolas

A) Descripción general del grupo alcanzado

Se registraron 37 respuestas, de las cuales el 17 % corresponde a mujeres involucradas en agricultura. Las respuestas provienen de agricultores de 12 de los 16 municipios del departamento de Chimaltenango. La Fig. 2 muestra los municipios de origen de los participantes.

La figura 3 muestra la distribución del nivel de escolaridad registrado por los participantes. En las opciones de respuesta se incluyeron los niveles de primaria, secundaria, diversificado, técnico y universitario, siendo estos tres últimos los de mayor frecuencia dentro de las respuestas.

Tabla 3

Usos del suelo para cada uno de los ocho sitios de muestreo, en Chimaltenango, Guatemala

Distancia (diámetro a partir de cada sitio)	Usos	Porcentaje por Parcela (CH)							
		CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH7	CH8	CH9
1000 m	Vegetación arbórea	12.32	22.92	8.68	25.95	23.85	17.76	23.58	25.14
	Vegetación seminatural	22.95	26.08	17.85	29.73	31.27	25.27	24.61	24.20
	Cultivos	52.24	40.66	62.86	36.42	38.63	48.66	43.29	43.86
	Poblados	12.50	10.34	10.61	7.90	6.25	8.31	8.51	6.81
750 m	Vegetación arbórea	8.64	21.96	7.33	23.28	25.11	15.49	22.55	25.54
	Vegetación seminatural	23.15	26.36	17.02	29.67	30.57	25.99	25.88	25.89
	Cultivos	54.17	39.95	64.79	37.39	39.11	49.36	42.67	42.43
	Poblados	14.04	11.74	10.85	9.65	5.21	9.16	8.90	6.15
500 m	Vegetación arbórea	5.47	22.01	7.64	17.00	25.38	14.60	18.25	25.26
	Vegetación seminatural	23.63	29.51	19.46	26.49	28.83	26.57	25.91	26.98
	Cultivos	55.36	37.32	63.40	43.77	40.54	49.41	44.99	40.51
	Poblados	15.54	11.16	9.50	12.75	5.26	9.42	10.86	7.24

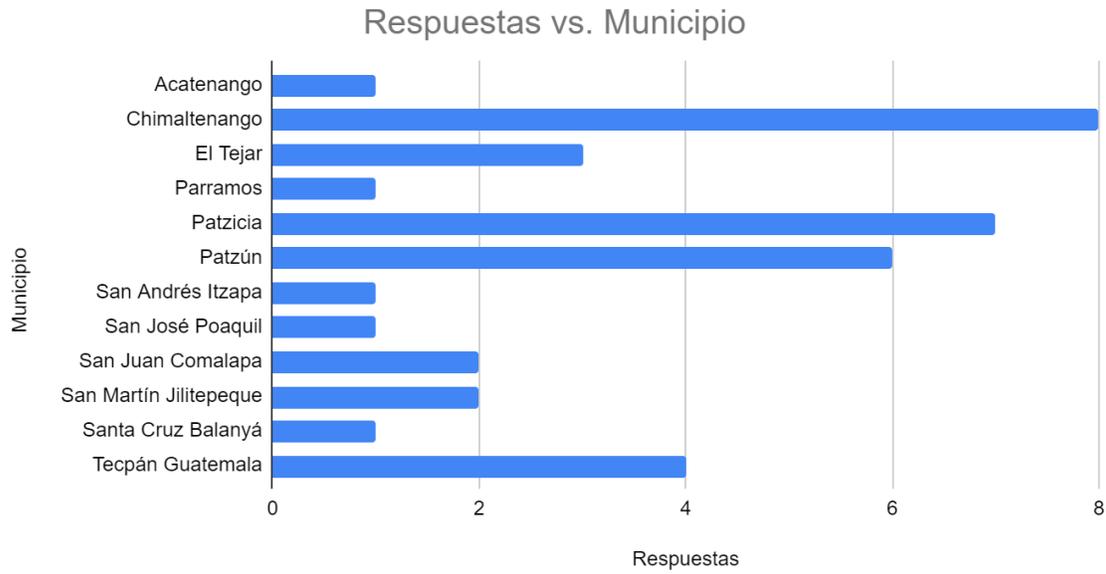


Figura 2. Lugar de procedencia de los encuestados.

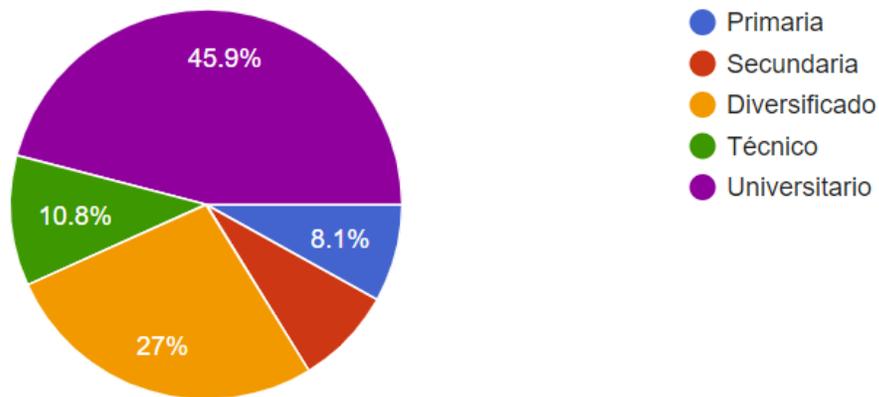


Figura 3. Nivel de estudios de los participantes en la encuesta.

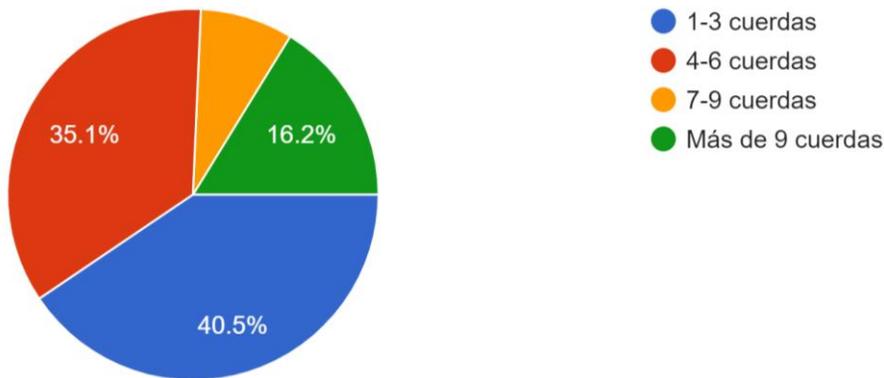


Figura 4. Área sembrada anualmente por agricultores en Chimaltenango, Guatemala.

En cuanto a la cantidad de área cultivada (terrenos) se brindaron cuatro opciones de respuesta como se observa en la Fig. 4, cuya mayor frecuencia de respuesta fue de 1-3 cuerdas (0.1-0.3 ha) equivalente al 40.5 % del total.

Respecto a el manejo de cultivo, fueron 6 aspectos los que se trataron dentro de la encuesta: a) rotación de cultivos, b) asociación de cultivos, c) cobertura de cultivo, d) control de plagas, e) aplicación de plaguicidas y f) disponibilidad de recursos para polinizadores. Las respuestas a estos aspectos fueron agrupadas como se describe en las siguientes secciones.

B) Rotación de cultivos

En este grupo de preguntas se recabó información sobre los ciclos de cultivo y su relación con el uso del suelo a través del tiempo. En la Tabla 4 se aprecian los resultados a cada una de estas preguntas en forma de porcentaje.

C) Asocio de cultivos y cobertura de cultivo

Las preguntas se centraron en la obtención del historial de cultivo de las parcelas que manejan los participantes de la encuesta. La Tabla 5 muestra las respuestas respecto a esta práctica. Entre los agricultores encuestados los valores altos reflejan un esquema de monocultivo principalmente.

Tabla 4

Respuestas relacionadas a la rotación del cultivo

Pregunta	Respuestas									
	Si	No	A Veces	Evitar plagas	Descansar / recuperar la tierra	Crece mejor las plantas	Cada año	Cada dos años	No deja descansar	
¿Practica rotación de cultivos? (Cambia de cultivo cada vez que vuelve a sembrar en el mismo terreno).	62.2 %	2.7 %	35.1 %							
Si rota sus cultivos, ¿por qué lo hace?				29.7 %	56.8 %	13.5 %				
¿Cada cuánto deja descansar los terrenos entre cultivos?							56.8 %	10.8 %	32.4 %	
¿Dejará descansar sus terrenos después del cultivo actual?	43.2 %	56.8 %								

Tabla 5

Respuestas relacionadas al asocio de cultivos y cobertura de cultivo

Pregunta	Respuestas		Número de cultivos		
	Si	No	1	2	3 o más
¿El cultivo anterior al actual fue sembrado en solitario? (Un solo tipo de cultivo por parcela.)	56.8 %	43.2 %			
¿Sembró su cultivo anterior en asociación? (Por ejemplo, siembra junto con el maíz, al mismo tiempo, frijol, ayote u otras plantas).	73 %	27 %			
¿Planea sembrar su próximo cultivo en solitario?	64.9 %	35.1 %			
¿Planea sembrar su próximo cultivo en asociación?	48.6 %	51.4 %			
¿Sembrará variedades criollas (nativas) en su próximo cultivo?	45.9 %	54.1 %			
¿Sembrará variedades tecnificadas en su próximo cultivo?	54.1 %	45.9 %			
Si practica asociación de cultivos, ¿cuántos cultivos distintos siembra juntos en el mismo terreno?			21.6 %	48.6 %	29.7 %

Tabla 6

Respuestas relacionadas al control de plagas y aplicación de plaguicidas

Pregunta	Respuestas									
	Si	No	1	2	3 o más	No aplica	Siempre	En ocasiones	Nunca sobre las flores	No aplico plaguicidas
¿Realiza Manejo Integrado de Plagas?	78.4 %	21.6 %								
¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) especiales para un SOLO tipo de plagas?	73 %	27 %								
¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) que eliminan VARIOS tipos de plagas?	67.6 %	32.4 %								
¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) cuando observa daños en sus cultivos?	73 %	27 %								
¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) cuando observa insectos en sus cultivos?	64.9 %	65.1 %								
¿Cuántas aplicaciones hace de plaguicidas (venenos) durante el ciclo (incluyendo siembra, crecimiento y cosecha) de un cultivo?			10.8 %	18.9 %	56.8 %	13.5 %				
¿Aplica plaguicidas (venenos) en las flores?							5.4 %	51.4 %	13.5 %	29.7 %

Respecto al uso de coberturas en los cultivos, la pregunta realizada fue “¿Qué coberturas se encuentran en el área del terreno de su cultivo? (puede elegir varias)”. Las posibles respuestas y los porcentajes de veces que fueron elegidas son los siguientes: materia vegetal muerta (hojas secas, rastrojo, restos de cultivos anteriores) (54.1%), coberturas de telas o plásticos (8.1%), utiliza ambos tipos de cobertura (10.8 %), no utiliza ninguna cobertura (24.3%) y cobertura de polietileno (2.7%).

D) Control de plagas y aplicación de plaguicidas

En esta sección, se solicitó a los participantes brindaran su opinión sobre la implementación de manejo integrado de plagas y la aplicación de agroquímicos. La Tabla 6 muestra los porcentajes en los que fueron seleccionadas las posibles respuestas.

Adicionalmente, se les preguntó sobre prácticas para el control de plagas que pudieran estar siendo implementadas, con las siguientes opciones de respuesta: Invernaderos o encierros de malla, plantas trampa y/o plantas repelentes y repelentes de insectos caseros. Las opciones fueron elegidas en el 22.2%, 38.9% y 25% de las respuestas, respectivamente.

Respecto a las plagas que han sido observadas en los cultivos, los participantes mencionaron las siguientes: tizón (*Phytophthora* spp.), roya (*Uromyces* spp.), hernia de las coles (*Plasmodiophora* spp.), antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y mancha (*Ascochyta* spp.), indicando que la presencia de los patógenos dependerá del cultivo que se esté manejando. Entre los agentes fitófagos mencionados se encuentran: mosca blanca (Aleyrodidae), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.), trips (Thysanoptera), cogollero del maíz (*Spodoptera* spp.), pulgones (Aphididae), picudos (*Anthonomus* spp.) y ácaros (Acari). La Tabla 7 muestra las respuestas priorizadas a los tres municipios con mayor registro de respuestas.

Tabla 7

Agentes causales de daño en los cultivos para los encuestados de tres municipios de Chimaltenango

Municipio	Insectos, hongos, ácaros que afectan los cultivos	Enfermedades que afectan los cultivos
Chimaltenango	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (araña blanca), <i>Bemisia tabaci</i> (Mosca blanca), <i>Phyllophaga</i> spp. (gallina ciega), <i>Liriomyza trifolii</i> (minador de hojas), <i>Helicoverpa armigera</i> (gusano cogollero), <i>Mocis latipes</i> Guenéé (gusano medidor), <i>Agriotes</i> spp (gusano alambre), Dermáptera (tijeretas), <i>Tetranychus urticae</i> (Ácaros) y <i>Thysanoptera</i> (trips).	<i>Puccinia</i> spp. (Roya), <i>Ascochyta</i> spp. (Actracnosis)
Patzún	<i>Bemisia tabaci</i> (Mosca blanca), <i>Phyllophaga</i> spp. (Gallina ciega), Lepidópteros (larvas), <i>Stylomatophora</i> (babosa), <i>Plasmodiophora brassicae</i> (Hernia). <i>Thysanoptera</i> (trips) y <i>Aphidoidea</i> (áfido).	<i>Peronospora brassicae</i> (Mildiu)
Patzicía	<i>Thysanoptera</i> (trips), <i>Aphididae</i> (pulgones), <i>Phyllophaga</i> spp. (gallina ciega), <i>Bemisia tabaci</i> (Mosca blanca), <i>Lepidópteros</i> (larvas) y <i>Nematoda</i> (nematodos),	<i>Puccinia</i> spp. (Roya)

D) Disponibilidad de recursos para los polinizadores

En este grupo de preguntas se obtuvo información respecto a cómo cada agricultor percibe la relación entre la vegetación silvestre y la presencia de abejas y otros polinizadores. La Tabla 8 muestra los porcentajes de respuestas elegidas para cada pregunta.

Tabla 8

Respuestas relacionadas a la disponibilidad de recursos para polinizadores

Pregunta	Respuestas								
	Siempre	En ocasiones	Nunca	1-3 especies	3-6 especies	10-12 especies	13-15 o más especies	Si	No
¿Deja que crezca vegetación silvestre (matorrales, cercos vivos, malezas) en los alrededores de sus cultivos?	24.3 %	62.2 %	13.5 %						
¿Cuántas plantas silvestres con flores hay en los alrededores de sus cultivos?				48.6 %	29.7 %	16.2 %	5.4 %		
¿Tiene usted crianza de abejas de cualquier tipo (mieleras, criollas, doncellas, etc.)?								13.5 %	86.5 %
¿Considera que las abejas y abejorros son plaga?									100 %

En la Tabla 9 se enumeran las especies identificadas por los agricultores encuestados, como respuesta a la pregunta “¿En qué cultivos ha visto que lleguen avispa o abejas?”, la cual fue realizada de forma abierta. Adicionalmente, en la tabla se incluye si las especies vegetales identificadas requieren o no polinización por agentes bióticos, independientemente de si son utilizadas como fuentes de alimento por los polinizadores.

Se registraron un total de 22 cultivos, conformándolo especies de granos básicos, hortalizas (en su mayoría), frutales y algunas especies medicinales y ornamentales.

Tabla 9

Cultivos en donde los agricultores han observado abejas o avispas

No.	Nombre común	Nombre científico	¿Necesita polinización?
1	Maíz	<i>Zea mays</i> L.	No
2	Fríjol	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	No
3	Güicoy	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Si
4	Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	No
5	Ejote	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	No
6	Tomate	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	Si
7	Chile	<i>Capsicum</i> spp.	Si
8	Café	<i>Coffea arabica</i> L.	Si
9	Hierba blanca	<i>Brassica oleracea</i> L.	No
10	Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	Si
11	Hierba mora	<i>Solanum</i> spp.	Si
12	Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Si
13	Mora	<i>Rubus</i> spp.	Si
14	Fresa	<i>Fragaria vesca</i> L.	Si
15	Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Si
16	Miltomate	<i>Physalis philadelphica</i> L.	Si
17	Manzana	<i>Malus domestica</i> L.	Si
18	Arándano	<i>Vaccinium</i> sp.	Si
19	Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i> L.	Si
20	Albahaca	<i>Ocimum basilicum</i> L.	No
21	Girasol	<i>Helianthus annuus</i> L.	Si
22	Lavanda	<i>Lavandula angustifolia</i> L.	No

Riqueza, diversidad y equidad de especies de insectos, y estructura de las interacciones planta-visitante floral.

Se registró un total de 1329 insectos en un total de 24 horas de esfuerzo de muestreo, tiempo distribuido en las ocho parcelas seleccionadas *a priori*. La abundancia de cada morfoespecie encontrada se detalla en la Tabla 10. La comunidad de insectos está dominada por especies de Hymenoptera (principalmente abejas y abejorros), seguido de especies de Diptera (moscas) y Lepidoptera (mariposas). Los coleópteros representan a las especies con la abundancia baja en la comunidad de insectos.

Los géneros con mayor abundancia de especímenes son *Leptophobia* sp (50 individuos), *Bombus wilmattae* (504 individuos), *Apis mellifera* (514 individuos) y *Eristalis* sp (60 individuos).

Tabla 10

Insectos visitantes de las flores de la vegetación seminatural en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Orden	Familia	Especie / morfo especie	Abundancia
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Chrysina</i> sp	5
Coleoptera	Cerambycidae	<i>Pachyta</i> sp	10
Coleoptera	Coccinellidae	<i>Mada</i> sp	2
Diptera	Anthomyiidae	<i>Zaphne</i> sp	1
Diptera	Bombyliidae	<i>Xenox</i> sp	4
Diptera	Calliphoridae	<i>Angeioneura</i> sp	1
Diptera	Calliphoridae	<i>Calliphora</i> sp	1
Diptera	Faniidae	<i>Fannia</i> sp	1
Diptera	Syrphidae	<i>Trichopsomyia</i> sp	4
Diptera	Syrphidae	<i>Xanthandrus</i> sp	1
Diptera	Syrphidae	<i>Allograpta</i> sp	11
Diptera	Syrphidae	<i>Copestylum</i> sp	1
Diptera	Syrphidae	<i>Eristalis</i> sp	60
Diptera	Tachinidae	<i>Chetogena</i> sp	1
Diptera		Morfo1	1
Diptera		Morfo2	1
Hymenoptera	Andrenidae	<i>Andrena</i> sp	29
Hymenoptera	Andrenidae	<i>Perdita</i> sp	10
Hymenoptera	Andrenidae	<i>Pseudopanurgus</i> sp	2
Hymenoptera	Apidae	<i>Ancyloscelys</i> sp	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Anthophora</i> sp	2
Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	514
Hymenoptera	Apidae	<i>Augochloropsis</i> sp	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus ephippiatus</i>	43
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus mexicanus</i>	7
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus weisi</i>	28
Hymenoptera	Apidae	<i>Bombus wilmattae</i>	405
Hymenoptera	Apidae	<i>Centris</i> sp	3
Hymenoptera	Apidae	<i>Ceratina</i> sp	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Exomalopsis</i> sp	1
Hymenoptera	Apidae	<i>Gaesischia</i> sp	15

Orden	Familia	Especie / morfo especie	Abundancia
Hymenoptera	Apidae	<i>Melissodes</i> sp	5
Hymenoptera	Apidae	<i>Partamona bilineata</i>	14
Hymenoptera	Apidae	<i>Peponapis</i> sp	12
Hymenoptera	Apidae	<i>Thygather</i> sp	16
Hymenoptera	Apidae	<i>Xenoglossa</i> sp	3
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa tabaniformis</i>	1
Hymenoptera	Colletidae	<i>Colletes</i> sp	2
Hymenoptera	Colletidae	<i>Hylaeus</i> sp	1
Hymenoptera	Halictidae	<i>Agapostemon</i> sp	5
Hymenoptera	Halictidae	<i>Augochlorella</i> sp	2
Hymenoptera	Halictidae	<i>Lasioglossum</i> sp	16
Hymenoptera	Halictidae	<i>Mexicalictus</i> sp	4
Hymenoptera	Halictidae	<i>Neocorynura</i> sp	7
Hymenoptera	Megachilidae	<i>Megachile</i> sp	4
Hymenoptera	Pompiliidae	<i>Agenoideus</i> sp	1
Hymenoptera	Pompiliidae	<i>Notocyphus</i> sp	1
Hymenoptera	Scoliidae	<i>Campsomeris</i> sp	4
Hymenoptera	Scoliidae	<i>Proscolia</i> sp	1
Hymenoptera	Vespidae	<i>Epipona</i> sp	2
Hymenoptera	Vespidae	<i>Paramasaris</i> sp	1
Hymenoptera	Vespidae	<i>Polybia</i> sp	3
Hymenoptera	Vespidae	<i>Priochilus</i> sp	2
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Anartia</i> sp	2
Lepidoptera	Nymphalidae	<i>Leptophobia</i> sp	50
Lepidoptera		Morfo 4	1

La localidad CH5 posee el menor número de especies (Riqueza = 11) de los sitios visitados pero la abundancia de las especies en la comunidad es equitativa (Pielou = 0.56), reflejándose en altos valores de diversidad (Shannon = 1.96 y Simpson = 0.82). Asimismo, las comunidades de insectos CH1 y CH2, CH3 tienen un número alto de especies (Riqueza = 23, 18 y 18, respectivamente). La distribución de la abundancia de las especies en las comunidades antes mencionadas es similar (Pielou = 0.51, 0.56 y 0.59, respectivamente), reflejándose en altos índices de diversidad (Shannon = 1.96, 1.71 y 1.84, respectivamente) y (Simpson = 0.77, 0.69 y 0.74, respectivamente). Por último, la comunidad de insectos del

punto CH4 posee relativamente pocas especies (Riqueza = 13) pero la abundancia de las mismas en la comunidad es desigual (Pielou = 0.81), lo cual se refleja en valores bajos de diversidad (Shannon = 1.44 y Simpson = 0.60).

Tabla 11

Estimadores de la diversidad de especies de insectos polinizadores en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.

Sitio	Shannon	Simpson	Riqueza	Equidad	Abundancia
CH1	1.962879	0.7714815	23	0.5177457	180
CH2	1.718028	0.6989195	18	0.553477	207
CH3	1.84103	0.7454186	18	0.5912035	196
CH4	1.449388	0.6093893	13	0.8188384	132
CH5	1.963489	0.8251041	11	0.5650747	82
CH7	1.469085	0.7026883	12	0.6369526	221
CH8	1.629679	0.6668168	19	0.5943971	149
CH9	1.327991	0.629401	13	0.6260189	162

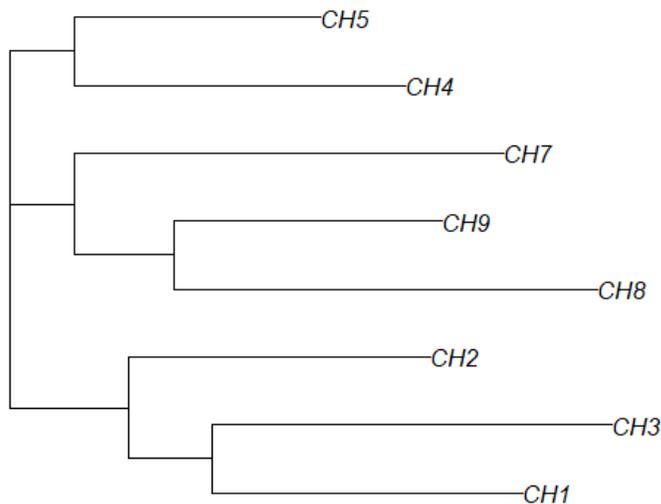


Figura 5. Recambio de especies entre nueve poblaciones de insectos polinizadores en el área agrícola de Chimaltenango, Guatemala.

Basado en el índice de Whittaker, la figura 5 agrupa a las comunidades de insectos polinizadores en tres grupos, a) CH1, CH2 y CH3, b) CH8, CH9 y CH7 y c) CH4 y CH5. El recambio de especies, o especies compartidas entre las comunidades que conforman cada grupo es mayor a el recambio de especies entre los grupos.

Tabla 12

Estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Sitio	Conectancia	Anidamiento	Especialización	Modularidad
CH1	0.09138041	0.4022977	0.5011021	0.547454
CH2	0.116004538	0.322441116	0.46332851	0.391434
CH3	0.0874184	0.41946526	0.70911698	0.532871
CH4	0.11376912	0.40629667	0.3767419	0.388889
CH5	0.1279198	0.22905032	0.46769501	0.504591
CH7	0.13481331	0.51179892	0.31134693	0.386111
CH8	0.11154381	0.49287473	0.35257	0.49625
CH9	0.14010984	0.5206718	0.37549103	0.366898

El número de interacciones potenciales entre los gremios de planta y visitantes florales es bajo (rango de valores de conectancia = 0.08 a 0.14). Asimismo, en general las interacciones de las especies generalistas y especialistas conforman un núcleo que estabiliza las comunidades planta-visitante floral (rango de valores de anidamiento = 0.22 a 0.52), en todos los sitios. Sin embargo, en el caso de la localidad CH5, de valor bajo, las interacciones de las especies generalistas y especialistas son laxas, generando una red generalizada. Por último, los sitios CH1, CH3 y CH5 poseen los valores altos de modularidad y especialización en comparación al resto de comunidades, sugiriendo que la selectividad de las interacciones de los gremios de plantas y visitantes florales es mayor en los CH1, CH3 y CH5, generando módulos o grupos plantas y visitantes florales diferenciables en la red de interacción.

Análisis de escala espacial

Tabla 13

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural /arbustos	Cultivos	Poblados
Abundancia Total	P	0.06939	0.2992	0.115	0.1511
	rho	-0.6904762	-0.4285714	0.6190476	0.5714286
Shannon	P	0.1966	1	0.7033	0.4279
	rho	-0.5238095	0	0.1666667	0.3333333
Simpson	P	0.115	0.8401	0.3599	0.5821
	rho	-0.6190476	-0.0952381	0.3809524	0.2380952
Equidad de Pielou	P	0.1966	0.6191	0.5364	0.1966
	rho	0.5238095	0.2142857	-0.2619048	-0.5238095
Abundancia B. wilmattae	P	0.3599	0.1966	0.115	0.7033
	rho	-0.3809524	-0.5238095	0.6190476	0.1666667
Abundancia A. mellifera	P	0.7033	1	0.752	0.793
	Rho	0.1666667	0	-0.1428571	0.1190476
Abundancia Eristalis sp	P	0.06209	0.002439*	0.01954*	0.01954*
	Rho	0.68247	0.89282197	-0.7904333	-0.7904333
Abundancia Leptophobia sp	P	0.9287	0.4635	0.3524	0.8344
	Rho	-0.0380051	-0.3044078	0.3805097	-0.08878556

*P < .05

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la diversidad (Shannon y Simpson), riqueza y equidad de especies de insectos polinizadores fue no significativa (valores de $p > 0.05$). Sin embargo, al explorar la influencia de la proporción del uso del suelo en la abundancia de las especies más abundantes de la comunidad (tabla 13), la abundancia de *Eristalis sp* fue afectada significativamente por distintos usos, de forma

positiva por la proporción de vegetación seminatural y arbustiva, y de forma negativa por cultivos y poblados ($p < 0.05$).

Tabla 14

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural / Arbustos	Cultivos	Poblados
Conectancia	P	0.171	0.2431	0.3894	0.03676*
	rho	0.547619	0.4761905	-0.357143	-0.76190048
Anidamiento	P	0.9349	0.2431	0.3268	0.8401
	rho	0.04761905	-0.4761905	0.404761	-0.095281
Especialización	P	0.2992	0.5008	0.5364	0.2992
	rho	-0.4285714	-0.2857143	0.2619048	0.4285714
Modularidad	P	0.1323	0.4618	0.4279	0.1323
	rho	-0.5952381	-0.3095238	0.3333333	0.5952381

* $P < .05$

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 1,000 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones, anidamiento, especialización y modularidad fue no significativa (valores de $p > 0.05$). Sin embargo, al explorar la influencia de la proporción del uso del suelo en la conectancia, esa fue afectada de manera significativa por la proporción de poblados ($p < 0.05$) (Tabla 14).

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la diversidad (Shannon y Simpson), riqueza y equidad de especies de insectos polinizadores fue no significativa (valores de $p > 0.05$). Sin embargo, al explorar la influencia de la proporción del uso del suelo en la abundancia de las especies más abundantes de la comunidad (tabla 15), la abundancia de *Eristalis sp* fue afectada de manera significativa por la proporción de vegetación seminatural con arbustos, y de cultivos ($p < 0.05$).

Tabla 15

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural /Arbustos	Cultivos	Poblados
Abundancia Total	P	0.08309	0.3268	0.1323	0.171
	rho	-0.666667	-0.4047619	0.5952381	0.547619
Shannon	P	0.3268	0.882	0.5821	0.6191
	rho	-0.4047619	-0.0714285	0.2380952	0.2142857
Simpson	P	0.2992	0.793	0.3268	0.8401
	rho	-0.4285714	-0.1190476	0.4047619	0.0952381
Equidad de Pielou	P	0.3894	0.5821	0.5008	0.2992
	rho	0.3571429	0.2380952	-0.2875713	-0.4285714
Abundancia B. wilmattae	P	0.5821	0.171	0.09618	0.7033
	rho	-0.2380952	-0.547619	0.6428571	-0.1666667
Abundancia A. mellifera	P	1	0.8401	0.5821	0.115
	Rho	0	0.0952381	-0.2380952	-0.6190476
Abundancia Eristalis sp	P	0.0991	0.005873*	0.03051*	0.09089
	Rho	0.6227657	0.8622909	-0.7545045	-0.6347419
Abundancia Leptophobia sp	P	0.8579	0.5033	0.388	0.5237
	Rho	0.07610194	-0.2790405	0.3551424	-0.2663568

*P< .05

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones, conectancia, anidamiento, especialización y modularidad, fue no significativa (valores de $p > 0.05$) (Tabla 16).

Tabla 16

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 750 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural / Arbustos	Cultivos	Poblados
Conectancia	P	0.06939	0.1323	0.2431	0.115
	Rho	0.6990476	0.5952381	-0.476191	-0.619045
Anidamiento	P	0.882	0.2992	0.5008	0.5364
	Rho	0.07142857	-0.4285714	0.2857143	-0.2619048
Especialización	P	0.3268	0.5364	0.5821	0.2675
	Rho	-0.4047619	-0.2619048	0.2380952	0.452381
Modularidad	P	0.1511	0.3268	0.2992	0.2992
	Rho	-0.5714286	-0.4047661	0.4285714	0.4285714

Tabla 17

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la diversidad de insectos polinizadores, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural / Arbustos	Cultivos	Poblados
Abundancia Total	P	0.2431	0.9349	0.5821	0.752
	Rho	-0.47619	-0.04762	0.238095	0.142857
Shannon	P	0.793	0.793	0.5008	0.9768
	Rho	-0.11905	-0.11905	0.285714	0.02381
Simpson	P	0.7033	0.8401	0.3599	0.6191
	Rho	-0.16667	-0.09524	0.380952	-0.21429
Equidad de Pielou	P	0.882	0.9768	0.9768	0.6191
	Rho	0.071429	-0.02381	-0.02381	-0.21429
Abundancia B. wilmattae	P	0.6191	0.5821	0.4279	0.5008
	Rho	-0.21429	-0.2381	0.333333	-0.28571
Abundancia A. mellifera	P	0.9768	0.5821	0.3599	0.115
	Rho	-0.02381	0.238095	-0.38095	-0.61905
Abundancia Eristalis sp	P	0.1681	0.2039	0.3325	0.4168
	Rho	0.538932	0.503003	-0.39522	-0.33534
Abundancia Leptophobia sp	P	0.811	0.905	0.7647	0.5866
	Rho	-0.10147	-0.50735	0.126837	-0.22831

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la diversidad (Shannon y Simpson), riqueza y equidad de especies de insectos polinizadores fue no significativa (valores de $p > 0.05$). Sin embargo, al explorar la influencia de la proporción del uso del suelo en la abundancia de las especies más frecuentes de la comunidad (tabla 17), ninguna de las cuatro especies fue afectada de manera significativa por la proporción de los usos del suelo ($p > 0.05$).

Tabla 18

Relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones planta-visitante floral, en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.

Estimador de diversidad	Estimador de correlación	Bosque	Vegetación seminatural / Arbustos	Cultivos	Poblados
Conectancia	P	0.08309	0.02793*	0.08309	0.115
	Rho	0.66667	0.78557	-0.6667	-0.619
Anidamiento	P	0.752	0.5364	0.6646	0.5821
	Rho	-0.14286	-0.2619	0.190476	-0.2381
Especialización	P	0.5364	0.4618	0.5008	0.6191
	Rho	-0.2619	-0.30952	0.285714	0.214286
Modularidad	P	0.2992	0.1966	0.171	0.4279
	Rho	-0.42857	-0.52381	0.547619	0.333333

* $P < .05$

Basado en modelos de correlación de Spearman, la relación de la proporción del uso del suelo en un área circular de 500 m de diámetro y los estimadores de la estructura de las interacciones, anidamiento, especialización y modularidad fue no significativa (valores de $p > 0.05$). Sin embargo, al explorar la influencia de la proporción del uso del suelo en la conectancia, esa fue afectada de manera significativa por la proporción de vegetación seminatural y arbustiva ($p < 0.05$) (Tabla 18).

Tabla 19

Relación de la conectancia y la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m², en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

	Estimador	Erro estándar	Valor de <i>t</i>	Pr (> <i>t</i> /)	
Intercepto	1.79E-01	2.18E-02	8.195	0.00044	***
Poblados	-7.69E-03	2.51E-03	-3.061	0.02807	**
Densidad de flores	6.32E-06	1.76E-05	0.36	0.73354	

P< .005, *P< .0005

Basado en un modelo lineal generalizado con distribución gaussiana (Tabla 19), la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro tiene un efecto negativo significativo sobre la conectancia de las redes de interacción planta-visitante floral ($p = 0.02807$).

Tabla 20

*Modelo explicativo de la relación de la abundancia de *Eristalis sp* y la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m², en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala*

	Parámetro	Estimador	Error estándar	Valor de <i>z</i>	Pr (> <i>z</i> /)	
Intercepto	9.3923942	1.332254	7.05	1.79E-12	9.3923942	***
Poblados	-0.126962	0.0350899	-3.618	0.000297	-0.126962	***
Densidad de flores	-0.195383	0.1126023	-1.735	0.082712	-0.195383	

***P< .0005

Basado en un modelo lineal generalizado con distribución Poisson (Tabla 20), la proporción de poblados en un área circular de 1000 m de diámetro tiene un efecto negativo significativo sobre la conectancia de las redes de interacción planta-visitante floral ($z = -0.126962$). Sin embargo, dado la mayor variabilidad del conjunto de datos a lo esperado por el modelo, las relaciones establecidas anteriormente no son robustas (*overdispersion* = 2.69).

Basado en un modelo lineal generalizado con distribución Poisson (Tabla 21), la proporción de poblados en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m² tiene un efecto positivo sobre la abundancia de *Eristalis sp* ($z = 3.29E-08$). La variabilidad del

conjunto de datos es menor a lo esperado por el modelo, sugiriendo que las las relaciones establecidas anteriormente son robustas (*overdispersion* = 0.98).

Tabla 21

Modelo explicativo de la relación de la abundancia de *Eristalis sp* y la proporción de vegetación seminatural en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m², en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

	Estimador	Error estándar	Valor de z	Pr (> z/)	
	-	2.06E+00	-3.915	9.03E-05	***
Intercepto	8.07E+00				
Veg. Seminatural	3.66E-01	6.62E-02	5.526	3.29E-08	***
Densidad de flores	6.58E-05	4.46E-04	0.148	0.883	

***P< .0005

Tabla 22

Modelo explicativo de la relación de la abundancia de *Eristalis sp* y la proporción de cultivos en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m², en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala.

	Estimador	Error estándar	Valor de z	Pr (> z/)	
Intercepto	8.596167	1.3590724	6.325	2.53E-10	***
Cultivos	-0.135934	0.0332864	-4.084	4.43E-05	***
Densidad de flores	-0.001079	0.0004287	-2.517	0.0118	*

*P< .05, ***P< .0005

Basado en un modelo lineal generalizado con distribución Poisson (Tabla 22), la proporción de poblados en un área circular de 750 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m² tiene un efecto negativo significativo sobre la abundancia de *Eristalis sp* ($z = 4.43E-05$ y 0.0118 , respectivamente). Sin embargo, dado la mayor variabilidad del conjunto de datos a lo esperado por el modelo, las relaciones establecidas anteriormente no son robustas (*overdispersion* = 3.81).

Tabla 23

Modelo explicativo de la relación de la conectancia y la proporción de vegetación seminatural y arbustiva en un área circular de 500 m de diámetro, y la densidad de flores en 4 m², en ocho áreas agrícolas de Chimaltenango, Guatemala

	Estimador	Error estándar	Valor de t	Pr ($> t $)
Intercepto	5.05E-03	5.31E-02	0.095	0.9279
Veg. Seminatural	4.37E-03	1.83E-03	2.384	0.0628
Densidad de flores	-3.87E-06	1.93E-05	-0.2	0.8493

• $P < .5$

Basado en un modelo lineal generalizado con distribución gaussiana (Tabla 23), la proporción de vegetación seminatural y arbustos en un área circular de 500 m de diámetro tiene no tiene efecto significativo sobre la conectancia de las redes de interacción planta-visitante floral ($p = 0.06$).

16 Análisis y discusión de resultados

Estructura de las interacciones planta-visitante floral

En una comunidad biológica, existe un número total posible de interacciones entre los organismos que la conforman (interacciones planta-polinizador, planta-herbívoro, depredador-presa, etc.). La relación entre la fracción de interacciones registrada por el observador y el total posible es el valor de conectancia (Jordano et al., 2009). El rango de conectancia obtenido en los sitios de muestreo fue entre 0.08 y 0.14 (Tabla 12). Esto se debe a que las comunidades muy diversas suelen tener valores de conectancia bajos debido a lo disperso de sus matrices de interacción. Es decir, cuanto mayor es la red, la conectancia disminuye al ir aumentando las interacciones que no se dan entre especies (Beltrán & Traveset, 2017; Jordano et al., 2009).

A pesar de que la conectancia por sí sola es una medida simplista (Heleno et al., 2012), encontramos dos aspectos importantes que la influyen. En el primero, la vegetación seminatural y arbustiva la influyen de manera significativa. Esto puede asociarse a que, debido a la baja altura de los arbustos, existe una facilidad relativa al registrar las interacciones con sus visitantes florales. Sin embargo, también puede deberse a que estos se encontraban en floración durante la época del muestreo. En el segundo, la proporción de poblados, en un área circular de 1000 m de diámetro, tiene un efecto significativo ($p =$

0.02807, Tabla 19), negativo sobre la conectancia de las redes. Esto sugiere que el registro de interacciones puede verse afectado negativamente por la densidad de poblados.

En cuanto al anidamiento, los sitios de muestreo tienen un rango de valores entre 0.22 y 0.52 (ver Tabla 12). Esto sucede porque los sitios de muestreo se componen de redes con núcleos consistentes. Este patrón ocurre cuando especies generalistas interactúan entre sí además de hacerlo con las especialistas (Jordano et al., 2009). Las especies animales más importantes dentro de este núcleo (Anexos 2 y 3) son:

Apis mellifera siendo la especie más consistente (con 44 interacciones totales) ya que muestra interacciones en cada uno de los sitios de muestreo. *Bombus wilmattae* con 41 interacciones totales, ausentándose de un solo sitio de muestreo (CH7). *Eristalis* spp. con 27 interacciones totales en seis sitios de muestreo; al igual que *Bombus ephippiatus* con 21 interacciones totales. *Bombus weisi*, y *Lassioglossum* spp. muestran un total de 13 interacciones cada uno, en cinco y cuatro sitios de muestreo respectivamente. Finalmente, *Allograpta* spp. tiene un total de 11 interacciones, en cinco de los sitios de muestreo.

El paisaje y la comunidad de insectos polinizadores

Los resultados en las Tablas 13, 15 y 17 señalan que los estimadores de riqueza, diversidad y equidad de especies de insecto polinizadores no son afectados por el paisaje. Sin embargo, al tomar la abundancia de las especies dominantes en el ensamble de especies (Tabla 10), la presencia de *Eristalis* sp (Syrphidae: Diptera) es afectada negativamente por la proporción de cultivos, en un área circular de 750 m de diámetro (tabla 17 y 22). Este resultado sugiere que los paisajes dominados por un solo uso de suelo, en este caso el área de cultivos posiblemente albergue una menor cantidad de áreas seminaturales que pueden ser hábitat para *Eristalis* sp.

El estudio de Power, Jackson & Stout (2016) presenta evidencia del efecto positivo de la proporción de arbustos (vegetación seminatural) en un área circular de 4 km de diámetro en la abundancia de especies de Syrphidae, en zonas agrícolas de Europa. Los autores argumentan que la presencia de Syrphidae es explicada por el posible aumento de áreas seminaturales con capacidad de aportar recursos florales para las especies de moscas. Asimismo, se conoce que los Hymenopteros (abejas, abejorros y avispas) son los principales polinizadores de flores silvestres y cultivadas; sin embargo, los adultos de Syrphidae se alimentan exclusivamente de polen y néctar, pudiendo ser polinizadores de muchas plantas,

e.g. *Brassica napa* (Stanley, Gunning & Stout, 2013). En Guatemala se sabe poco sobre la ecología de Syrphidae en áreas agrícolas pero es posible que esta especie sea polinizadora de algunas de las plantas que visita, por lo que su conservación es importante para el mantenimiento de las comunidades de plantas silvestres de la región.

Prácticas agrícolas

A) Descripción general del grupo

De las respuestas captadas por la encuesta digital se presentan 12 municipios, de los cuales resaltan tres: Chimaltenango (cabecera), Patzicía y Patzún, con registros de entre 7 y 8 respuestas, en comparación con el resto /1 o 2 respuestas). En cuanto al nivel de escolaridad registrado, el 45.9 % de los agricultores encuestados reportan tener un nivel de estudios universitario seguido del nivel diversificado, con un 27.0 % y nivel técnico, con un 10.8 % del total de respuestas. Estos valores sugieren que hubo un mejor entendimiento de las preguntas realizadas en la encuesta en los participantes al contar con escolaridad. Sin embargo, estos resultados indica que es posible que el grupo encuestado no esté representando adecuadamente a los agricultores de la zona, por lo que es necesario un acercamiento en campo para obtener un muestreo más representativo.

En cuanto a la cantidad de área cultivada por cada agricultor, el 40.5 % de las respuestas se encuentran en el rango de 1-3 cuerdas (0.1 - 0.3 ha). Esto indica que la mayoría son pequeños productores, lo que apunta hacia la predominancia de la agricultura de subsistencia. Por otra parte, el uso intensivo de áreas relativamente pequeñas durante el año podría ser un factor importante dentro de las dinámicas ecológicas de las parcelas de cultivo.

B) Rotación de cultivos

Las prácticas de la agricultura intensivas o tradicionales se caracterizan por buscar maximizar producción, por lo que no se practica la rotación de cultivos. En este tipo de agricultura se utilizan grandes cantidades de insecticidas, fertilizante, herbicidas y otros insumos químicos, las cuales pueden tener efectos a distintas escalas sobre los patrones de diversidad de las especies, y pueden alterar la estructura y estabilidad de las comunidades biológicas (Tschardtke, Klein, Kruess, Steffan-Dewater & Carsten, 2005). En Tabla 7 se encuentran los distintos insectos que son percibidos como nocivos por los encuestados de los municipios de Chimaltenango, Patzún y Patzicía. Las prácticas de monocultivo en pequeñas extensiones, como las que se practican en el área de estudio (entre 3 a 9 cuerdas), podría estar incentivando la aparición de estos insectos. Asimismo, la encuesta muestra que el 65% de los agricultores para estos tres municipios no dejan descansar el suelo entre siembras.

La rotación de cultivos es una de las prácticas más recurrentes en la agricultura tradicional. Esto se refleja en que el 62.2 % de agricultores que participaron en la encuesta realizan esta práctica, lo que les permite aprovechar los remanentes de fertilizantes químicos de las parcelas con cultivos altamente demandantes de dichos insumos (e. g. arveja, ejote, papa, repollo), a la vez que establecen cultivos no intensivos (e. g. maíz, fríjol, haba). Esta práctica es denominada “descanso” o “recuperación de la tierra”. El 56.8% de los encuestados afirmó que para el ciclo de cultivo 2020 realizó rotación en su parcela, indicando que el cultivo actual no fue el mismo que el anterior.

A pesar de la rotación, no es común que las parcelas queden sin uso agrícola por un año completo (año agrícola), lo que se refleja en que el 56.8% de respuestas indican que no dejarán “descansar” sus parcelas durante el presente ciclo.

C) Asocio de cultivos y cobertura de cultivo

El monocultivo es el principal esquema de siembra dentro de los participantes. El 64.9 % de las personas encuestadas indicaron que para el siguiente ciclo de cultivo sembrarán una sola especie vegetal por parcela. El 54.1 % de los participantes indicaron que la semilla a utilizar en el próximo ciclo de cultivo no es de origen nativo o criollo. Esto se debe a que la mayoría de los productores de la zona de estudio cultivan principalmente híbridos tecnificados de hortalizas (e. g. apio, lechuga, calabacín, coles, zanahoria, remolacha, cebolla y tomate), que responden a los requerimientos de calidad del mercado. Esto coincide con que el 54.1 % necesitará la infraestructura requerida para dicho nivel de tecnificación (e. g. riego, estructuras de agricultura protegida, cobertura). Sin embargo, estos cultivos son altamente dependientes de insumos externos (e. g. fungicidas, insecticidas, acaricidas, herbicidas), los cuales en su mayoría no son selectivos y afectan a las comunidades de insectos benéficos y las especies vegetales que sirven de alimento para los mismos. Por otro lado, los encuestados que reportan que utilizan semillas criollas, y el 45.9 % indica que dichas semillas son producto de selección propia dentro de los ciclos de cultivo anteriores (principalmente de maíz, fríjol, güicoy y haba).

En cuanto al asocio de cultivos, el 48.6 % de los encuestados refirió que si practicará asocio de cultivos en sus parcelas, principalmente entre dos especies. Las especies más probablemente utilizadas son maíz y fríjol, ambos componentes del denominado “sistema milpa” del cual la mayoría de las familias del altiplano central hacen uso.

Aunque el proceso de transición de un cultivo a otro es principalmente a través de la técnica de roza y quema, generalmente se aprovechan los rastrojos o restos de cultivos anteriores como fuente de materia orgánica (Mejía, comunicación personal, 16 de noviembre de 2020).

Esto principalmente ocurre en parcelas provenientes de cultivos en asocio, lo cual se refleja en el 54.1 % de respuestas indicando que realizan esta práctica.

D) Control de plagas y aplicación de plaguicidas

El 78.4 % de los encuestados emplea programas de manejo integrado de plagas en sus cultivos, que incluye prácticas culturales, mecánicas, físicas, biológicas y químicas. Para el 38.9 % de los participantes es importante incluir en sus parcelas plantas trampa y repelentes que ayuden al manejo de los insectos fitófagos. El 22.2 % utiliza barreras físicas como mallas e invernaderos los cuales son requeridos para la producción de tomates, pepinos y chiles principalmente. El 25.0 % indicó que dentro de su práctica en el manejo de plagas está la inclusión de repelentes de insectos de elaboración casera. Sin embargo, el 73% indicó que usa plaguicidas de origen químico específicos para ciertas plagas y un 67.6 % el uso de plaguicidas de síntesis química de amplio espectro. A pesar que, debido al nivel de escolaridad alto (universitario) de un porcentaje importante de los encuestados se esperaría un manejo cuidadoso y racional de los agroquímicos, el 73% de los encuestados indicó que utilizará insecticidas ante la aparición de daños en los cultivos, y el 64.9 % usará insecticidas sólo con alertar la presencia de insectos en su parcela.

El 56.8 % de los encuestados indica que durante todo el ciclo de cultivo (siembra a cosecha) realizan al menos 3 aplicaciones de plaguicidas. Entendiendo que es una zona de producción intensiva y que los cultivos (monocultivos) son altamente demandantes de agroquímicos, el número de aplicaciones puede ser mucho mayor dependiendo de los cultivos, su ciclo y las condiciones, para que, tanto enfermedades como plagas aumenten en la parcela.

Otro aspecto importante al momento de la aplicación de plaguicidas es la época dentro del ciclo fenológico del cultivo, ya que durante la floración del cultivo es donde ocurre la interacción con polinizadores silvestres. El 51.4% de los encuestados indicó que aplica plaguicidas en las flores. Además, la hora de aplicación de plaguicidas es realizada en su mayoría (51.4%) entre las 7:00 y 9:00 horas o entre las 15:00 y 17:00 horas (35.1%), reflejando nuevamente que el nivel educativo a través del conocimiento aporta en aspectos técnicos para un manejo recomendado de los plaguicidas, debiendo ser aplicados en las horas más frescas en la mañana o tarde.

Las respuestas de los agricultores encuestados de los municipios de Chimaltenango, Patzún y Patzicía respecto al uso del Manejo Integrado de Plagas, muestran que el 85% de los sí lo realizan. Sin embargo, esto contradice las respuestas que indican un problema serio de plagas, indicando que el manejo no está siendo efectivo como método de control.

Adicionalmente, los encuestados mencionaron que utilizan rastrojo, pero no lo llevan a su proceso de descomposición. Según Betancurt Yanez, González Ríos, Figueroa Sandoval & González Cassio (1999), los suelos están más expuestos a los agentes erosivos cuando los campos están sin vegetación, y los más afectados son los que presentan deficiencia en materia orgánica, por lo que se debe recurrir a una cobertura permanente del suelo que propicie la incorporación de materia orgánica. Por eso es importante que el agricultor pueda agregar de material vegetal que le sobra de su cosecha, previamente compostado, al suelo, el cual ayudará con diferentes nutrientes y microorganismos que la planta necesita.

E) Disponibilidad de recursos para los polinizadores

El 62.2 % de las respuestas indican que en ocasiones se dejan crecer vegetación silvestre, lo que supone el desarrollo de especies anuales alrededor de las parcelas, principalmente en cultivos tradicionales (no intensivos). Dentro de las parcelas intensivas es común que los agricultores no dejen crecer la vegetación, aspectos como competencia por agua y nutrientes, sombra y función como plantas hospedadoras, incluso a nivel estético (visual) entran en consideración para el manejo de arvenses. Dentro de estos parches de flores silvestres, el 48.6 % los encuestados indican que se observan entre una y tres especies de flores conformando estos espacios, un 29.7 % indican que es entre tres y seis especies, mientras que la minoría (5.4 %) indica que en estos espacios de vegetación silvestre puede haber entre 13 o más especies de plantas con flor.

A pesar de que el 86.5 % de los encuestados aseguró no tener ningún tipo de crianza de abejas (mieleras, criollas, doncellas, etc.), el 100% de los encuestados no identifica a las abejas y abejorros como plagas agrícolas, lo que indica que los agricultores no los perciben como insectos que constituyen amenazas para los cultivos.

17 Conclusiones

- La zona de estudio se caracteriza por la predominancia de áreas de cultivos, con relativamente pocas áreas de vegetación herbácea y arbustiva seminatural.
- La producción agrícola de la zona de estudio se desarrolla bajo una dinámica intensiva, intercalando ciclos de cultivo intensivo con ciclos de cultivo no intensivo (rotación de cultivos, descanso de la tierra). El monocultivo (una sola especie por parcela), es la práctica más generalizada en el área de estudio.

- Las comunidades de visitantes florales en la zona de estudio se componen mayormente por abejas (Hymenoptera: Apoidea), y dípteros (Diptera). La riqueza de especies de insectos visitantes florales varió entre 23 y 11 en los distintos puntos de muestreo. Asimismo, los valores de diversidad (Shannon H') variaron entre sitios, aunque el número de especies compartidas entre los sitios de muestreo es mayor a el recambio de especies entre los grupos.
- La abundancia de *Eristalis sp* (Syrphidae: Diptera) es afectada negativamente por la proporción de cultivos, en un área circular de 750 m de diámetro (tabla 17 y 22). Este resultado sugiere que los paisajes dominados por un solo uso de suelo, en este caso el área de cultivos, posiblemente representen un hábitat poco estable para la especie, debido a la floración temporal y efímera de los cultivos.
- Los paisajes dominados por vegetación seminatural en un área circular de 750 m de radio a partir del punto de muestreo favorecen el registro de interacciones entre los niveles tróficos de la red planta-visitante floral. Aunque este resultado puede deberse a que esta parte de la comunidad vegetal estaba en floración durante la recolección de datos de diversidad de insectos y plantas, también puede deberse a que los paisajes dominados por vegetación seminatural albergan hábitats para las especies de insectos en la zona agrícola evaluada.

18 Impacto esperado

A pesar de su importancia, los insectos polinizadores, así como sus interacciones, han sido poco estudiadas en zonas agrícolas de Guatemala. Las interacciones entre las plantas y los insectos pueden brindar información de gran utilidad sobre factores que beneficien los sistemas productivos agrícolas. Se espera que los resultados obtenidos en este estudio contribuyan al conocimiento de las dinámicas que permiten el mantenimiento de la diversidad biológica en zonas agrícolas.

Se espera también que la información obtenida sirva como incentivo para promover prácticas dirigidas a optimizar la producción agrícola, de manera compatible con la conservación de la diversidad biológica. Asimismo, se espera aportar a la discusión, a nivel comunitario, técnico y de toma de decisión, sobre el efecto del uso de la tierra en el desempeño de la agricultura, y de cómo mejorar el aprovechamiento de las áreas semi naturales como recurso, ayudando así a disminuir el impacto de la producción agrícola intensiva.

Por otra parte, se espera que el conocimiento obtenido pueda servir como base para futuros estudios, así como aplicarse a otros sistemas agrícolas. Además, se espera que los resultados de este proyecto tengan impacto en la comunidad científica al generar insumos para publicaciones a nivel nacional e internacional, así como en otros sectores de la sociedad.

Se espera que la información recabada en este estudio sea de utilidad para propuestas de manejo donde se incluya el uso de paisajes seminaturales en las áreas agrícolas, con el fin de mantener el servicio ambiental provisto por los polinizadores nativos a los agroecosistemas.

19 Referencias

- Aizen, M., Sabatino, M., & Tylianakis, J. M. (2012). Specialization and rarity predict nonrandom loss of interactions from mutualist networks. *Science*, 335 (6075), 1486–1489. doi:10.1126/science.1215320
- Altieri, M. (2004). Linking ecologist and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. *Frontiers in Ecology and the Environment*, (1), 35 – 42. doi: 10.2307/3868293
- Alves, P., Boscolo, D., & Viana, B. (2013). What do we know about the effect of landscape change on plant pollinator interaction network?. *Ecological Indicators*, 31, (35 – 40). doi: 10.1016/j.ecolind.2012.07.025
- Asner, G., Elmore, A., Olander, L., Martin, R., & Harris, T. (2004). Grazing system, ecosystem responses, and global change. *Annual Review of Environment and Resources*, 29, 261 – 299. doi: 10.1146/annurev.energy.29.062403.102142
- Beduschi, T., Kormann, U., Tschardt, T., & Scherber, C. (2018). Spatial turnover of pollinators is relaxed by semi natural habitats, but not by mass flowering crops in agricultural landscapes. *Biological Conservation*. 221. doi: 10.1016/j.biocon.2018.01.016
- Beltrán, R., & Traveset, A. (2017). Redes de interacción entre flores e himenópteros en dos comunidades costeras. Efectos de la pérdida de hábitat. *Ecosistemas*, 27(2), 102–114. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1409>
- Bhagwat, S., Willis, K., Birks, J., & Whittaker, R. (2008). Agroforestry: A refuge for tropical forest?. *Trends in Ecology and Evolution*, 23 (5), 261 – 267.
- Cely-Santos, M., & Philpott, S. (2019). Local and landscape habitat influences on bee diversity in agricultural landscapes in Anolaima, Colombia. *Journal of Insect Conservation*. 23 (1), 133 – 146. doi: 10.1007/s10841-018-00122-w

- Clough, Y., Ekroos, J., Báldi, A., Batáry, P., Bommarco, R., Gross, N., ... Smith, H. (2014). Density of insect pollinated grassland plant decreased with increasing surrounding land use intensity. *Ecology Letters*, 17 (9), 1168 – 1177. doi: 10.1111/ele.12325
- Cusser, S., Grando, C., Zucchi M., López-Uribe, M., Pope, N., Ballare, K., ... Jha, S. (2019). Small but critical: semi-natural habitat fragments promote bee abundance in cotton agroecosystem across both Brazil and the United States. *Landscape Ecology*, 34 (7), 1825 – 1836. doi: 10.1007/s10980-019-00868-x
- Dirzo, R., Young, H., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345 (6195), 401 – 406. doi: 10.1126/science.1251817
- Duelli, P. (1997). Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: An approach at two different scales. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 62 (2 – 3) , 81 – 91. doi: 10.1016/S0167-8809(96)01143-7
- Dupont, Y., Padron, B., Olensen, J., & Petanidou, T. (2009). Spatio Temporal variation in the structure of pollination networks. *Oikos*, 118 (8), 1261-1269. doi: 10.1111/j.1600-0706.2009.17594.x
- Escobedo, N., Dardón, M., López, J., Martínez, O., & Cardona, E. (2014). Efecto de la configuración del paisaje en las comunidades de abejas (Apoidea) de un mosaico de pino-encino y áreas agrícolas de Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 1 (1), 13 – 20.
- Fahrig, L., & Nettle, W (2005). Population ecology in spatially heterogeneous environments. En: G, Lovett., C., Jones., Turner, M., & K, Weathers, K (Eds.), *Ecosystem Function in heterogeneous Landscapes* (pp. 95 – 118). New York: Springer-Verlag,
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Buret, F., Crist, T., Fuller, R., ... Martín, J. (2011). Functional landscapes heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters*, 14 (2), 101 – 112. doi:10.1111/j.1461-0248.2010.01559.x
- Foley, J., DeFries, R., Asner, G., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S., ... Synder, P. (2005). Global Consequences of Land Use. *Science*, 309 (5734), 570 – 574. doi: 10.1126/science.1111772
- Freitas, E., Alves, P., Elisonor, L., Gomes, R., & Boscolo, D. (2018). Ecological networks in changing tropics. En: W, Dáttilo., & Rico-Gray, V (Eds). *Ecological networks in the tropics: A integrative overview of some species interactions from some of the most species-rich habitats on earth* (pp. 155 - 170). Cham: Springer.
- Freitas, M., Boscolo, D., & Viana, B. (2015). Spatial heterogeneity regulates plant-pollinator networks across multiple landscapes scales. *PLoS ONE*, 10 (4). doi: 10.1371/journal.pone.0123628
- Gaston, K. (2010). Global patterns of biodiversity. *Nature*, 405, 220 – 227.

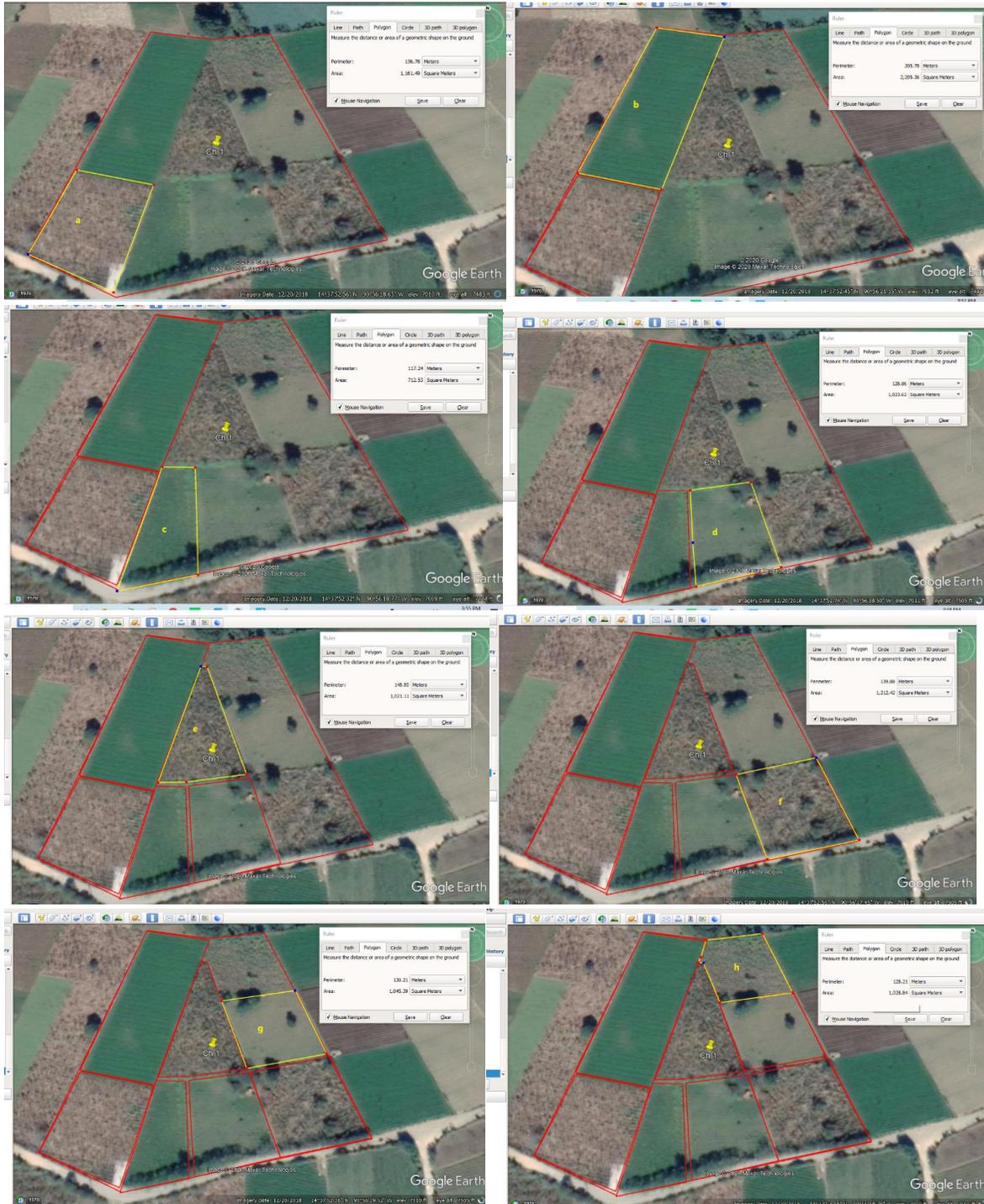
- Guardiola, J., & Bernal, J. (2009). Factores influyentes en la adopción de cultivos no tradicionales: El caso de Guatemala. *Agroalimentaria*, 15 (29), 27 – 37.
- Hagen, M., & Kraemer, M. (2010). Agricultural surrounding support flower-visitor networks in a Afrotropical rain forest. *Biological Conservation*, 147 (7), 1654 – 1663. doi: 10.1016/j.biocon.2010.03.036
- Hass, A., Kormann, U., Tschardtke, T., Clough, Y., Boser, A., Sirami, C., ... Bártary, P. (2018a). Landscape configurational heterogeneity by small scale agricultural, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 285 (1872), 1 – 9. doi: doi.org/10.1098/rspb.2017.2242
- Hass, A., Brachmann, L., Bártary, P., Clough, Y., Behling, & Tschardtke, T. (2018b). Maize-dominated landscapes reduce bumblebee colony growth through pollen diversity loss. *Journal of Applied Ecology*, 56 (2). doi: https://doi.org/10.1111/1365-2664.13296
- Heleno, R., Devoto, M., & Pocock, M. (2012). Connectance of species interaction networks and conservation value: Is it any good to be well connected? *Ecological Indicators*, 14, 7–10. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.06.032
- Jha, S., & Vandermeer, J. (2010). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 146 (6): 1423 – 1431. doi:10.1016/j.biocon.2010.03.017
- Jordano, P., Vásquez, D., & Bascompte, J. (2009). Redes complejas de interacciones mutualistas planta-animal. In R. Medel, M. Aizen, & R. Zamora (Eds.), *Ecología y evolución de interacciones planta-animal* (pp. 17-41). Editorial Universitaria.
- Kremer, C., Iles, A., & Bacon, C. (2012). Diversified farming system: An agroecological, system-based alternative to modern industrial agriculture. *Ecology and Society*, 17 (4), 44. doi: 10.5751/ES-05103-170444.
- Landaverde-González, P., Quesada-Euán, J., Theodorou, P., Murray, T., Husemann, M., Ayala, R., ... Paxton, R. (2017). Sweat bees on hot chillies: provision of pollination services by native bees in traditional slash-and-burn agricultural in Yucatán Peninsula of Tropical Mexico. *Journal of Applied Ecology*, 54 (6), 1814 – 1824. doi: 10.1111/1365-2664.12860.
- Laurence, W., Sayer, J., & Cassman, K. (2014). Agricultural expansion and its impact on tropical nature. *Trends in Ecology & Evolution*, 29 (7), 107 – 116. doi: 10.1016/j.tree.2013.12.001
- Lázaro, A., & Alomar, D. (2019). Landscape heterogeneity increases the spatial stability of pollination services to almond trees through the stability of pollination visits. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 279. doi: 10.1016/j.agee.2019.02.009

- Le Féon, V., Schermann-Legionnet, A., Delettre, Y., Aviron, S., Billeter, R., Burger, R., ... Burel, F. (2010). Intensification of agriculture, landscape composition, and wild bee communities: A large scale study in four European countries. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 137 (1 – 2), 143 – 150. doi: /doi.org/10.1016/j.agee.2010.01.015
- Meyfroidt, P., Rudel, T., & Lambin, E. (2010). Forest, trade, and global displacement of land use. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, 107 (49), 20917 – 20922. doi: 10.1073/pnas.1014773107
- Potts, S., Biesmeijer, J., Kremer, C., Kremer, C., Neuman, P., Schweiger, O., & Kunin, W. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25 (6), 345 – 353. doi: 10.1016/j.tree.2010.01.0071
- Potts, S., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H., Biesmeijer, T., Breeze, L., Dicks, L., ... Viana, B. (Eds). (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production
- Potts, S., Woodcock, B., Roberts, S., Tscheulin, T., Pilgrim, E., Brown, V., ... Tallwin, J. (2009). Enhancing pollinator biodiversity in intensive grassland. *Journal of Applied Ecology*, 46 (2), 369 – 379. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01609.x
- Power, E. F., Jackson, Z., & Stout, J. (2016). Organic farming and landscape affect abundance and richness of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in grasslands. *Insect Conservation and Diversity*, 9(3), 244-243. doi: 10.1111/icad.12163
- Ramos-Jilberto, R., Valdovinos, F., Moisset, P., & Flores, J. (2012). Topological plasticity increases robustness of mutualistic networks. *Journal of Applied Ecology*, 81 (4), 896 - 904. doi: 10.1111/j.1365-2656.2012.01960.x
- Sánchez-Bayo, F., & Wyckhuys, K. (2019). Global worldwide decline of entomofauna: A reviews of its drivers. *Biological Conservation*, 232 (1), 8 - 27. doi: doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.020
- Soares, R., Ferreira, P., & Lopes, L. (2017). Can plant-pollinator network metric indicate environmental quality? *Ecological Indicators*, 78. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.03.037
- Stanley, D. A. , Gunning, D. , & Stout, J. C. (2013). Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: Ecological and economic incentives for pollinator conservation. *Journal of Insect Conservation*, 17, 1181–1189. doi: 10.1007/s10841-013-9599-z
- Taylor, D., Mohamed, Z., Shamsudin, M., Mohayidin, M., & Chiew, E. (1993). Creating a farmer sustainability index: A Malaysian case study. *American Journal of Alternative Agriculture*, 8 (4), 175 - 184. doi: 10.1017/S0889189300005403.

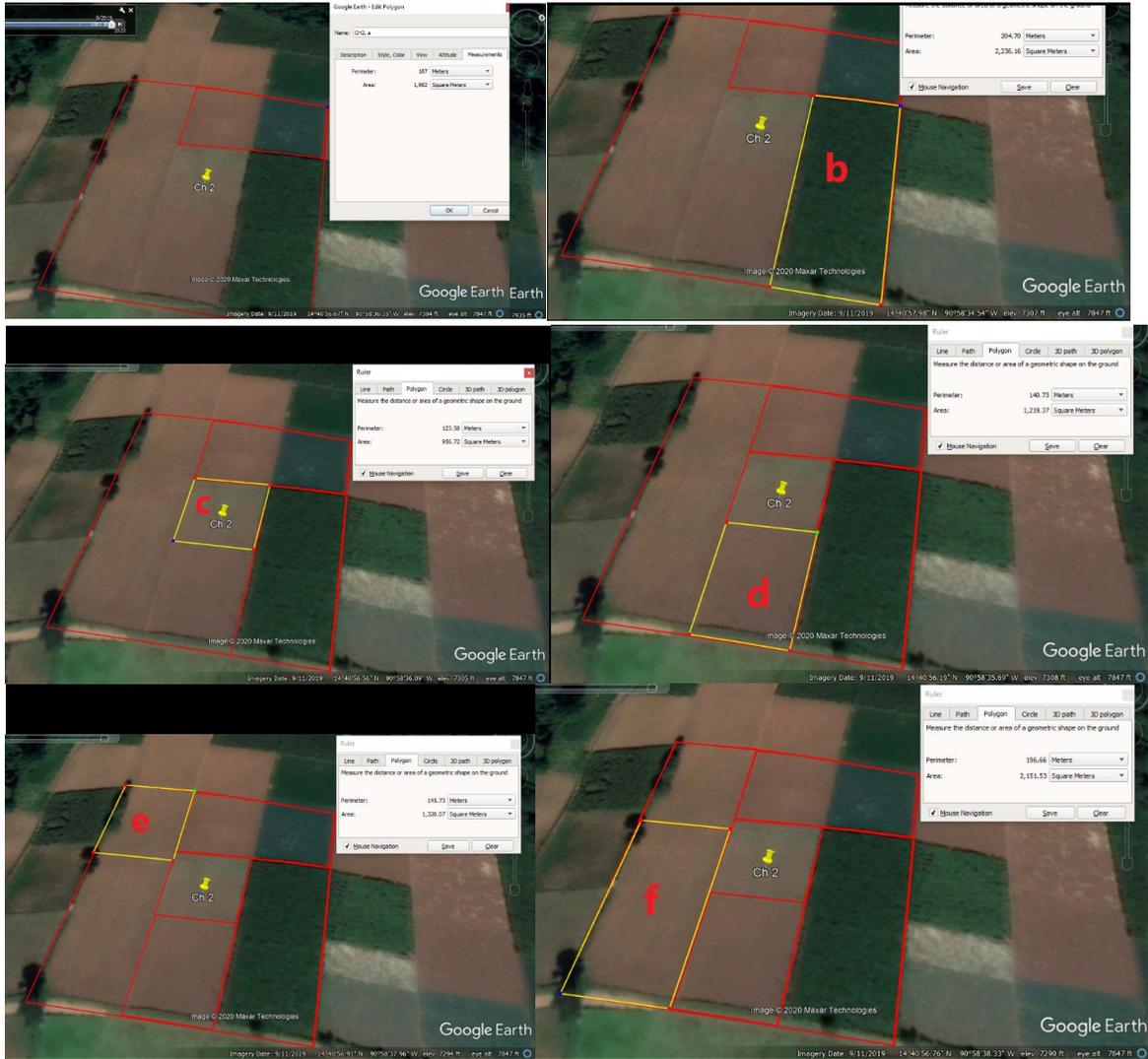
- Tscharntke, T., Klein, A., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., & Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem services management. *Ecology Letters*, 8 (8), 857 – 874. doi: 10.1111/j.1461-0248.2005.00782.x.
- Tscharntke, T., Seketrcioglu, C., Dietsch, T., Sodhi, N., Hoehn, P., & Tylianakis, J. (2008). Landscapes constraints on functional diversity of birds and insects in tropical agrosystem. *Ecology*, 89 (4), 944 – 951. doi: 10.1890/07-0455.1
- Vides-Borell, E., Porter-Bolland, L., Ferguson., Gasselin, P., Vaca, R., Valle-Mora, J., ... Vadame, R. (2019). Polyculture, pastures and monocultures: Effects of land use intensive on wild bee diversity in tropical landscapes of southeastern Mexico. *Biological Conservation*, 236 (1), 269 – 280. doi: 10.1016/j.biocon.2019.04.025
- Vizentin-Bugoni, J., Kiyoshi, P., Silveira, C., Ollerton, J., Rech, A., & Sazima, M. (2018). Plant pollinator networks in the tropics: A review. En: W, Dáttilo., & Rico-Gray, V (Eds). *Ecological networks in the tropics: A integrative overview of some species interactions from some of the most species-rich habitats on earth* (pp. 73 - 92). Cham: Springer
- Willmer, P. (2011). *Pollination and Floral Ecology*. Princeton: Princeton University Press.

20 Apéndices

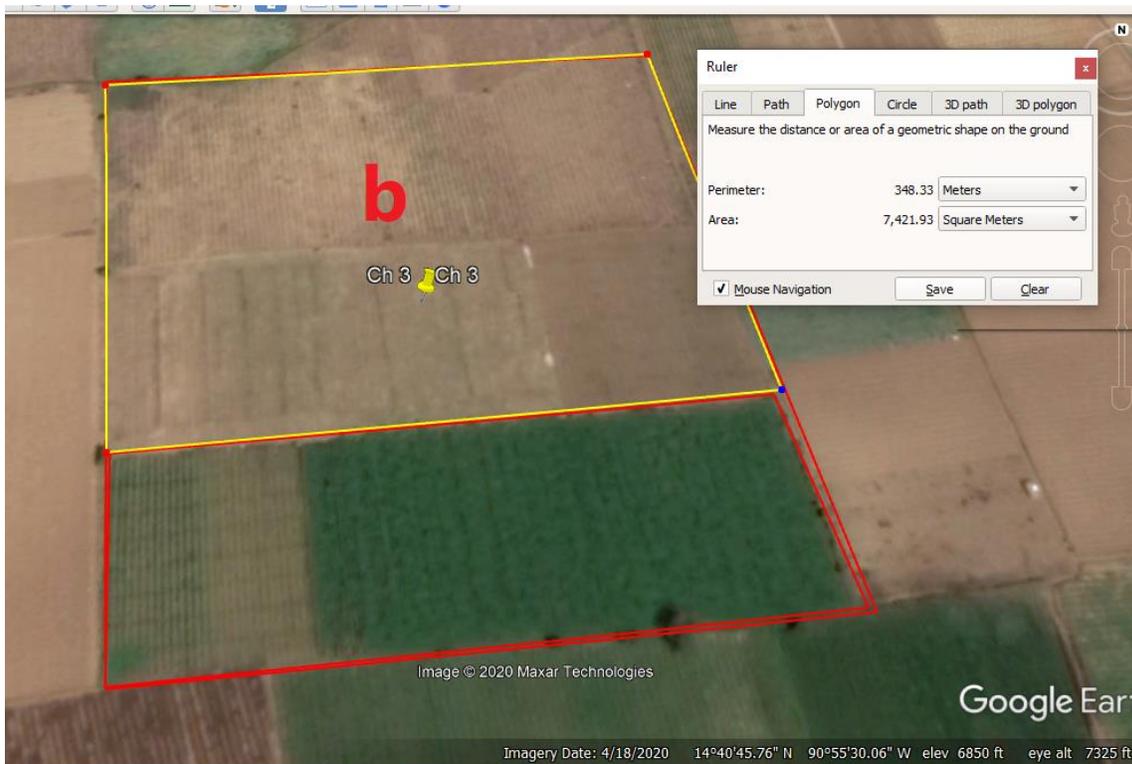
Anexo 1. Medición de parcelas y usos utilizando fotografía satelital.



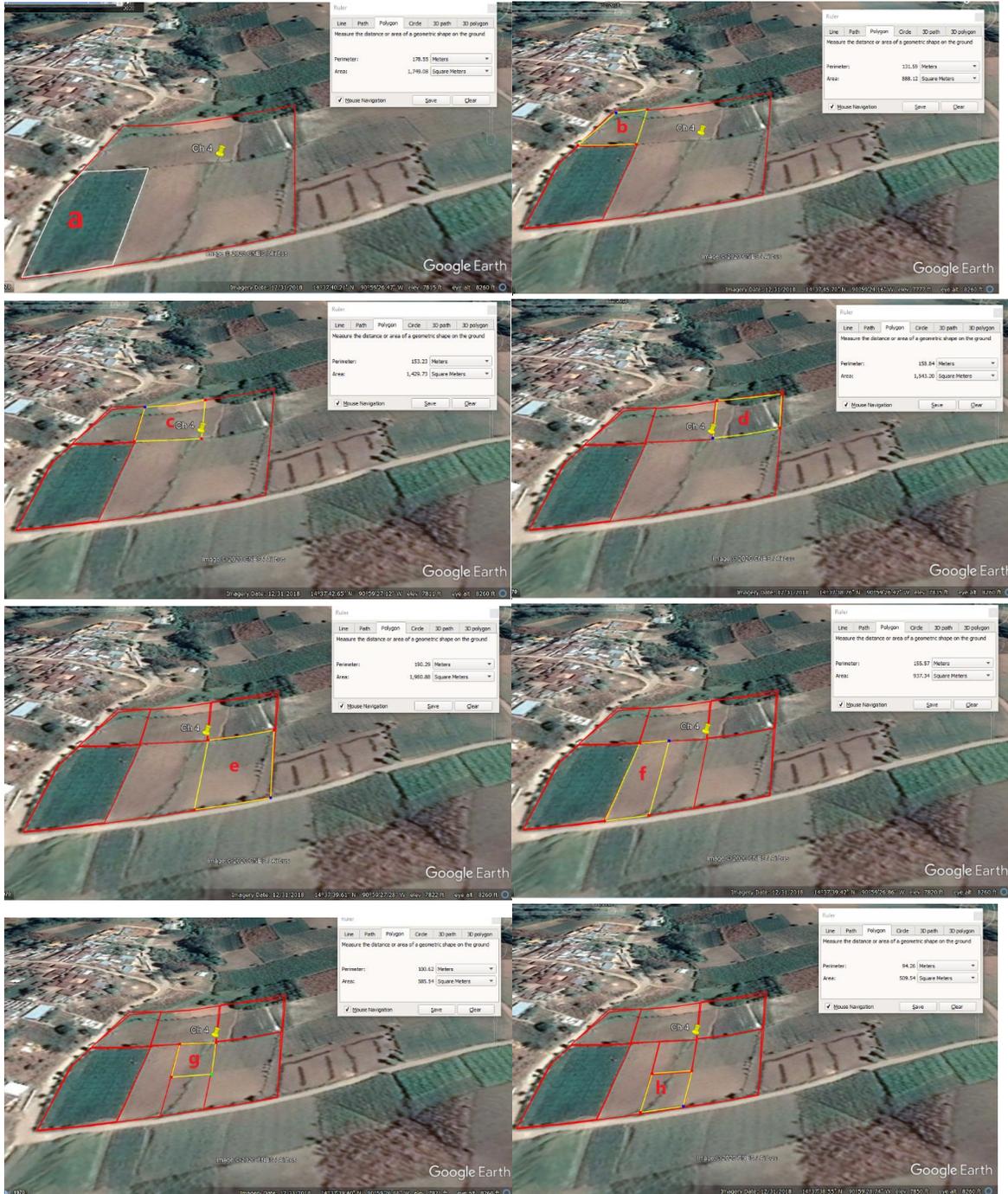
Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH1.



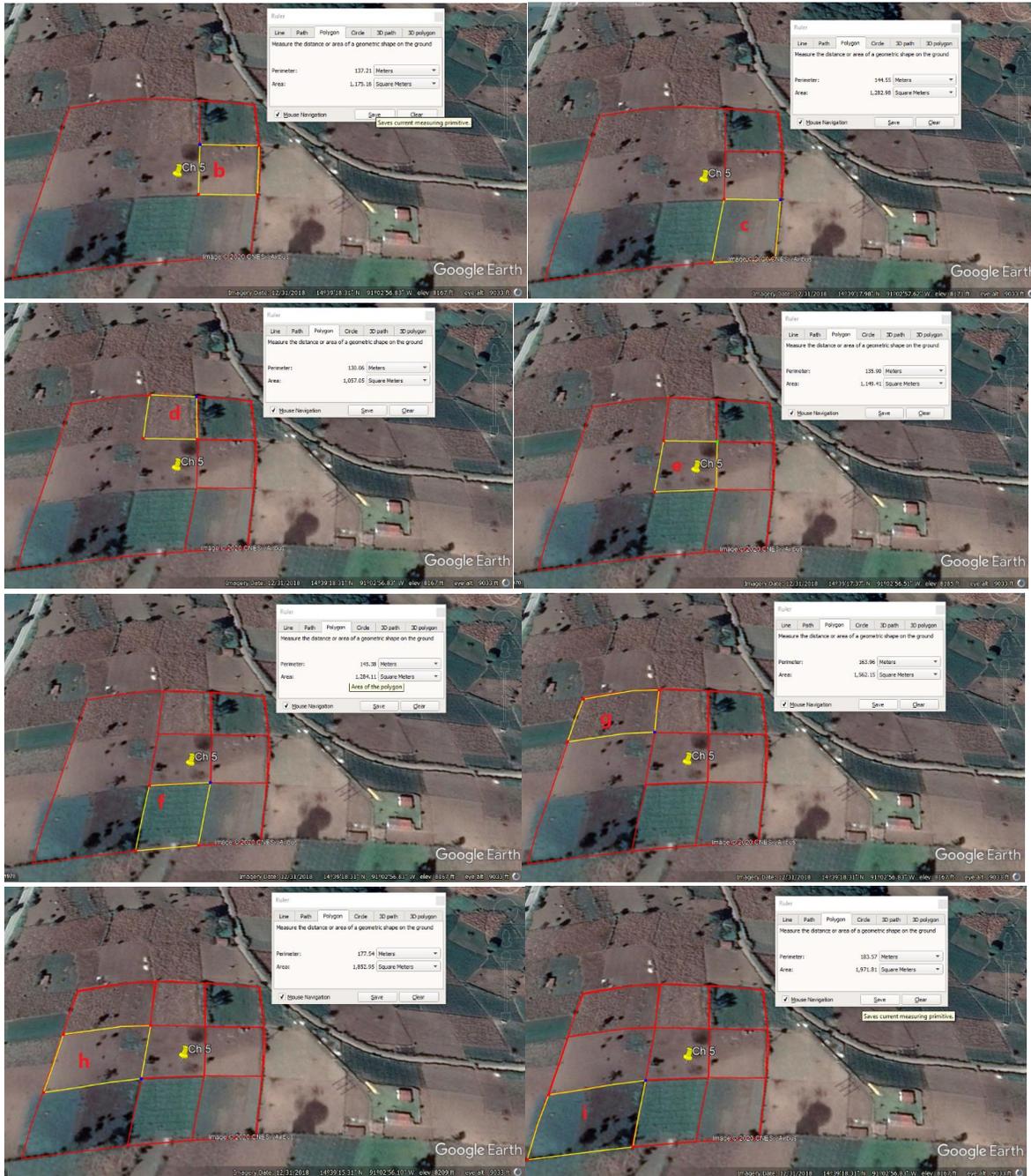
Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH2.



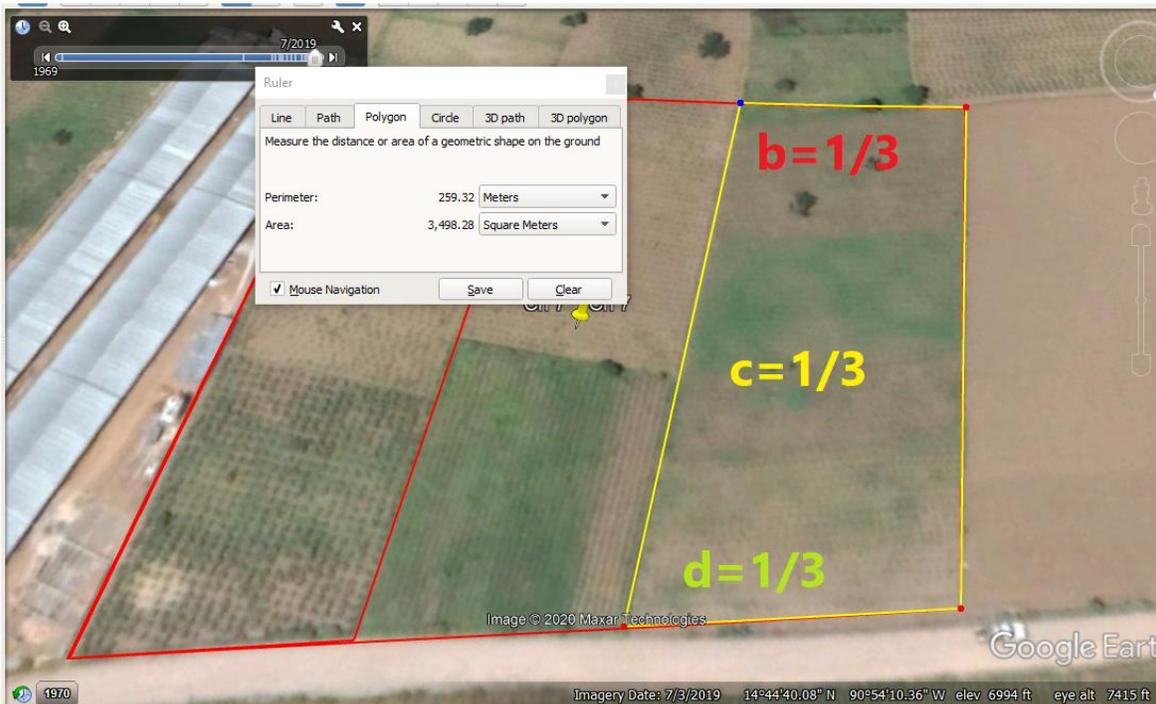
Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH3.



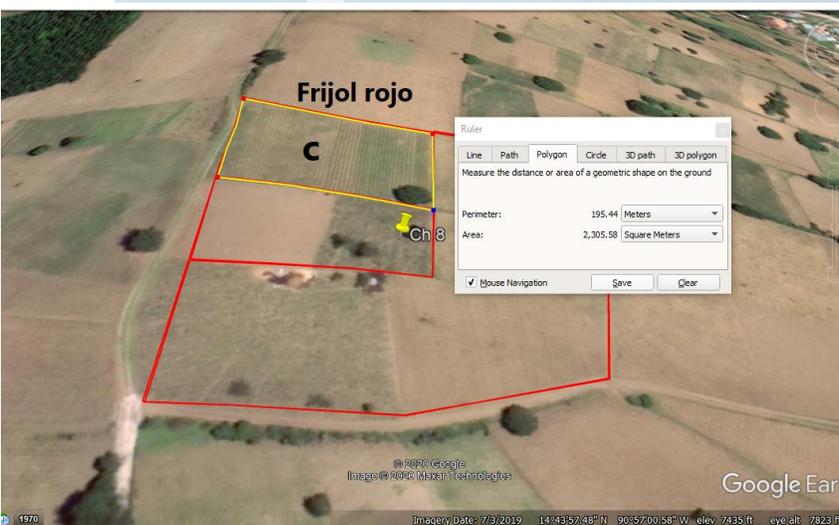
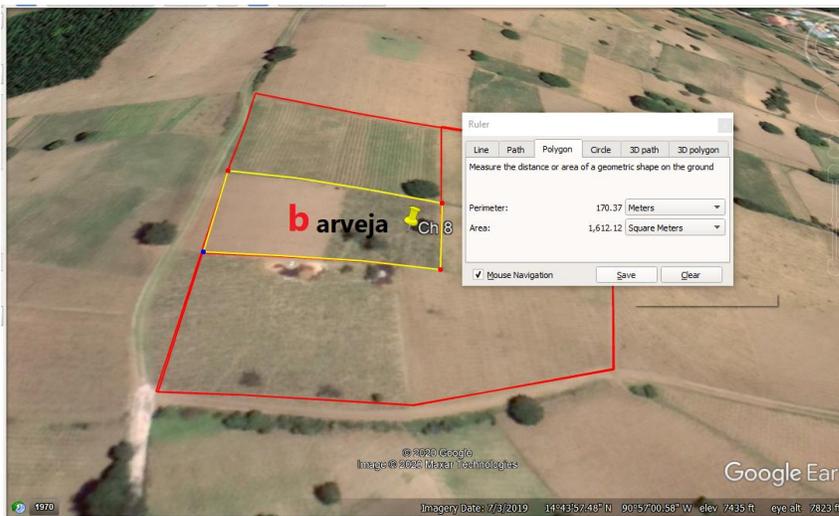
Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH4.



Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH5.



Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH7.



Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH8.

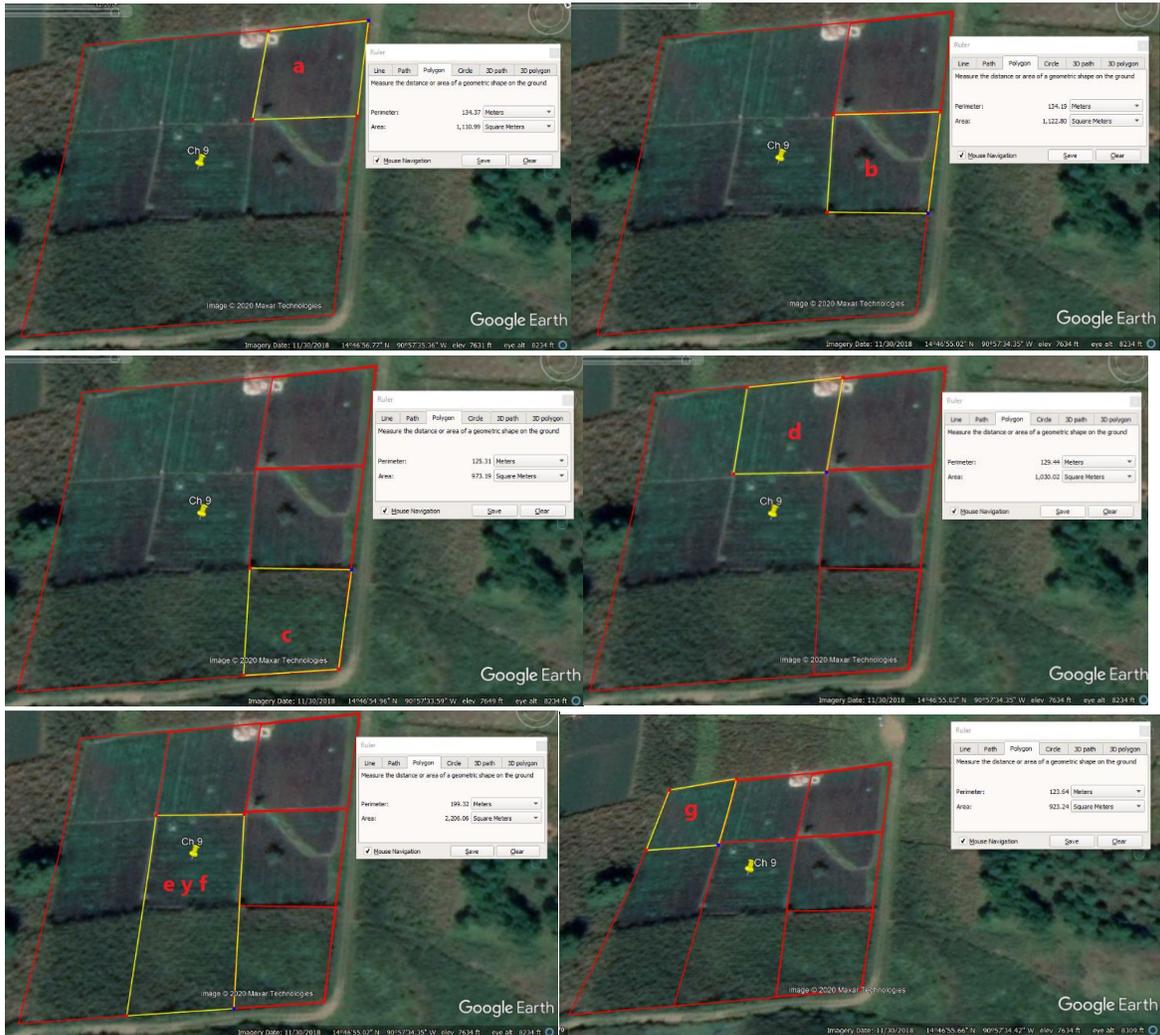


Figura X. Medición satelital de tipo de uso de suelo para las parcelas dentro del sitio de estudio CH9.

Anexo 2. Cantidad de interacciones por especie de visitante floral en los sitios de muestreo

	Interacciones								Total
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH7	CH8	CH9	
<i>Apis mellifera</i>	4	5	4	8	5	6	6	6	44
<i>Bombus wilmattae</i>	2	7	6	5	4	0	6	11	41
<i>Eristalis spp.</i>	0	2	0	7	6	4	5	3	27
<i>Bombus ephippiatus</i>	3	3	0	7	6	1	0	1	21
<i>Bombus weisi</i>	2	3	0	2	2	4	0	0	13
<i>Lassioglossum spp.</i>	4	0	0	3	3	0	3	0	13
<i>Allograpta spp.</i>	0	2	1	1	3	0	0	4	11
<i>Andrena spp.</i>	3	3	2	0	0	0	1	0	9
<i>Leptophobia spp.</i>	0	0	0	0	0	5	1	3	9
<i>Pachyta spp.</i>	2	1	0	2	2	0	0	0	7
<i>Neocorymura spp.</i>	0	0	0	0	1	0	2	3	6
<i>Partamona bilineata</i>	1	4	0	0	0	0	1	0	6
<i>Agapostemon spp.</i>	0	0	2	0	0	0	3	0	5
<i>Peponapis spp.</i>	2	2	1	0	0	0	0	0	5
<i>Thygather spp.</i>	0	3	2	0	0	0	0	0	5
<i>Gaesischia spp.</i>	1	0	3	0	0	0	0	0	4
<i>Melissodes spp.</i>	1	1	2	0	0	0	0	0	4
<i>Perdita spp.</i>	0	1	3	0	0	0	0	0	4
<i>Xenox spp.</i>	0	0	2	0	0	0	1	1	4
<i>Campsomeris spp.</i>	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Epipona spp.</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	3
<i>Megachile spp.</i>	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Polybia spp.</i>	0	1	0	0	0	0	1	1	3
<i>Trichopsomyia spp.</i>	0	0	0	0	0	2	0	1	3
<i>Xenoglossa spp.</i>	1	0	2	0	0	0	0	0	3
<i>Anthophora spp.</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	2
<i>Augochlorella spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2
<i>Chrysina spp.</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	2
<i>Centris spp.</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	2
<i>Fannia spp.</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Mada spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	2
<i>Mexalictus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Pseudopanurgus spp.</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ancyloscelys spp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Agenioideus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Angeioneura spp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Bombus mexicanus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Chetogena spp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Calliphora spp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1

<i>Ceratina spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Colletes spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Copestylum spp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Dielis spp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	1
<i>Exomalopsis spp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hylaeus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Morfo1</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Morfo 2</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
<i>Morfo3</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Morfo4</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Notocyphus spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Paramasaris spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Priochilus spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Proscolia spp.</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Xanthandrus spp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Xylocopa tabaniformis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Zaphne spp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1

1. Anexo X. Presencia de interacciones por especie de visitante floral en los sitios de muestreo

	Interacciones								Total
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH7	CH8	CH9	
<i>Apis mellifera</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	8
<i>Bombus wilmattae</i>	x	x	x	x	x		x	x	7
<i>Eristalis spp.</i>		x		x	x	x	x	x	6
<i>Bombus ephippiatus</i>	x	x		x	x	x		x	6
<i>Bombus weisi</i>	x	x		x	x	x			5
<i>Allograpta spp.</i>		x	x	x	x			x	5
<i>Lassioglossum spp.</i>	x			x	x		x		4
<i>Andrena spp.</i>	x	x	x				x		4
<i>Pachyta spp.</i>	x	x		x	x				4
<i>Leptophobia spp.</i>						x	x	x	3
<i>Neocorymura spp.</i>					x		x	x	3
<i>Partamona bilineata</i>	x	x					x		3
<i>Peponapis spp.</i>	x	x	x						3
<i>Melissodes spp.</i>	x	x	x						3
<i>Xenox spp.</i>			x				x	x	3
<i>Agapostemon spp.</i>			x				x		2
<i>Thygather spp.</i>		x	x						2
<i>Gaesischia spp.</i>	x		x						2
<i>Campsomeris spp.</i>	x		x						2
<i>Megachile spp.</i>	x		x						2

<i>Polybia spp.</i>					x	x	2
<i>Trichopsomyia spp.</i>					x	x	2
<i>Xenoglossa spp.</i>	x		x				2
<i>Anthophora spp.</i>			x	x			2
<i>Augochlorella spp.</i>						x	2
<i>Chrysina spp.</i>					x	x	2
<i>Centris spp.</i>			x			x	2
<i>Mada spp.</i>						x	2
<i>Perdita spp.</i>			x				1
<i>Epipona spp.</i>					x		1
<i>Fannia spp.</i>	x						1
<i>Mexalictus spp.</i>						x	1
<i>Pseudopanurgus spp.</i>		x					1
<i>Ancyloscelys spp.</i>		x					1
<i>Agenioideus spp.</i>						x	1
<i>Angeioneura spp.</i>				x			1
<i>Bombus mexicanus</i>					x		1
<i>Chetogena spp.</i>					x		1
<i>Calliphora spp.</i>				x			1
<i>Ceratina spp.</i>	x						1
<i>Colletes spp.</i>	x						1
<i>Copestylum spp.</i>				x			1
<i>Dielis spp.</i>			x				1
<i>Exomalopsis spp.</i>		x					1
<i>Hylaeus spp.</i>						x	1
<i>Morfo1</i>		x					1
<i>Morfo 2</i>					x		1
<i>Morfo3</i>	x						1
<i>Morfo4</i>						x	1
<i>Notocyphus spp.</i>	x						1
<i>Paramasaris spp.</i>						x	1
<i>Priochilus spp.</i>	x						1
<i>Proscolia spp.</i>	x						1
<i>Xanthandrus spp.</i>						x	1
<i>Xylocopa tabaniformis</i>				x			1
<i>Zaphne spp.</i>					x		1

Anexo 3. Encuesta sobre prácticas agrícolas y polinización en Chimaltenango.

Este formulario tiene como objetivo recopilar información sobre las prácticas implementadas en la agricultura en el departamento de Chimaltenango. Es parte de un estudio financiado por la Dirección General de Investigación –Universidad de San Carlos de Guatemala, cuyo título es: "Efecto de la vegetación seminatural y las prácticas agrícolas en las comunidades de insectos polinizadores, en Chimaltenango, Guatemala." La información será analizada y presentada de forma ANÓNIMA (su nombre, dirección, teléfono y otros datos personales NO serán mencionados, publicados o compartidos por ningún medio), pero le agradecemos los incluya para poder contactarlo en futuros estudios, o bien, mencionarlo en los agradecimientos del trabajo final. Cualquier duda por favor escriba a: biodiversidaddeguate@gmail.com.

A. Información general

1. Nombres y apellidos
2. Dirección (opcional)
3. Correo electrónico (opcional)
4. Número de teléfono (opcional)
5. ¿En qué municipio vive?
6. Nivel de estudios
 - A. Primaria, B. Secundaria, C. Diversificado, D. Técnico, E. Universitario
7. Área de cultivos que siembra cada año.
 - A. 1-3 cuerdas, B. 4-6 cuerdas, C. 7-9 cuerdas, D. Más de 9 cuerdas

B. Rotación de cultivos

Las siguientes preguntas se refieren a cómo usted maneja sus cultivos habitualmente. Por favor elija la opción que se ajuste mejor o lo que realiza en la mayoría de los casos.

8. ¿El cultivo anterior al actual fue sembrado en solitario? (Un solo tipo de cultivo por parcela.). A. Si, B. No

9. ¿Sembró su cultivo anterior en asociación? (Por ejemplo, siembra junto con el maíz, al mismo tiempo, frijol, ayote u otras plantas). A. Si, B. No
10. ¿Planea sembrar su próximo cultivo en solitario? A. Si, B. No
11. ¿Planea sembrar su próximo cultivo en asociación? A. Si, B. No
12. ¿Sembrará variedades criollas (nativas) en su próximo cultivo? A. Si, B. No
13. Si responde "sí" a la anterior pregunta, ¿Qué variedades criollas plantará?
14. ¿Sembrará variedades tecnificadas en su próximo cultivo?
15. Si responde "sí" a la anterior pregunta, ¿Qué variedades tecnificadas plantará?
16. ¿Practica rotación de cultivos? (Cambia de cultivo cada vez que vuelve a sembrar en el mismo terreno). A. Si, B. No, C. A veces
17. Si rota sus cultivos, ¿por qué lo hace? A. Evitar plagas, B. Descansar/recuperar la tierra, C. Crecen mejor las plantas
18. ¿Cada cuánto deja descansar los terrenos entre cultivos? A. Cada año, B. Cada dos años, C. No deja descanso
19. ¿Dejará descansar sus terrenos después del cultivo actual? A. Si, B. No
20. ¿Cuáles plagas afectan a sus cultivos?
21. ¿Considera que las abejas y abejorros son plaga? A. Si, B. No
22. ¿En qué cultivos ha visto que lleguen avispas o abejas?
23. ¿Tiene usted crianza de abejas de cualquier tipo (mieleras, criollas, doncellas, etc.)?
A. Si, B. No

C. Asociaciones de cultivos

Las siguientes preguntas se refieren a cómo usted maneja sus cultivos habitualmente. Por favor elija la opción que se ajuste mejor o lo que realiza en la mayoría de los casos.

24. Si practica asociación de cultivos, ¿cuántos cultivos distintos siembra juntos en el mismo terreno? A. 1, B. 2, C. 3 o más

D. Cobertura de cultivo

Las siguientes preguntas se refieren a cómo usted maneja sus cultivos habitualmente. Por favor elija la opción que se ajuste mejor o lo que realiza en la mayoría de los casos.

25. ¿Qué coberturas se encuentran en el área del terreno de su cultivo? (puede elegir varias) A. Materia vegetal muerta (hojas secas, rastrojo, restos de cultivos anteriores), B. Coberturas de telas o plásticos, C. Utiliza ambos tipos de cobertura, D. No utiliza ninguna cobertura, E. Cobertura de polietileno

E. Control de plagas

Las siguientes preguntas se refieren a cómo usted maneja sus cultivos habitualmente. Por favor elija la opción que se ajuste mejor o lo que realiza en la mayoría de los casos.

26. ¿Realiza Manejo Integrado de Plagas? A. Si, B. No
27. ¿Utiliza alguno o varios de los siguientes métodos de control de plagas? (Puede elegir varios) A. Invernaderos o encierros de malla, B. Plantas trampa y/o plantas repelentes, C. Repelentes de insectos caseros
28. ¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) especiales para un SOLO tipo de plagas?
A. Si, B. No
29. ¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) que eliminan VARIOS tipos de plagas? A. Si, B. No
30. ¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) cuando observa daños en sus cultivos? A. Si, B. No
31. ¿Aplica plaguicidas químicos (venenos) cuando observa insectos en sus cultivos? A. Si, B. No

F. Aplicación de plaguicidas

Las siguientes preguntas se refieren a cómo usted aplica insecticidas químicos. Por favor elija la opción que se ajuste mejor o lo que realiza en la mayoría de los casos.

32. ¿Cuántas aplicaciones hace de plaguicidas (venenos) durante el ciclo (incluyendo siembra, crecimiento y cosecha) de un cultivo? A. 1, B. 2, C. 3 o más, D. No aplica
33. ¿Aplica plaguicidas (venenos) en las flores? A. Siempre, B. En ocasiones, C. Nunca sobre las flores, D. No aplico plaguicidas

34. ¿A qué hora aplica los plaguicidas a los cultivos? Puede elegir varias opciones. A. 7:00 a 9:00, B. 9:00 a 11:00, C. 11:00 a 13:00, D. 13:00 a 15:00, E. 15:00 a 17:00, F. 17:00 a 19:00, G. No aplico plaguicida

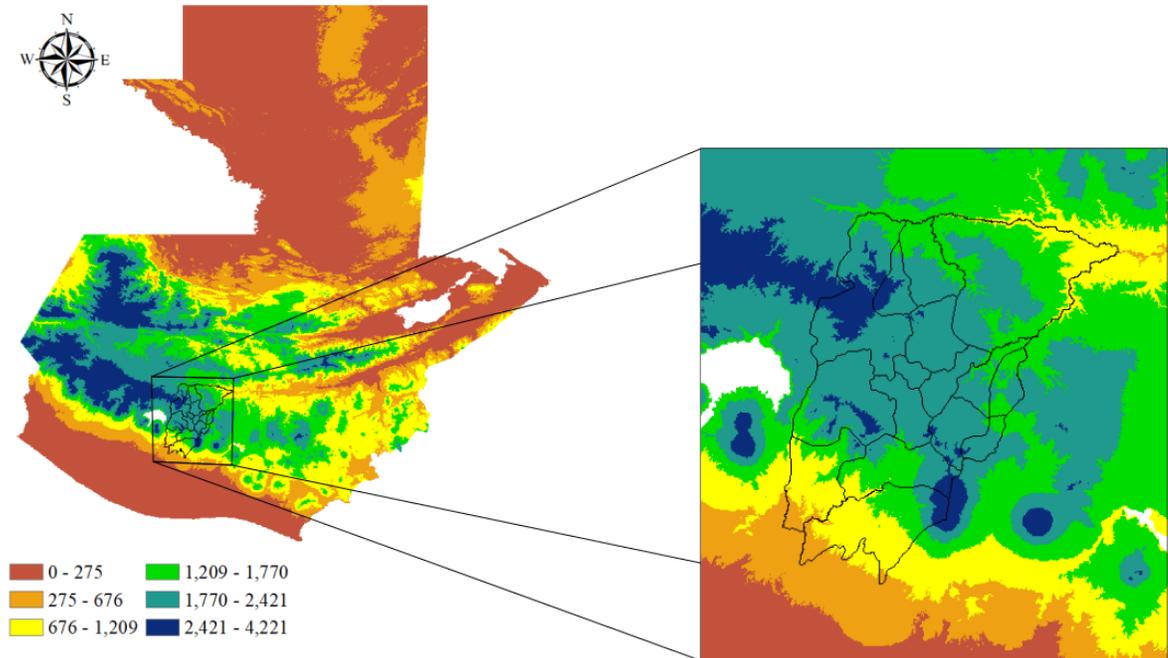
G. Disponibilidad de recursos para los polinizadores

35. ¿Deja que crezca vegetación silvestre (matorrales, cercos vivos, malezas) en los alrededores de sus cultivos? A. Siempre, B. En ocasiones, C. Nunca
36. ¿Cuántas plantas silvestres con flores hay en los alrededores de sus cultivos? A. 1-3 especies, B. 3-6 especies, C. 10-12 especies, D. 13-15 especies o más.

Si tiene alguna observación o comentario, puede agregarlo aquí.

Muchas gracias por su colaboración. Su aporte será de mucha importancia para el estudio de las prácticas agrícolas en Chimaltenango.

Anexo 5. Delimitación espacial de las áreas de trabajo del proyecto. Las unidades muestrales se ubicarán dentro de áreas de uso agrícola.



Anexo 6. Plantas presentes en parches de vegetación seminatural de los sitios bajo estudio.

Tabla X. Ensamble de plantas en parches de vegetación seminatural de ocho áreas de cultivo, en Chimaltenango, Guatemala.

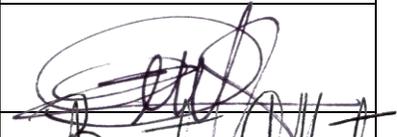
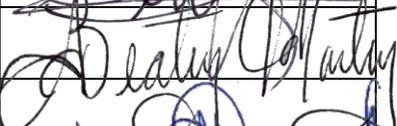
Sitio	Especies
CH1	<i>Bidens bicolor</i> L., (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Phaseolus</i> sp. L., (1753). <i>Zea mays</i> L. (1753); <i>Sonchus oleraceus</i> L. (1753); <i>Cucurbita pepo</i> L., (1753); <i>Vicia faba</i> L., (1753); <i>Commelina</i> sp. L., (1753); <i>Portulaca oleracea</i> L., (1753); <i>Amaranthus</i> sp. l. (1753); <i>Nicandra physalodes</i> (L.) Gaertn., (1791); <i>Brassica</i> sp. L. (1753); <i>Ipomoea</i> sp., (1753); <i>Solanum</i> sp. L., (1753).
CH2	<i>Trifolium</i> sp., (1753); <i>Bidens pilosa</i> L., (1753); <i>Cucurbita pepo</i> L., (1753); <i>Bidens bicolor</i> L., (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Commelina</i> sp., (1753); <i>Galinsoga ciliata</i> Raf. Blake, (1922); <i>Sonchus oleraceus</i> L., (1753).
CH3	<i>Bidens bicolor</i> L., (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Sonchus oleraceus</i> L., (1753).
CH4	<i>Phytolacca</i> sp., (1753); <i>Pisum sativum</i> L., (1753); <i>Heliopsis</i> sp. Pers., (1807) <i>Bidens</i> sp., (1753); <i>Amaranthus</i> sp. L. (1753); <i>Galinsoga ciliata</i> Raf. Blake (1922) <i>Sonchus</i> sp., (1753); <i>Rumex</i> sp. L. (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791) <i>Brassica</i> sp. L., (1753).
CH5	<i>Sonchus</i> L., (1753); <i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti, (1845); <i>Brassica rapa</i> L., (1753); <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., (1794); <i>Oxalis trifolium</i> ; <i>Zea mays</i> L., (1753); <i>Commelina</i> L., (1753); <i>Erygeron</i> L., (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791). <i>Conyza</i> Neck. (1768); <i>Amaranthus</i> L., (1753); <i>Trifolium</i> L., (1753); <i>Bidens</i> L., (1753).
CH7	<i>Sonchus</i> L., (1753); <i>Brassica rapa</i> L., (1753); <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., (1794). <i>Conyza</i> Neck. (1768); <i>Trifolium</i> L., (1753); <i>Zea mays</i> L., (1753); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Bidens</i> L., (1753).
CH8	<i>Sonchus</i> L., (1753); <i>Galinsoga parviflora</i> Cav., (1794); <i>Trifolium</i> L., (1753). <i>Zea mays</i> L., (1753); <i>Conyza</i> Neck. (1768); <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Amaranthus</i> L., (1753); <i>Bidens</i> L., (1753); <i>Brassica rapa</i> L., (1753); <i>Dahlia imperialis</i> Roehl ex Ortgies, (1863).
CH9	<i>Sonchus</i> L., (1753); <i>Trifolium</i> L., (1753); <i>Conyza</i> Neck. (1768); <i>Zea mays</i> L., (1753). <i>Lopezia racemosa</i> Cav., (1791); <i>Bidens</i> L., (1753); <i>Brassica rapa</i> L., (1753); <i>Solanum nigrescens</i> M. Martens & Galeotti, (1845); <i>Ipomoea</i> L., (1753). <i>Phaseolus</i> L., (1753).

Especies de plantas registradas a partir de censos aleatorios, en un área de 4 m², en parches de vegetación seminatural inmersas o adyacentes a cultivos.

Contratados por contraparte y colaboradores

Nombre	Firma
Licda. Natalia Escobedo Kenefic (Coordinadora)	
Br. Darlene Denisse Escobar	
Br. Quebin Casiá	
Br. Edson Eduardo Cardona	

Contratados por la Dirección General de Investigación

Nombre	Categoría	Registro de Personal	Pago		Firma
			SI	NO	
Licda. Natalia Escobedo Kenefic	Coordinadora de investigación	20070196		X	
Inga. Agr. Ana Beatriz Jo Cermeño de Martínez	Investigadora	20190724	X		
Br. Navil Ventura Sáenz	Auxiliar de investigación II	20200722	X		
P.C. Osbel Alfredo Mejía Coroy	Auxiliar de Investigación II	20191263	X		

Guatemala 27 de noviembre de 2020



Lic. Natalia Escobedo Kenefic
Coordinadora

Proyecto de Investigación



Ing. Agr. Saúl Guerra Gutiérrez
Programa Universitario de Investigación
en Recursos Naturales y Ambiente



Ing. Agr. Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas