



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe final de Proyecto de Investigación

DIGI-PUI-004

Informe final de proyecto de investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección General de Investigación

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Cambios recientes en la dinámica ecológica de la apifauna del Valle del Motagua, ecorregión vulnerable al cambio climático

Unidad avaladora: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas IIQB

4.8.63.0.85

Nombre del coordinador: Natalia Escobedo Kenefic

Dirección General de Investigación, Ciudad Universitaria 08/01/2026



Informe final de Proyecto de Investigación

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Patricia Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

M.Sc. Andrea Rodas Morán

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

Equipo de investigación

Natalia Escobedo Kenefic, coordinadora del proyecto, No. registro de personal: 20070196

Osbel Alfredo Mejía Coroy, investigador, No. registro de personal: 20191263

Quebin Bosbely Casiá Ajché, investigador estudiante de postgrado, No. registro de personal: 20180741

Colaboradores:

Edson Eduardo Cardona Valenzuela, investigador asociado, Unidad de Biodiversidad, CECON USAC.

María Eunice Enríquez Cotton, coordinadora titular de la Unidad de Biodiversidad, CECON USAC.

Werner Rodrigo Molina Soto, estudiante de biología USAC.

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: **4.8.63.0.85** en el Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas. Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

Este informe está licenciado bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0). Puede copiarse, distribuirse y adaptarse con la condición de dar crédito a los autores, no usarlo con fines comerciales y compartir cualquier obra derivada bajo la misma licencia. Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Informe final de Proyecto de Investigación

Índice general

Índice general	1
Resumen	2
Palabras clave.....	2
Keywords	3
1. Introducción	3
2. Contexto de la investigación	5
3. Revisión de literatura	6
3.1. Marco teórico	6
3.2. Estado del arte.....	9
4. Planteamiento del problema	10
5. Objetivos	12
6. Hipótesis (si aplica)	13
7. Método	13
7.1. Tipo de investigación.....	13
7.2. Enfoque y alcance de la investigación.....	13
7.3. Diseño de la investigación.	13
7.4. Población, muestra y muestreo.....	14
7.5. Técnicas.	15
7.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.....	16
7.7. Procesamiento y análisis de la información.....	17
8. Aspectos éticos y legales	19
9. Resultados y discusión	20
9.1. Resultados.....	20
9.2. Discusión	32
10. Propiedad intelectual	35
11. Beneficiarios directos e indirectos	35
12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados	37



Informe final de Proyecto de Investigación

13.	Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)	38
14.	Otras contribuciones del proyecto al desarrollo	40
15.	Vinculación	40
16.	Conclusiones.	41
17.	Recomendaciones	42
18.	Referencias.....	43
19.	Apéndices	50

Resumen

Las abejas son el grupo de polinizadores más importante, pero su diversidad está disminuyendo a escala global debido a factores como la pérdida de vegetación natural, patógenos, especies invasoras, y el cambio climático. Los bosques secos son ecosistemas vulnerables al cambio climático que han sido identificados como altamente diversos en especies de abejas. La implementación de estrategias de mitigación y adaptación es necesaria para la conservación las abejas y de la diversidad del bosque seco en general. Esta investigación plantea identificar cambios en la dinámica ecológica de las abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, a partir de dos monitoreos sistemáticos de apifauna realizados en dos distintos períodos (2004-2005 y 2021-2022). Se revisaron 4430 especímenes de abejas nativas. Para cada monitoreo se calcularon índices de diversidad α (riqueza y los índices de Shannon y de Simpson Invertido) y β (recambio de especies), derivados a partir sus transformaciones por los números de Hill. Del monitoreo 2004-2005 se registraron 98 especies (de 1,156 individuos analizados), del monitoreo 2021-2022 se registraron 121 especies (de 3,174 individuos). Los bimestres junio-julio (2004-2005) y octubre-noviembre (2021-2022) mostraron la mayor riqueza esperada, con 60 y 80 especies respectivamente. Aun considerando el número de individuos analizados, no se observaron cambios significativos en la diversidad alfa y beta entre los monitoreos. Estos resultados sugieren una estabilidad en la estructura y composición de las comunidades de abejas en el área de estudio. No obstante, en el contexto del cambio climático global, es crucial establecer acciones de conservación de abejas para asegurar la continuidad de la estabilidad de su diversidad y sus servicios de polinización.

Palabras clave

1. Biodiversidad	2. Abejas	3. Bosque seco	4. Indicador ecológico	5. Guatemala
------------------	-----------	----------------	------------------------	--------------



Informe final de Proyecto de Investigación

Abstract

Bees are among the most important groups of pollinators, yet their diversity is declining globally. This is linked to factors such as the loss of natural vegetation, pathogens, invasive species, and global climate change. Dry forests are ecosystems vulnerable to climate change, which makes their conservation and implementation of both mitigation and adaptation strategies a priority. Furthermore, dry forests are known as ecosystems that are highly diverse in bee species. This study aims to identify changes in the ecological dynamics of bees in Matorral Espinoso del Valle del Motagua, from two systematic surveys conducted 15 years apart (2004-2005 and 2021-2022). A total of 4,430 bee specimens were examined. For each period, alpha diversity indices (richness and the Shannon and Simpson indices) and beta diversity (species turnover) were calculated, derived from their transformation following the Hill numbers. A total of 98 species were registered from the first survey (from 1,156 individuals), and 121 species were registered from the second survey (from 3,174 specimens). The June-July (2004-2005) and October-November (2021-2022) periods showed the highest expected richness in the surveys, with 60 and 80 species, respectively. Even considering the difference in the number of individuals analyzed, no significant changes were observed in α and β diversity between the two surveys. This suggests stability in the structure and composition of bee communities in the study area. In the context of climate change, it is crucial to develop bee conservation actions to ensure the maintenance of their diversity and the pollination services they provide.

Keywords

1. Biodiversity	2. Bees	3. Dry Forest	4. Ecological Indicator	5. Guatemala
-----------------	---------	---------------	-------------------------	--------------

1. Introducción

Las abejas son los polinizadores más efectivos de la mayoría de las plantas en hábitats naturales, agrícolas y urbanos (Danforth, 2007). De manera general, la generación de frutos y semillas después de la polinización es afectada positivamente por la visita de abejas a las flores (Garibaldi et al., 2013) y, además, alrededor del 35 % de la producción global de alimentos es atribuida directamente a la polinización por abejas (Khalifa et al., 2021; Klein et al., 2007). La diversidad de abejas está disminuyendo a escala global, y por lo tanto la continuidad de sus servicios de polinización se encuentra en riesgo (Graham et al., 2023; Steffan-Dewenter et al., 2005; Zattara & Aizen, 2020). La crisis global de abejas es explicada por factores como 1) el reemplazo de la vegetación natural por áreas agrícolas y urbanas, 2) patógenos, 3) especies invasoras y 4) cambio climático (Dicks et al., 2021; González-Varo et al., 2013). Ante esta situación, los factores descritos anteriormente deben



Informe final de Proyecto de Investigación

de contemplarse al momento de evaluar las dinámicas de las comunidades de abejas, y de esta manera proponer estrategias efectivas para su conservación (Brown & Paxton, 2009).

Por otra parte, se ha estimado que los ecosistemas terrestres tienen la capacidad de secuestrar ~ 3.2 gigatoneladas métricas de carbón de la atmósfera, cifra contrastante con $\sim 9.5 \pm 0.5 \text{ yr}^{-1}$ gigatoneladas de carbón emitidas por la combustión de combustibles fósiles en el 2021 (Friedlingstein et al., 2022; Morecroft et al., 2019). Además, se calcula que la temperatura promedio de la tierra ha aumentado a una tasa de $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ por década, desde 1880. El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) ha determinado que el aumento en la temperatura global es debido al desbalance en el sistema de secuestro y emisión de carbono, mismo proceso atribuido a la contribución de emisiones de carbono por actividades humanas, como la generación de energía eléctrica, ganadería, entre otros (IPCC, 2023). En este contexto, una de las estrategias propuestas para la conservación de abejas es la evaluación de los efectos potenciales del cambio climático en la estructura de las comunidades, esto a manera de anticipar los efectos del cambio climático en los ensamblajes de abejas, y, sumando a esto, la generación de estrategias para su conservación en un futuro cercano (Brown & Paxton, 2009).

Bajo el entendido de los efectos potenciales del cambio del clima en la diversidad biológica, se ha instado dirigir las estrategias de conservación hacia generar medidas de adaptación. Esto tiene el objetivo de identificar riesgos en los sistemas biológicos, y, con ello, preparar a las poblaciones humanas y a la biodiversidad ante las alteraciones provocadas por el cambio climático (Mawdsley et al., 2009; Morecroft et al., 2019). El monitoreo a largo plazo de la biodiversidad es considerado una estrategia para la adaptación al cambio climático, ya que este enfoque permite determinar tendencias en cambios en la dinámica ecológica de las comunidades y relacionar dichos cambios con las alteraciones climáticas (Mawdsley et al., 2009). A este respecto, existen muestreos sistematizados, es decir, recolecciones de datos que siguen los mismos métodos (e.g. registros de diversidad en las mismas localidades). Aun cuando estos muestreos se encuentren limitados espacialmente, estos pueden aportar información sobre cambios temporales en la dinámica ecológica, por ejemplo, cambios en la composición y estructura de las comunidades biológicas y la abundancia de especies (Halsch et al., 2021).

El equipo de la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad (Unidad de Biodiversidad) del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), realizaron dos monitoreos de diversidad de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua: uno del año 2004 al 2005, y un segundo muestreo del 2021 al 2022. En cada muestreo, se visitaron las mismas 14 localidades, cada dos meses durante un año (ver localidades en Figura 1, en el apéndice). Los bosques secos tropicales son uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático, esto debido a la alta especificidad y especialización de las interacciones ecológicas, así como la fenología de las plantas y de los insectos (Cámara et al., 2018; Silva et al., 2019). Tomando en cuenta el aumento del $0.8 \text{ }^\circ\text{C}$ global por cada



Informe final de Proyecto de Investigación

década, en especial en este siglo (IPCC, 2023), el análisis de los cambios en la dinámica ecológica de las comunidades de abejas un ecosistema de bosque seco con características únicas a nivel regional, como el Matorral Espinoso del Valle del Motagua entre los dos monitoreos sistemáticos con más de quince años de diferencia, ofrece una valiosa oportunidad para evaluar las tendencias en cambios de biodiversidad en una zona altamente vulnerable al cambio climático.

Esta investigación tuvo como objetivo general identificar posibles cambios en la dinámica ecológica de las comunidades de abejas de la ecorregión Matorral Espinoso del Valle del Motagua entre dos monitoreos sistemáticos de apifauna de un año de duración, realizados con más de quince años de separación. Para lograr este objetivo, se describió la diversidad taxonómica total de comunidades de abejas del bosque seco del oriente de Guatemala a partir de dos monitoreos entomológicos sistemáticos realizados del 2004 al 2005 y del 2021 al 2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua. Asimismo, se describieron los posibles cambios en la composición de especies entre los dos monitoreos, y se realizó una comparación entre los estimadores de la dinámica ecológica de comunidades de abejas. Para esto, se revisaron 4,430 especímenes de abejas capturadas en dichos monitoreos. Para cada uno de ellos, se calcularon índices de diversidad alfa y beta, derivados a partir de los números de Hill. No se observaron cambios significativos en la diversidad alfa y beta de las abejas entre los monitoreos. Tampoco se encontraron cambios significativos en los patrones de temperatura y precipitación en el área de estudio, aunque se prevé que estos podrían manifestarse en las décadas futuras. Los hallazgos sugieren una estabilidad en la estructura y composición de las comunidades de abejas en el área de estudio. Como recomendación principal, se insta a la continuidad de los monitoreos sistemáticos de abejas silvestres y así seguir examinando la dinámica ecológica de las comunidades en un ecosistema vulnerable al cambio climático global, como lo es el bosque seco tropical en Guatemala.

2. Contexto de la investigación

Delimitación de tiempo y espacio: Esta investigación tuvo 11 meses de duración, comprendidos entre el 3 de febrero y el 31 de diciembre de 2025. El trabajo de gabinete se realizó en las instalaciones del CECON (Avenida La Reforma 0-63, zona 10, Ciudad de Guatemala). El trabajo de campo, que consistió en la impartición de talleres, se realizó en los departamentos de El Progreso y Zacapa.

La información utilizada corresponde a especímenes depositados en la Colección de Abejas Nativas de Guatemala (CANG), a cargo de la Unidad de Investigación para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad (Unidad de Biodiversidad), del CECON. Los registros utilizados fueron colectados en el Corredor Seco del Valle del Motagua, durante los años 2004, 2005, 2021, y 2022.



Informe final de Proyecto de Investigación

Asimismo, la investigación fue contextualizada dentro del marco del aumento de la temperatura global que se ha presentado en las últimas décadas. El cambio en la anomalía térmica global ha aumentado en aproximadamente 0.6 °C durante el período del año 2004 al año 2022 (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2025), lo cual podría estar provocando cambios en las dinámicas ecológicas de las abejas silvestres. Esto es especialmente relevante para los bosques secos, como el Valle del Motagua, mismos que han sido identificados como ecosistemas especialmente vulnerables al cambio climático. Esto también está relacionado a un aumento en el riesgo para la seguridad alimentaria (PNUD, 2013).

Población beneficiada: Los resultados de este proyecto fueron de beneficio directo para 283 personas, entre pobladores del área de estudio y estudiantes universitarios (ver apéndice 5). Se estima que la población beneficiada indirectamente podría superar los dos millones de personas, si se toma en cuenta que este estudio generó información de utilidad para mejorar la calidad de vida de la población del Valle del Motagua, y que podría ser aprovechada por usuarios de entidades públicas, privadas y organizaciones no gubernamentales que trabajen en la conservación de la biodiversidad, seguridad alimentaria y resiliencia al cambio climático en la zona de estudio.

3. Revisión de literatura

3.1. Marco teórico

Apifauna de Guatemala: Según lo registrado en la CANG, en el país se encuentran alrededor de noventa y siete géneros y al menos 357 especies de abejas distintas. Existen reportes anteriores que sugieren una cifra mayor, sin embargo, esto puede deberse a la incertidumbre taxonómica y a los vacíos de información en la taxonomía de este grupo. Estas especies pertenecen a cinco de las siete familias de abejas, distribuidas de la forma siguiente: Apidae, con 52 géneros y 227 especies (64%); Halictidae, con 15 géneros y 51 especies (14%); Megachilidae, con 17 géneros y 48 especies (13%); Colletidae, con 8 géneros y 18 especies (5%), y Andrenidae con 5 géneros y 13 especies (4%) (Enríquez et al., 2012). Para la región del Valle del Motagua, se han registrado 138 especies de 49 géneros, distribuidos entre las familias Apidae (24 géneros), Halictidae (10 géneros), Megachilidae (9 géneros), Andrenidae (4 géneros) y Colletidae (2 géneros) (Rodríguez, 2008). Así, el Valle del Motagua contiene una buena representación de la diversidad de la apifauna de Guatemala, lo que le confiere gran importancia para la conservación de este grupo (Rodríguez, 2008).

Ecorregión Valle del Motagua: el Valle del Motagua es el nombre abreviado para la ecorregión “Matorral espinoso del Valle del Motagua”, según la nomenclatura de los biomas (o ecosistemas) del Fondo Mundial para la Naturaleza –*WWF*–, por sus siglas en



Informe final de Proyecto de Investigación

inglés (*World Wildlife Fund for Nature*, 2001). Esta ecorregión se ubica desde la zona norte de Chimaltenango, abarcando también parte de los departamentos de El Progreso y Zacapa, y el norte de Chiquimula. En un contexto ecológico, la región también es denominada “bosque muy seco tropical”, según la clasificación de zonas de vida de Holdridge. En esta área se registra una precipitación anual promedio de 740 mm, y una temperatura promedio de 26.04 °C. En cuanto a su topografía, la región se localiza a una elevación promedio de 356 m s.n.m. Esta serie de características hacen a la región la más calurosa y seca de Guatemala (IARNA-URL, 2018). La composición vegetal está caracterizada por la frecuencia de las siguientes especies: *Acacia deamii* (Britton & Rose) Standl., *Acacia farnesiana* (L.) Wild, *Apoplanesia paniculata* C. Presl, *Bursera bipinnata* Engl., *Bursera graveolens* Trianna & Planch., *Bursera schlechtendalii* Engl., *Bursera simaruba* Sarg., *Cephalocereus maxoni* Rose., *Cordia gerascanthus* L., *Cordia pringlei* B. L. Rob., *Cordia truncatifolia* Bartlett., *Guaiacum sanctum* L., *Gyrocarpus americanus* Jacq., *Haematoxylon brasiletto* H.Karst., *Hintonia standleyana* Bullock, *Jacquinia aurantiaca* W. T. Aiton., *Jacquinia pungens* A.Gray., *Lemaineocereus eichlamii* Britton & Rose, *Lippia graveolens* Kunth, *Mammillaria voburnensis* (Scheer) Britton & Rose, *Melocactus ruestii* K.Schum., *Mimosa zacapana* Standl.&Steyerm., *Myrtillocactus eichlamii* Britton & Rose, *Nopalea guatemalensis* Rose, *Nopalea lutea* (Rose) D. R.Hunt., *Nyctocereus guatemalensis* Britton & Rose, *Opuntia decumbens* Salm & Dyck., *Pachyrhizus erosus* (L.) Urb., *Pereskia autumnalis* (Eichlam) Rose, *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., *Pseudobombax ellipticum* (Kunth) Dugand, *Simarouba glauca* DC., *Spondias mombin* L., *Tecoma stans* (L.) Kunth, *Thouinidium decandrum* Radlk y *Triplaris melaenodendron* (Bertol.) Stand. & Steyerm (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011).

Cambio climático y abejas: desde la revolución industrial, el reemplazo de la vegetación natural por zonas agrícolas y urbanas ha modificado profundamente los hábitats para los organismos vivos alrededor de la Tierra, colocando a las poblaciones silvestres en riesgo de extinción (Isbell et al., 2023). Los declives significativos en las poblaciones de vertebrados e invertebrados a escala global son atribuidos a la aparición y dominancia de los humanos en los ecosistemas de la Tierra en una escala de tiempo geológica. Debido a esto, la crisis de diversidad biológica actual es definida como la pérdida de especies del Antropoceno (Dirzo et al., 2014). Por otra parte, en el año 2021 se emitieron $\sim 9.5 \pm 0.5$ yr⁻¹ gigatoneladas de carbón por la combustión de combustibles fósiles, cuando los ecosistemas terrestres tienen la capacidad de secuestrar ~ 3.2 gigatoneladas métricas de carbón de la atmósfera (Friedlingstein et al., 2022; Morecroft et al., 2019). Sumado a esto, la temperatura de la tierra ha aumentado en promedio 0.8 °C cada década, desde 1880. Dicho aumento de la temperatura es provocado por el exceso de derivados del carbono producto de la combustión de combustibles en la atmósfera, como consecuencia de la intensificación de las actividades humanas, como la creación de energía, ganadería, entre otros (IPCC, 2023).



Informe final de Proyecto de Investigación

El cambio climático es un factor explicativo de la pérdida de polinizadores silvestres, dado que la alteración de la dinámica de los patrones de temperatura y precipitación pueden conllevar a modificar la estabilidad de las poblaciones de polinizadores (Potts et al., 2010). Por ejemplo, se ha determinado que la abundancia de las abejas robustas (e.g. *Megachile*, *Osmia*, *Anthophora*, entre otras) es afectada negativamente por los aumentos de temperatura, en sistemas montañosos de zonas templadas (Pardee et al., 2022). En el contexto del cambio climático, las acciones de conservación deben enfocarse en generar información sobre el estado de la dinámica ecológica de las comunidades con el fin de generar indicadores ecológicos (e.g. riqueza y diversidad de especies) que reflejen el progreso del cambio climático en la estructura de las comunidades (Urban et al., 2016).

El Valle del Motagua ante el cambio climático: según el Departamento de Investigación y Servicios Climáticos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH), para el corredor seco de Guatemala, incluyendo el Valle del Motagua, se espera hasta un 13 % de disminución del acumulado de lluvia y un aumento en la temperatura de hasta 1.6 °C para el 2030, mientras que para el 2090 se proyecta una disminución de hasta más del 50 % en el acumulado de lluvia y un aumento de la temperatura de cerca de 6 °C. A este respecto, la región es una zona con alta susceptibilidad al cambio climático (Bardales et al., 2021). Además, dinámicas socioculturales y económicas en las regiones secas como la alta incidencia de la pobreza y la inestabilidad de la agricultura por las sequías, tienen como consecuencia el aumento de la inseguridad alimentaria en la región (PNUD, 2013). Ante esto, el mantenimiento de los bosques secos y su diversidad biológica podría ser una estrategia contra el aumento de la desertificación del suelo, y, al mismo tiempo, generar resiliencia ante la inseguridad alimentaria (Siyum, 2020).

Dinámica ecológica: la organización biológica describe la arquitectura de la vida en la Tierra por medio de la jerarquización en distintos niveles. Desde el punto de vista ecológico, la diversidad biológica puede ser clasificada dentro de distintos niveles: a) los ecosistemas, donde las comunidades están limitadas o definidas por las condiciones ambientales; b) las comunidades, que son conjuntos de poblaciones que se habitan un área determinada; c) las poblaciones, que son grupos de organismos de la misma especie, y d) las especies, definidas como un grupo de organismos con capacidad para reproducirse entre ellos mismos (Krohne, 2001). El término “dinámica ecológica” se refiere a los cambios en la arquitectura de la diversidad biológica en cada uno de los niveles de organización ecológica (McKinney, 1998). En específico, el estudio de la dinámica ecológica de las comunidades puede ser abordado a partir de los componentes de estructura y composición como: a) diversidad, que cuantifica el número de especies distintas presentes en la comunidad; b) composición, que identifica como está distribuida la abundancia de las especies presentes en la comunidad y c) recambio, que determina como es la repartición o intercambio de las especies, entre dos o más comunidades distintas (Krohne, 2001).



Informe final de Proyecto de Investigación

3.2. *Estado del arte*

En Guatemala, las investigaciones que abordan la diversidad de abejas en el contexto del cambio climático se han enfocado en estudiar la relación de la distribución potencial geográfica de abejas sin aguijón y abejorros ante los posibles escenarios de cambio climático. Las investigaciones para ambos grupos han llegado a las mismas conclusiones: los aumentos en la temperatura promedio tienen efectos significativos en los cambios en la extensión geográfica potencial de las especies de abejas. Estos efectos son más drásticos según el escenario de las Vías Representativas de Concentración de Carbono (*Representative Concentration Pathways*), RCP 8.5, el cual indica el escenario más pesimista predicho para el cambio climático (Escobedo et al., 2017; Escobedo et al., 2018). Específicamente para abejas sin aguijón, se predice para este escenario una reducción en la distribución potencial de 19 especies entre un total de 29 especies analizadas, además, podría ocurrir una pérdida de hasta el 90% del área potencial para algunas especies (Escobedo et al., 2017). En cuanto a los abejorros, las 10 especies analizadas mostraron posibles reducciones en sus distribuciones potenciales, además de observarse desplazamientos del hábitat de las especies hacia mayores altitudes, especialmente durante la última década (Escobedo et al., 2018). Las investigaciones anteriores aportan evidencia empírica sobre los efectos potenciales del cambio climático en las abejas del país, cuyos resultados demuestran que los aumentos de la temperatura podrían ser un factor limitante para la presencia de las abejas de Guatemala. Dada la importancia de las abejas para la polinización, es recomendable realizar más estudios sobre el tema (Escobedo et al., 2017; Escobedo et al., 2018).

En regiones templadas, como Europa, existen monitoreos sistematizados de poblaciones silvestres de insectos, en escalas de tiempo históricas (de temporalidad de más de un siglo en algunos casos), que permiten establecer tendencias del estado de las comunidades en estado silvestre. Por esta razón, recientemente se han realizado comparaciones de las comunidades de insectos polinizadores, principalmente abejas, en escalas históricas de tiempo. Estas investigaciones registraron cambios drásticos en la estructura y composición de las comunidades. Entre dichos cambios, se ha reportado la extinción de especies que visitan un número reducido o restringido de plantas (especies especialistas) y con tendencia a anidar en el suelo (evaluación a escala temporal de 120 años) (Burkle et al., 2013). También se ha observado la homogenización de las comunidades de abejorros. Esto hace referencia a cambios profundos en la composición de las especies de abejorros, tanto en su identidad como en su abundancia. En este sentido, las especies de hábitos generalistas (e.g. con preferencia a alimentarse de una variedad amplia de flores) tienden a ser muy frecuentes, y hasta dominantes, en las comunidades. Por otro lado, las especies especialistas tiende a tener frecuencias muy bajas, o estar extintas en las comunidades (evaluación a escala temporal de 70 años) (Bommarco et al., 2012). En ambas investigaciones se resalta



Informe final de Proyecto de Investigación

la pérdida de recursos florales y sitios potenciales para la construcción de nidos como factor explicativo de la pérdida de las especies especialistas. Sin embargo, los autores también hacen un llamado a explorar los efectos de las variables climáticas en las comunidades de abejas, dado los cambios drásticos, y acelerados, del cambio climático actual.

Los censos o monitoreos biológicos de abejas en zonas tropicales, especialmente en el Neotrópico, son escasos. Recientemente, Bassett y colaboradores (2023) analizaron cambios en las comunidades de siete grupos de insectos (1. escarabajos (Passalidae), 2. hormigas (Formicidae), 3. hormigas aladas (Dorylinae), 4. termitas obreras y soldado, 5. termitas aladas, 6. abejas de las orquídeas (Euglossini), y 7. abejas del sudor nocturnas (Halictidae), basado en monitoreos con más de 10 años de separación (2009 – 2021) en bosque nubosos de Panamá. Entre los hallazgos, las comunidades de escarabajos aumentaron en su abundancia, mientras las comunidades de termitas obreras, hormigas aladas de la subfamilia Dorylinae y las abejas de las orquídeas se han mantenido estables en el tiempo. Sin embargo, las comunidades de hormigas Formicidae, termitas aladas, y abejas del sudor nocturnas mostraron una disminución en su abundancia. De manera interesante, los resultados de Bassett y colaboradores presentan evidencia de cambio en la abundancia de especies de abejas nocturnas, cuya sociabilidad es estrictamente solitaria, y, en consecuencia, es posible que las especies solitarias estén más propensas a declives en su abundancia. En cuanto a Guatemala, Rodríguez (2008) analizó la diversidad de las comunidades de abejas del Valle de Motagua, específicamente en 14 sitios en el bosque seco de los departamentos de El Progreso y Zacapa, donde se determinó la existencia de 49 géneros y 138 especies, sin embargo, se estima la presencia de hasta 144 especies. Dicho muestreo fue repetido en las mismas localidades, y durante la misma escala de tiempo, en el 2021-2022. Dicho conjunto de datos provee la oportunidad de comparar dos muestreos sistemáticos de abejas, realizados con más de quince años de separación, para identificar cambios en la dinámica ecológica de las comunidades durante este período. Para la conservación de este grupo de especies, es necesario determinar cómo es la dinámica ecológica (e.g. en composición, diversidad y recambio total de especies) de las comunidades de abejas (Alvarenga et al., 2020). A nuestro conocimiento, este análisis es pionero para el ecosistema de bosques seco, por lo que puede contribuir a la generación de estrategias de conservación y manejo de abejas silvestres para uno de los ecosistemas más vulnerables al cambio climático, como lo es el bosque seco tropical en Guatemala.

4. Planteamiento del problema

Los bosques secos tropicales se encuentran entre los ecosistemas más amenazados por el cambio climático, sin embargo, con un manejo adecuado, podrían contribuir a la mitigación de sus efectos al funcionar como amortiguadores para la desertificación y contribuir a la seguridad alimentaria y a la disminución de la pobreza (Siyum, 2020). En Guatemala, son



Informe final de Proyecto de Investigación

los ecosistemas más degradados y con menor representación en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Debido a lo anterior, se ha definido a los bosques secos y su diversidad biológica como prioritarios para la conservación, a escala local y regional (CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC, 2011; Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010). Recientemente, investigaciones en biología de la conservación proponen generar medidas de conservación biológica dirigidas hacia la adaptación ante el cambio climático (Mawdsley, et al., 2009; Morecroft et al., 2019), incluyendo monitoreos de diversidad biológica a largo plazo que permitan determinar tendencias en cambios de las comunidades, y asociar tales cambios a las alteraciones del clima (Mawdsley, et al., 2009). Así, las acciones de conservación deben de enfocarse en generar información sobre el estado de la dinámica ecológica de las comunidades, con el fin de generar indicadores ecológicos (e.g. riqueza y diversidad de especies) que reflejen la influencia del cambio climático en la estructura de las comunidades (Urban et al., 2016). La temperatura global ha aumentado durante las últimas décadas a un ritmo sin precedentes. Entre el año 2000 y el 2022, la anomalía térmica promedio global aumentó en casi 0.6 °C, en comparación con el aumento reportado entre 1980 y el 2000, que fue de 0.26 °C (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio [NASA], 2025). En este sentido, cabe esperar cambios observables entre muestreos realizados en la primera y la tercera década del presente siglo, que contribuyan a comprender cómo las comunidades biológicas están respondiendo al aumento de la temperatura global.

La diversidad biológica en hábitats terrestres se encuentra en crisis; las poblaciones silvestres de insectos están sufriendo declives significativos, tendencia que incluye a los polinizadores silvestres (Dirzo et al., 2014). El cambio climático es un factor explicativo de la pérdida de polinizadores, dado que la alteración de la dinámica de los patrones de temperatura y precipitación pueden conllevar a modificar la estabilidad de sus poblaciones (Potts et al., 2010). Esto supone un riesgo para el servicio de polinización, los ecosistemas, la agricultura y la seguridad alimentaria (*Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services* [IPBES], 2016). Las abejas son consideradas como uno de los grupos de visitantes florales de mayor importancia de los bosques secos tropicales (May-Itzá, et al., 2022). De hecho, la mayor diversidad de abejas tiende a encontrarse en zonas cálidas y áridas del mundo (Cheng & Ashton, 2021; Michener, 2007). Este patrón de diversidad también es observado en Guatemala, donde se ha registrado una alta diversidad de especies de abejas en los bosques secos (CANG, 2023). Solamente para el corredor seco del Valle del Motagua, se han reportado al menos 138 especies de abejas (Rodríguez, 2008).

Para proponer medidas de manejo y conservación para este grupo de insectos, en especial en los bosques secos tropicales, es necesario comprender la dinámica ecológica (e.g. en composición y diversidad) de las comunidades de abejas (Alvarenga et al., 2020). El corredor seco del Valle del Motagua, por sus características geográficas y ecológicas, es un



Informe final de Proyecto de Investigación

ecosistema único en la región, y por lo tanto presenta una valiosa oportunidad de aportar a disminuir los vacíos de información sobre cambios recientes en la diversidad biológica, en el contexto del aumento de la temperatura global actual. Asimismo, los especímenes de museo constituyen una fuente invaluable de información base para estudios ecológicos, evolutivos y ambientales, y con utilidad para la conservación (Astudillo-Clavijo et al., 2024; Newbold, 2010).

Sobre la base de lo anterior, en esta investigación se indagó en la siguiente pregunta: ¿Cómo ha cambiado en años recientes la dinámica ecológica en las comunidades de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua en relación con la que existía hace más de quince años? Para responderla, se compararon dos muestreos sistemáticos de abejas realizados en las mismas localidades del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, realizados con más de quince años de separación, y así identificar posibles cambios en la dinámica ecológica de las comunidades de la ecorregión, en este período.

5. Objetivos

Objetivo General

Identificar si hay cambios en las dinámicas ecológicas de las comunidades de abejas de la ecorregión Matorral Espinoso del Valle del Motagua entre dos monitoreos sistemáticos de apifauna, realizados dentro de las últimas dos décadas, y con más de quince años de separación.

Objetivos específicos

Caracterizar la diversidad taxonómica total de comunidades de abejas del bosque seco del oriente de Guatemala a partir de dos muestreos entomológicos sistemáticos realizados del 2004 al 2005 y del 2021 al 2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.

Describir la composición y recambio de especies entre dos muestreos entomológicos sistemáticos realizados del 2004 al 2005 y del 2021 al 2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.

Comparar los estimadores ecológicos de las comunidades de abejas del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, entre dos períodos con más de quince años de diferencia.

Describir los cambios en factores ambientales (temperatura y precipitación) a lo largo del año, para los dos períodos estudiados, y compararlos con los estimadores ecológicos de las comunidades de abejas.

Proponer recomendaciones para el monitoreo y acciones de conservación de las comunidades de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.



Informe final de Proyecto de Investigación

6. Hipótesis (si aplica)

Se detectarán cambios significativos en la dinámica ecológica reciente de las comunidades de abejas del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en relación con la que registrada hace más de quince años.

7. Método

7.1. Tipo de investigación.

Investigación básica.

7.2. Enfoque y alcance de la investigación.

Enfoque cuantitativo y de alcance exploratorio, descriptivo y explicativo.

7.3. Diseño de la investigación.

Con el objetivo de determinar si existen cambios recientes en la dinámica ecológica de las comunidades de abejas de la ecorregión Matorral Espinoso del Valle del Motagua, se utilizaron los registros de diversidad de abejas provenientes de dos monitoreos sistemáticos de apifauna, cada uno de un año de duración, y realizados con más de quince años de separación. El primer monitoreo se realizó de octubre de 2004 a octubre 2005, mientras el segundo se realizó de agosto de 2021 a julio 2022.

En ambos monitoreos, las unidades de análisis fueron 14 puntos de muestreo separados por 1 km como mínimo, distribuidos dentro del bosque muy seco tropical del Valle del Motagua, en los departamentos de El Progreso y Zacapa (Figura 1). Durante ambos monitoreos se trabajó en los mismos sitios. En cada monitoreo se realizaron colectas entomológicas cada dos meses durante un año en todos los puntos de muestreo. En total, se realizaron 6 eventos de muestreo (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre) a lo largo del año, por monitoreo.

Obtención de las variables climáticas

Las variables climáticas (temperatura y precipitación) se obtuvieron revisando la información disponible de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) que se encuentran en el área de estudio: No. 16, San Agustín Acasagustlán; No. 322, Proyecto Jícaro; No. 321, Proyecto Usumatlán Palmilla; No. 212, Pasabien; y No. 211, La Fragua, Estanzuela. De las anteriores, solo la No. 16, San Agustín Acasagustlán; No. 212, Pasabien; y No. 211, La Fragua, Estanzuela, tuvieron información disponible de las variables del clima dentro de los



Informe final de Proyecto de Investigación

períodos de los monitoreos sistemáticos. Debido a que se contó con estas fuentes de información, no se utilizó información de fuentes en línea adicionales. Las coordenadas de los sitios de estudio se utilizaron como referencia para la selección de las estaciones meteorológicas incluidas.

Talleres de sensibilización sobre abejas nativas, divulgación de resultados y capacitaciones

Se realizaron 3 talleres en el área de estudio (departamentos de El Progreso y Zacapa), para socializar los resultados de la investigación y promover la sensibilización sobre la importancia de las abejas, y de los polinizadores en general, en la conservación de los bosques secos en el contexto del cambio climático. Los talleres fueron dirigidos a distintos grupos de edad, escolaridad y género. El primer taller fue realizado en la Aldea La Majada, en el Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC), Zacapa, mismo que fue dirigido a 30 participantes, conformados por estudiantes y docentes del Centro. El segundo taller fue impartido en la Aldea El Arenal, Cabañas, Zacapa, donde se contó con la participación de 33 comunitarios de la región. Por último, el tercer taller fue desarrollado en Aldea Ixcanal, Escuela Nohemí Morales de Arjona, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, donde se facilitó la información a 220 niños del establecimiento (anexo 5).

7.4. Población, muestra y muestreo.

Población, muestra y obtención de la información

En esta investigación, la población estudiada fue la apifauna del Valle del Motagua, y la muestra consistió en los ejemplares de abejas silvestres de los bosques secos, de los departamentos de El Progreso y Zacapa (Figura 20A, Apéndice 6), obtenidas a partir de dos monitoreos sistemáticos de un año, con más de quince años de separación. Los muestreos se realizaron como parte de las actividades regulares de investigación de la Unidad de Biodiversidad, con el apoyo del Laboratorio de Entomología Aplicada de la Escuela de Biología, USAC. Los ejemplares se encuentran depositados en la CANG, en las instalaciones centrales de CECON. Asimismo, el trabajo de gabinete de esta investigación se realizó en el laboratorio de la Unidad de Biodiversidad, de febrero a diciembre de 2025.

La información para este proyecto se obtuvo a partir de la revisión minuciosa de los especímenes colectados en los muestreos (4,330 especímenes en total). El trabajo incluyó la corroboración geográfica, taxonómica y ecológica asociada a cada registro, así como la digitalización de la información. Además, se realizó una homogenización de la identificación taxonómica de las abejas de ambos monitoreos, a manera de comparar correctamente ambos conjuntos de datos.

Metodología utilizada en los muestreos sistemáticos de abejas (2004-2005 y 2021-2022)



Informe final de Proyecto de Investigación

Se ubicó 14 sitios de colecta a lo largo del corredor seco del Valle del Motagua, en los cuales la vegetación natural corresponde al ecosistema de matorral espinoso. En cada visita a los sitios se capturaron abejas silvestres en vuelo o directamente sobre las flores, durante una hora. Durante el primer monitoreo se registraron un total de 1,133 especímenes, mismos clasificados en 5 familias y 138 especies; ver anexo 1 (Rodríguez, 2008). No obstante, la revisión de estos especímenes permitió la recuperación de un total de 1,156 individuos que pertenecen a 5 familias y 98 especies y morfoespecies (Tabla 1). Para el segundo monitoreo, se capturaron 3,174 especímenes clasificados en 5 familias y 121 especies y morfoespecies (Tabla 1) (CANG, 2023).

7.5. Técnicas.

Como se explica en la sección anterior, la información se obtuvo a partir de ejemplares depositados en la colección entomológica CANG, que se encuentra ubicada en el edificio de CECON central, en la Ciudad de Guatemala. La colección se encuentra almacenada en cajas de madera estandarizadas para colecciones entomológicas y ubicadas en muebles para colecciones entomológicas. El trabajo de laboratorio y la sistematización de la información fue realizado en estas instalaciones, utilizando equipos de cómputo y equipos ópticos de laboratorio (estereoscopios) que se encuentran a cargo de la Unidad de Biodiversidad.

La revisión taxonómica fue realizada por personal de la Unidad de Biodiversidad con experiencia en taxonomía de abejas. Para esto, se utilizaron claves taxonómicas específicas para abejas, así como documentos y bases de datos en línea. Para la identificación taxonómica se utilizaron estereoscopios ópticos y lupas. La verificación taxonómica fue realizada utilizando la colección de referencia de la CANG, con especímenes identificados por expertos taxónomos. Cuando no fue posible identificar a los especímenes de la forma anteriormente descrita, se consultó a otros taxónomos con experiencia en la apifauna de la región utilizando fotografías y descripciones.

La sistematización de la información fue tabulada en hojas de cálculo de Excel. Se elaboraron bases de datos que incluyeron la información de colecta (fechas, localidades, coordenadas, colectores) de cada espécimen, así como su información taxonómica (familia, género subgénero, especie). Posteriormente, se construyeron matrices con la información correspondiente a cada sitio, para poder realizar los análisis numéricos.

Los análisis estadísticos se realizaron también en computadoras de la Unidad de Biodiversidad. Se utilizó el software estadístico R (R Core Team, 2025), por medio de la consola R Commander para el entorno RStudio (Posit Team, 2025), en el sistema operativo Windows 11.

Informe final de Proyecto de Investigación

7.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.

Tabla 1

Objetivos, variables, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación

Objetivo específico	Variabes	Instrumentos	Unidad de medida o cualificación
A. Describir la diversidad taxonómica total de comunidades de abejas del bosque seco del oriente de Guatemala a partir de dos muestreos entomológicos sistemáticos realizados del 2004 al 2005 y del 2021 al 2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.	<p>Descriptores de la diversidad taxonómica α, transformados por los números de Hill:</p> <p>$q = 0$: riqueza de especies</p> <p>$q = 1$: diversidad de Shannon</p> <p>$q = 2$: índice de Simpson inverso</p>	<p>Libretas de campo con la información de las colectas. Hojas de cálculo para tabular la información.</p> <p>Para calcular las métricas de diversidad se calcularon utilizando la librería <i>hillR</i> en RStudio.</p>	<p>Puntos de muestreo: abejas silvestres capturadas durante una hora, por repetición bimensual, por cada monitoreo sistemático.</p>
B. Describir la composición y recambio de especies entre dos muestreos entomológicos sistemáticos realizados del 2004 al 2005 y del 2021 al 2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.	<p>El recambio de la composición de las comunidades fue analizado con un escalonamiento multidimensional no paramétrico, usando descriptores de la diversidad beta, también transformados por los números de Hill.</p>	<p>Libretas de campo con la información de las colectas. Hojas de cálculo para tabular la información.</p> <p>Las métricas de similitud se calcularon con ayuda de la librería <i>hillR</i> en RStudio.</p>	<p>Puntos de muestreo: abejas silvestres capturadas durante una hora, por bimestre, por cada monitoreo sistemático.</p>
C. Realizar una comparación entre los estimadores de la dinámica ecológica de comunidades de abejas del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, entre dos períodos con más de quince años de diferencia.	<p>Variabes de diversidad α y β obtenidas en los objetivos anteriores.</p>	<p>Hojas de cálculo para tabular y sistematizar la información, y para organizar las métricas calculadas en los objetivos anteriores.</p> <p>Se elaboraron modelos lineales mixtos y modelos lineales generalizados mixtos, además de análisis de PERMANOVA en RStudio.</p>	<p>Puntos de muestreo: abejas silvestres capturadas durante una hora, por repetición bimensual, por cada monitoreo sistemático.</p>



Informe final de Proyecto de Investigación

<p>D. Describir factores ambientales (temperatura y precipitación) y compararlos con los cambios en los estimadores ecológicos de las comunidades de abejas a lo largo del año, para los dos períodos estudiados.</p>	<p>Variables ambientales (temperatura y precipitación).</p>	<p>Las mediciones de las variables se obtendrán a partir de estaciones meteorológicas y bases de datos climáticas.</p> <p>Se comparó las métricas de diversidad taxonómica del objetivo A, a lo largo de un año, para los dos períodos estudiados, por medio de un análisis gráfico.</p>	<p>1) abejas silvestres capturadas durante una hora, por repetición bimensual, por cada punto de muestreo y 2) variación en las variables ambientales (temperatura y precipitación) a lo largo de un año, para los dos períodos estudiados.</p>
<p>E. Proponer recomendaciones para el monitoreo y acciones de conservación de las comunidades de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.</p>	<p>Resultados totales de la investigación, los cuales serán usados como insumos para el análisis general.</p>	<p>Procesador de palabras para redactar recomendaciones, hojas de cálculo y aplicaciones estadísticas para generar gráficas.</p>	<p>Resultados obtenidos de los objetivos anteriores.</p>

7.7. Procesamiento y análisis de la información.

Los cálculos de las métricas de diversidad y los análisis estadísticos se realizaron en el programa *RStudio* (Posit Team, 2025) para R (R Core Team, 2025). Los paquetes específicos que se utilizaron para cada análisis se detallan en cada sección.

Diversidad de abejas: Usando la librería *hillR*, se calcularon las métricas de diversidad α transformadas por los números de Hill: $q = 0$, riqueza de especies; $q = 1$, diversidad de Shannon; y $q = 2$, índice de Simpson inverso (Li, 2022). Estos estimadores de diversidad (como la H' de Shannon), fueron utilizados porque permiten describir las comunidades sobre la base de atributos que toman en cuenta la abundancia de cada especie, y cómo está distribuida la abundancia de individuos entre las distintas especies que componen la comunidad. Sumado a esto, al considerar su transformación a los números de Hill, es posible obtener la diversidad efectiva de las comunidades bajo análisis. Estos métodos se consideran adecuados para este tipo de estudio, ya que permiten la comparación de métricas de diversidad ecológica entre muestras con distinto esfuerzo de muestreo y abundancia heterogénea de especies (Chao & Chui, 2016; Roswell et al., 2021).

Composición y recambio de abejas: Se cuantificó la composición taxonómica y recambio de especies de los muestreos sistemáticos de abejas, usando un análisis de escalonamiento multidimensional no paramétrico, basado en descriptores de la diversidad beta, también transformados por los números de Hill, usando las paqueterías *hillR* (Li, 2022) y *vegan*



Informe final de Proyecto de Investigación

(Oksanen, 2022). Estos descriptores permiten medir el recambio de especies (diversidad β) y así, identificar cambios entre las comunidades que han sido delimitadas en tiempo y espacio, por ejemplo, cambios relacionados a la distancia geográfica o cambios a lo largo del tiempo.

Complejidad del registro de diversidad: Para evaluar la completitud de la diversidad de especies en cada monitoreo, se elaboró una curva de acumulación de especies. Esta fue construida en función del número de especies y morfoespecies detectadas en cada repetición bimensual del monitoreo, con ayuda del programa PAST (Hammer et al., 2001).

Comparación de la diversidad de abejas: Primero, se compararon los descriptores de diversidad α de especies ($q = 0$: riqueza de especies, $q = 1$: diversidad de Shannon y $q = 2$: índice de Simpson invertido) entre las repeticiones bimensuales de cada monitoreo, de forma independiente, mediante modelos lineales mixtos y modelos generalizados lineales mixtos. Los descriptores de diversidad α de especies fueron las variables de respuesta. Las repeticiones bimensuales de muestreo, una variable con seis niveles (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre), fue el factor fijo. El sitio ($n = 14$) fue definido como la variable aleatoria. La variable $q = 0$: riqueza de especies fue modelada siguiendo una distribución binomial, y las variables $q = 1$: diversidad de Shannon y $q = 2$: índice de Simpson, se analizaron mediante la distribución gaussiana. Estos modelos se realizaron usando las librerías *lme4* (Bates et al., 2015) y *nlme* (Pinheiro & Bates, 2025).

Segundo, se buscó comparar las métricas de diversidad de α de especies ($q = 0$: riqueza de especies, $q = 1$: diversidad de Shannon y $q = 2$: índice de Simpson invertido), entre los monitoreos sistemáticos de abejas, usando un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, usando la librería básica de *R*. Sin embargo, las variables de diversidad no se ajustaron al ANOVA, por lo que se optó por el uso de modelos lineales mixtos y modelos generalizados lineales mixtos. Estos permiten mayor flexibilidad sobre la estructura del análisis, al incluir efectos aleatorios. Los descriptores de la diversidad α de especies fueron las variables de respuesta. El monitoreo, una variable con dos niveles (2004-2005) y (2021-2022), fue el factor fijo. El sitio ($n = 14$) fue definido como la variable aleatoria. La variable $q = 0$: riqueza de especies fue modelada siguiendo una distribución binomial, y las variables $q = 1$: diversidad de Shannon y $q = 2$: índice de Simpson, se analizaron mediante la distribución gaussiana. Estos modelos se realizaron usando las librerías *lme4* (Bates et al., 2015) y *nlme* (Pinheiro & Bates, 2025).

Comparación de la composición de abejas: Se comparó la composición de abejas dentro de los monitoreos, de forma individual y entre ambos muestreos sistemáticos por medio de un análisis multivariado de varianza pareado (PERMANOVA), corregido por 999 permutaciones, usando la librería *vegan* (Oksanen, 2022). A diferencia de las métricas de diversidad, la comparación de la composición de las comunidades requiere que se tome en



Informe final de Proyecto de Investigación

cuenta la identidad particular de las especies que componen la comunidad. El enfoque multivariado permite comparar las unidades de muestreo, no solamente en función de cuántas especies hay y qué tan abundantes son, sino también de la medida en la que las comunidades tienen especies en común.

Para analizar la composición dentro de los monitoreos, la matriz de disimilitud basada en la diversidad beta transformada por el método de Hill fue la variable de respuesta. Las repeticiones bimensuales de muestreo, una variable con seis niveles (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre), fue el factor fijo. El sitio ($n = 14$) fue definido como la variable independiente. El sitio fue definido como la variable *strata* o bloque.

La matriz de disimilitud basada en la diversidad beta transformada por el método de Hill fue también la variable de respuesta para analizar la composición entre monitoreos. A su vez, la variable “monitoreo”, con dos niveles (monitoreo 2004-2005) y (monitoreo 2021-2022), fue el factor fijo. El sitio ($n = 14$) fue definido como la variable independiente. El sitio fue definido como la variable *strata* o bloque.

Análisis de las variables ambientales: Las variables ambientales (temperatura y precipitación) de las distintas fuentes (estaciones meteorológicas y bases de datos climáticas) se graficaron usando herramientas de R y el programa PAST (Hammer, et al., 2001). Las variaciones de las variables ambientales dentro de los monitoreos se evaluaron por medio de una prueba de Kruskal-Wallis, y los cambios entre los bimestres de los monitoreos se determinaron por medio de una prueba post-hoc de Dunn usando la librería básica de R. Este análisis permitió explorar posibles patrones que relacionen las variables ambientales con los cambios en la diversidad de la apifauna.

8. Aspectos éticos y legales

Este trabajo fue realizado con especímenes previamente colectados que se encuentran depositados en la CANG del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON-USAC). Los especímenes depositados en la colección forman parte del proyecto permanente de documentación de diversidad de abejas nativas de Guatemala “Distribución e Historia Natural de las Abejas Nativas en Guatemala”, mismo que se realiza bajo la licencia de investigación DVCB 18-2021 y licencia de colecta con correlativo serie B No. 01569, emitidas por CONAP.



Informe final de Proyecto de Investigación

9. Resultados y discusión

9.1. Resultados

Se revisaron 4,330 especímenes entomológicos que corresponden a 138 especies/morfoespecies de abejas nativas de Guatemala. Los especímenes y su información asociada provienen de dos monitoreos sistemáticos realizados en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en los departamentos de El Progreso y Zacapa. A partir del monitoreo 2004-2005, se encontraron 1,156 individuos de 98 especies, mientras que a partir del monitoreo 2021-2022, se registraron 3,174 individuos de 121 especies. La frecuencia de cada especie para cada monitoreo se detalla en la Tabla 6 (Apéndice 11).

Para evaluar la suficiencia del esfuerzo de muestreo, se realizaron curvas de acumulación de especies para ambos monitoreos, utilizando el estimador Mao Tao (Figura 1), tanto por período bimestral (paneles a y b), como por cada monitoreo en total (paneles b y c). En el primer monitoreo (2004-2005) se muestra que la mayor riqueza esperada se alcanzaría en el bimestre entre junio y julio, con una acumulación máxima de aproximadamente 60 especies, mientras que en el segundo monitoreo (2021-2022), en el bimestre de octubre y noviembre se estima una acumulación de aproximadamente 80 especies. Las curvas para los monitoreos completos (b y c) muestran una tendencia a estabilizarse al completarse el ciclo anual de muestreos, sin embargo, el error estándar aumenta con cada adición de muestreo, por lo que posiblemente para ambos casos, todavía no ha llegado a estabilizarse. Cabe indicar que en el primer monitoreo hubo sitios de donde no se reportaron capturas de especímenes, por lo que dichos sitios no suman a la acumulación de especies y por lo tanto, algunos bimestres cuentan con menor número de sitios con especies reportadas.

Diversidad α

La riqueza total fue calculada utilizando los números de Hill ($q = 0$ para la riqueza, $q = 1$ para la diversidad de Shannon, y $q = 2$ para el índice de Simpson), para cada período bimestral de cada monitoreo. En el segundo monitoreo se encontró un número mayor de especies, para todos los bimestres (Figura 2). En el primer monitoreo se registró la mayor riqueza en el bimestre de junio y julio, mientras que en el segundo monitoreo se registró una mayor riqueza en el bimestre de enero y febrero. En cuanto a las medidas de diversidad de Shannon y Simpson, los patrones de diversidad son similares para ambos monitoreos, donde los bimestres con valores más altos corresponden a los meses entre octubre y mayo (Figuras 3 y 4).

Informe final de Proyecto de Investigación

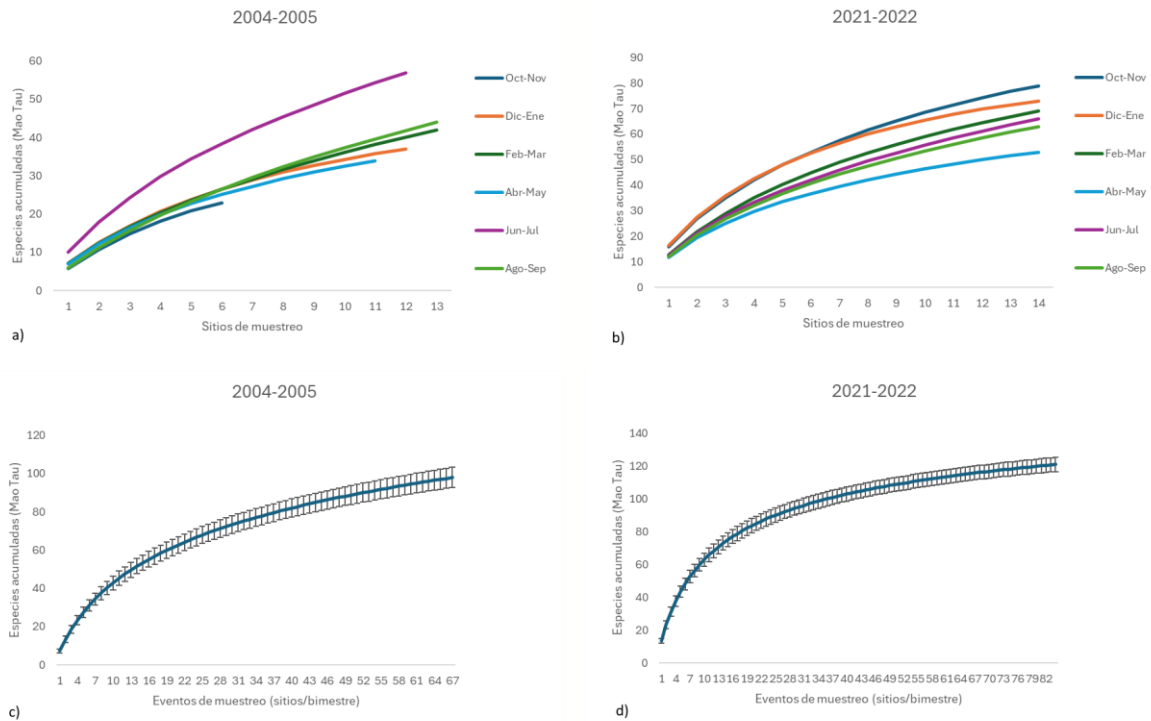


Figura 1. Curvas de acumulación de especies de dos monitoreos (2004-2005) y (2021-2022) realizados en 14 sitios en el bosque seco del El Progreso y Zacapa. En cada monitoreo, se realizaron seis repeticiones bimensuales (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre). Paneles a y b: monitoreo 2004-2005, número máximo de especies acumuladas: 98, EE = 5.3; paneles c y d: monitoreo 2021-2022 número máximo de especies acumuladas: 121, EE = 4.3.

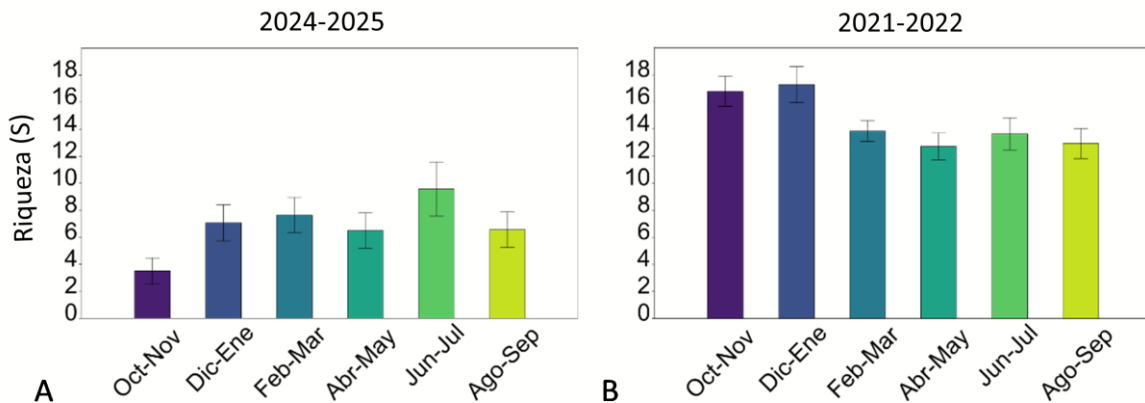


Figura 2. Riqueza efectiva de especies de abejas calculada mediante el número de Hill $q = 0$ para dos monitoreos sistemáticos de un año de duración. A: 2004-2005, y B: 2021-2022. Los datos corresponden a colectas entomológicas realizadas en 14 sitios del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. Las columnas representan la riqueza promedio por bimestre, con barras de error estándar.

Informe final de Proyecto de Investigación

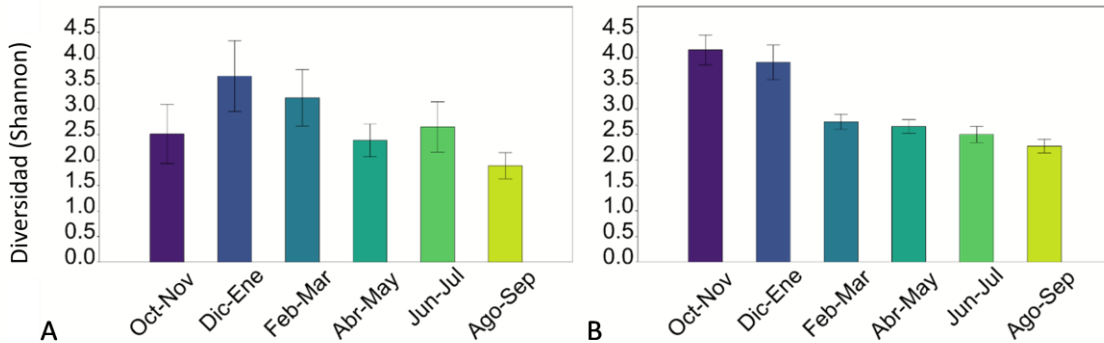


Figura 3. Diversidad de especies de abejas calculada mediante el número de Hill $q = 1$, con base en el índice de Shannon, para dos monitoreos sistemáticos de un año de duración. A: 2004-2005, y B: 2021-2022. Los datos corresponden a colectas entomológicas realizadas en 14 sitios del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. Las columnas representan la diversidad promedio por bimestre, con barras de error estándar.

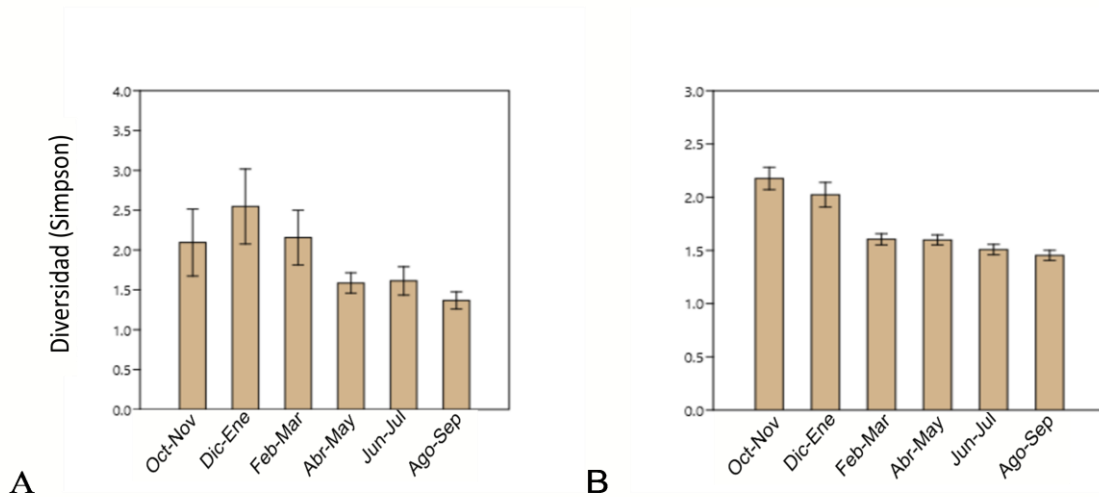


Figura 4. Diversidad de especies de abejas calculada mediante el número de Hill $q = 2$, con base en el índice de Simpson, para dos monitoreos sistemáticos de un año de duración. A: 2004-2005, y B: 2021-2022. Los datos corresponden a colectas entomológicas realizadas en 14 sitios del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. Las columnas representan la diversidad promedio por bimestre, con barras de error estándar.



Informe final de Proyecto de Investigación

Diferencias en la diversidad dentro y entre los monitoreos

Se encontraron diferencias significativas en los valores de la diversidad α entre los períodos bimestrales, para ambos monitoreos. Para el primer monitoreo (2004-2005), se encontró que la diversidad de Shannon fue significativamente mayor en el bimestre diciembre-enero ($p=0.03$). Para el segundo monitoreo (2021-2022), se encontró diferencia significativa en la riqueza (S) para el bimestre octubre-noviembre ($p=0.004$), y en la diversidad (para los índices de Shannon y Simpson) en el bimestre diciembre-enero ($p=0.001$, Tabla 2).

En cuanto a las diferencias entre monitoreos, se encontró que la riqueza (S) fue significativamente mayor en el monitoreo 2021-2022 ($p<0.001$, Figura 5), pero no se encontraron otras diferencias significativas (Figuras 6 y 7).

Tabla 2

Modelos lineales mixtos y modelos lineales mixtos generalizados explicativos de la variación de la riqueza y diversidad efectiva de abejas dentro de dos monitoreos sistemáticos de 2004-2005 y 2021-2022 en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa.

En cada monitoreo, se realizaron seis repeticiones bimensuales (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre). Se muestran únicamente las variaciones significativas dentro de los monitoreos. Valores de significancia: '' = 0.01, '**' = 0.001 y '***' = 0.0001.*

Variable de respuesta	Monitoreo	Bimestre	Estimador	Error estándar	Valor	p	
Diversidad ($q = 2$)	2004-2005	Diciembre-Enero	0.95	0.44	2.19	0.03	*
Riqueza "S" ($q = 1$)	2021-2022	Octubre-Noviembre	0.28	0.09	2.83	0.004	**
Diversidad ($q = 1$)	2021-2022	Diciembre-Enero	1.26	0.3	4.28	0.001	***
Diversidad ($q = 2$)	2021-2022	Diciembre-Enero	0.42	0.11	4.14	0.001	***

Informe final de Proyecto de Investigación

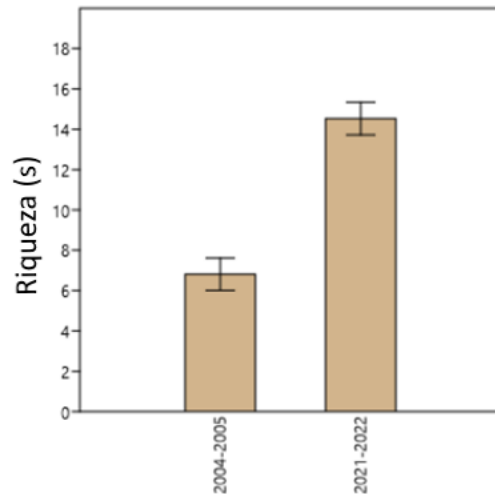


Figura 5. Riqueza (S) de especies de abejas en dos monitoreos sistemáticos (2004-2005) y (2021-2022) realizados en 14 sitios en Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. La riqueza de especies fue calculada mediante el número de Hill $q = 0$, o riqueza verdadera, para seis repeticiones bimensuales por monitoreo. Para cada monitoreo, la riqueza va acompañada del error estándar. Se encontró diferencia significativa entre la riqueza total registrada entre los dos monitoreos ($p < 0.001$).

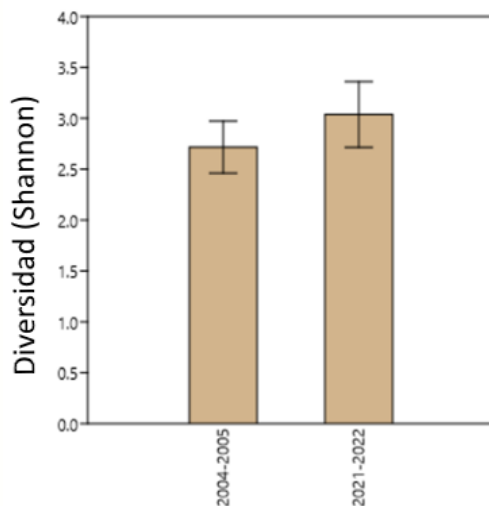


Figura 6. Diversidad de especies de abejas en dos monitoreos sistemáticos (2004-2005) y (2021-2022) realizados en 14 sitios en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. La diversidad de especies fue calculada mediante el número de Hill $q = 1$, o diversidad verdadera en base en el índice de Shannon, para seis repeticiones bimensuales por monitoreo. Para cada monitoreo, la diversidad va acompañada del error estándar. No se encontraron diferencias significativas.

Informe final de Proyecto de Investigación

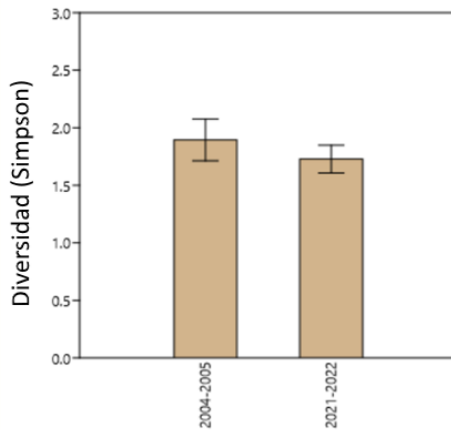


Figura 7. Diversidad de especies de abejas en dos monitoreos sistemáticos (2004-2005) y (2021-2022) realizados en 14 sitios en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. La diversidad de especies fue calculada mediante el número de Hill $q = 2$, o diversidad verdadera en base en el índice de Simpson inverso, para seis repeticiones bimensuales por monitoreo. Para cada monitoreo, la diversidad va acompañada del error estándar. No se encontraron diferencias significativas.



Informe final de Proyecto de Investigación

Tabla 3

Modelo lineal mixto generalizado explicativo de la variación de la riqueza efectiva de abejas entre dos monitoreos sistemáticos de (2004-2005) y (2021-2022) en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa.

*Se muestran únicamente las variaciones significativas entre los monitoreos. Valor de significancia: '***' = 0.0001.*

Variable de respuesta	Monitoreo	Estimador	Error estándar	Valor	P
Riqueza ($q = 0$)	2021-2022	0.78	0.08	9.59	<0.001 ***

Diversidad β

La composición de especies de las comunidades de abejas del Matorral Espinoso del Valle del Motagua mostró diferencias significativas entre los períodos bimestrales para ambos monitoreos (PERMANOVA, $p < 0.05$). En el primer monitoreo (2004-2005), el bimestre que muestra una diferenciación respecto a los otros en cuanto a la composición de especies es el de octubre-noviembre (Figura 8), mientras que en el segundo monitoreo (2021-2022), el bimestre agosto-septiembre muestra una mayor diferencia en cuanto a la identidad taxonómica de las especies encontradas (Figura 9). No se encontró una diferencia significativa entre la composición de especies de ambos monitoreos (Figura 10).

Variación en la temperatura y precipitación durante los monitoreos

Tanto la temperatura como la precipitación mostraron diferencias significativas a lo largo del año (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$; Post-hoc Dunne, $p < 0.05$). Para ambos monitoreos, se encontraron diferencias significativas en los bimestres de la temporada de lluvia (entre mayo y septiembre), respecto a los bimestres secos (entre octubre y abril). Tanto para la temperatura como para la precipitación, se registran valores significativamente entre mayo y septiembre. Asimismo, los valores de precipitación promedio son notablemente más bajos para el período 2021-2022, respecto al período 2004-2005 (Figuras 11 y 12).

Informe final de Proyecto de Investigación

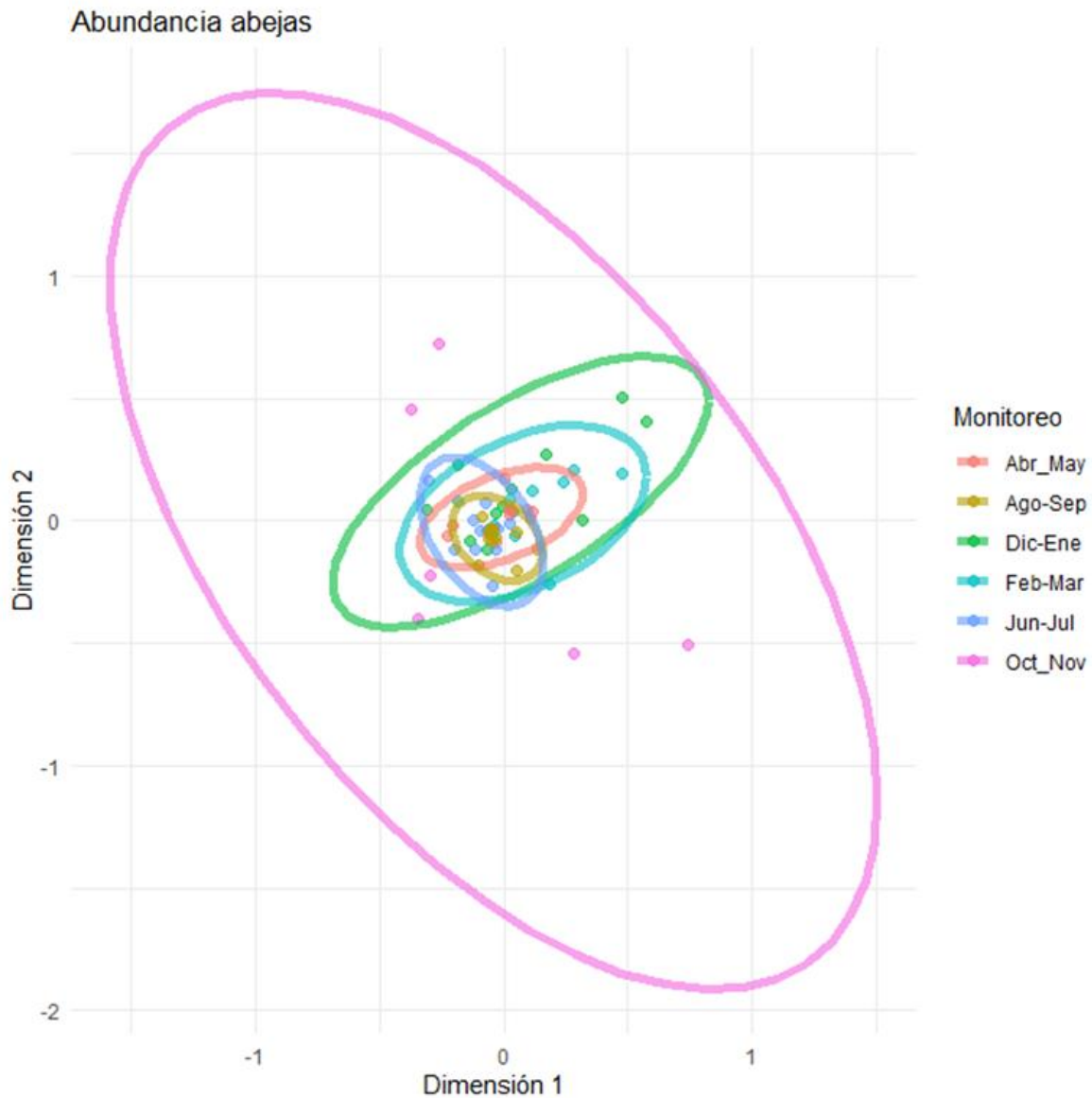


Figura 8. Análisis multidimensional escalonado de la composición de especies de abejas en el monitoreo (2004-2005) realizado en 14 sitios en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. El análisis fue realizado en base a la métrica de diversidad beta, misma expresada en términos de los números de Hill, para las seis repeticiones bimensuales del monitoreo. Las repeticiones están representadas por las elipses. La composición de especies fue significativamente diferente entre las repeticiones del monitoreo (PERMANOVA, $p < 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

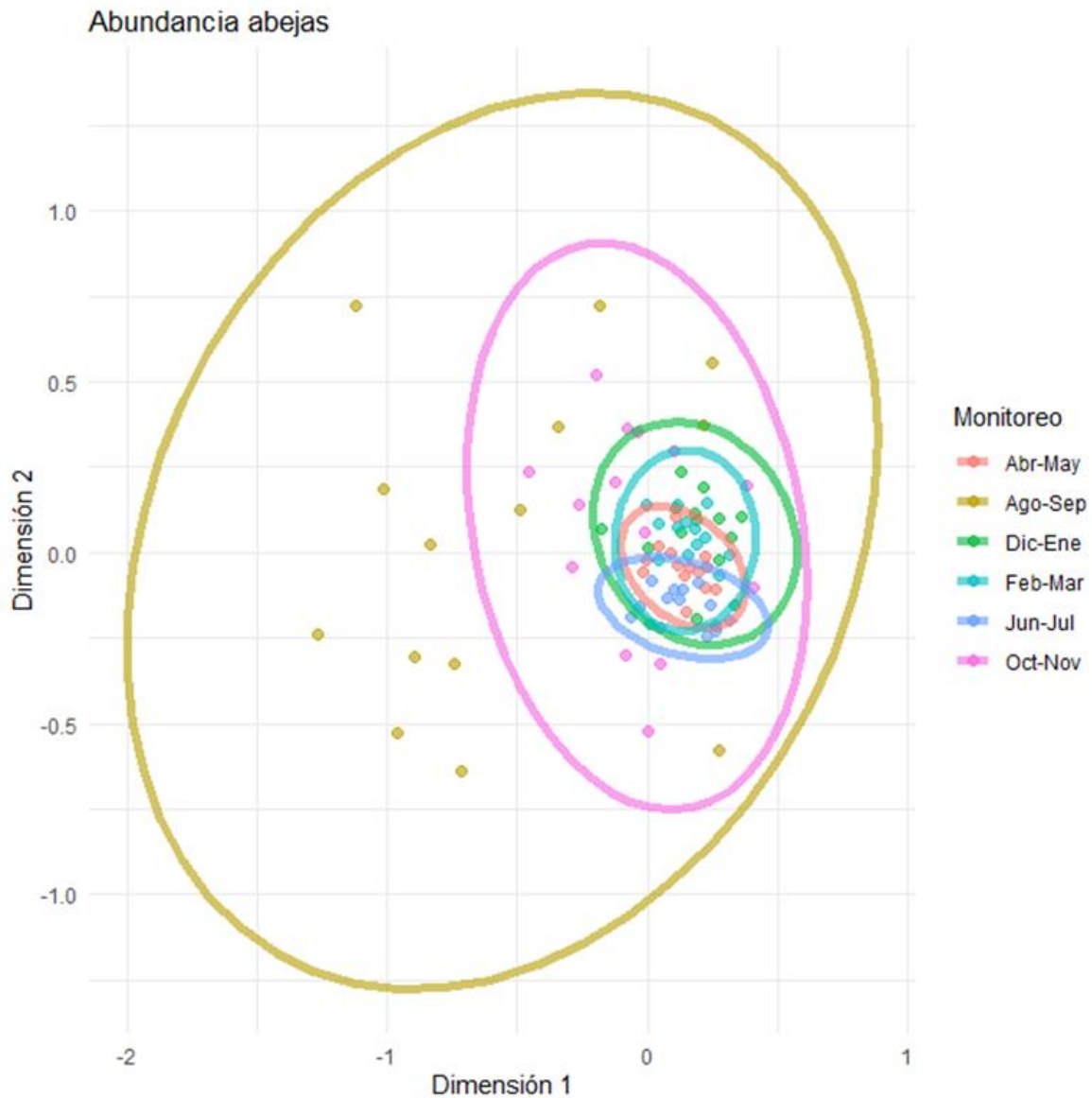


Figura 9. Análisis multidimensional escalonado de la composición de especies de abejas en el monitoreo (2021-2022) realizado en 14 sitios en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. El análisis fue realizado en base a la métrica de diversidad beta, misma expresada en términos de los números de Hill, para las seis repeticiones bimensuales del monitoreo. Las repeticiones están representadas por las elipses. La composición de especies fue significativamente diferente entre las repeticiones bimensuales del monitoreo (PERMANOVA, $p < 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

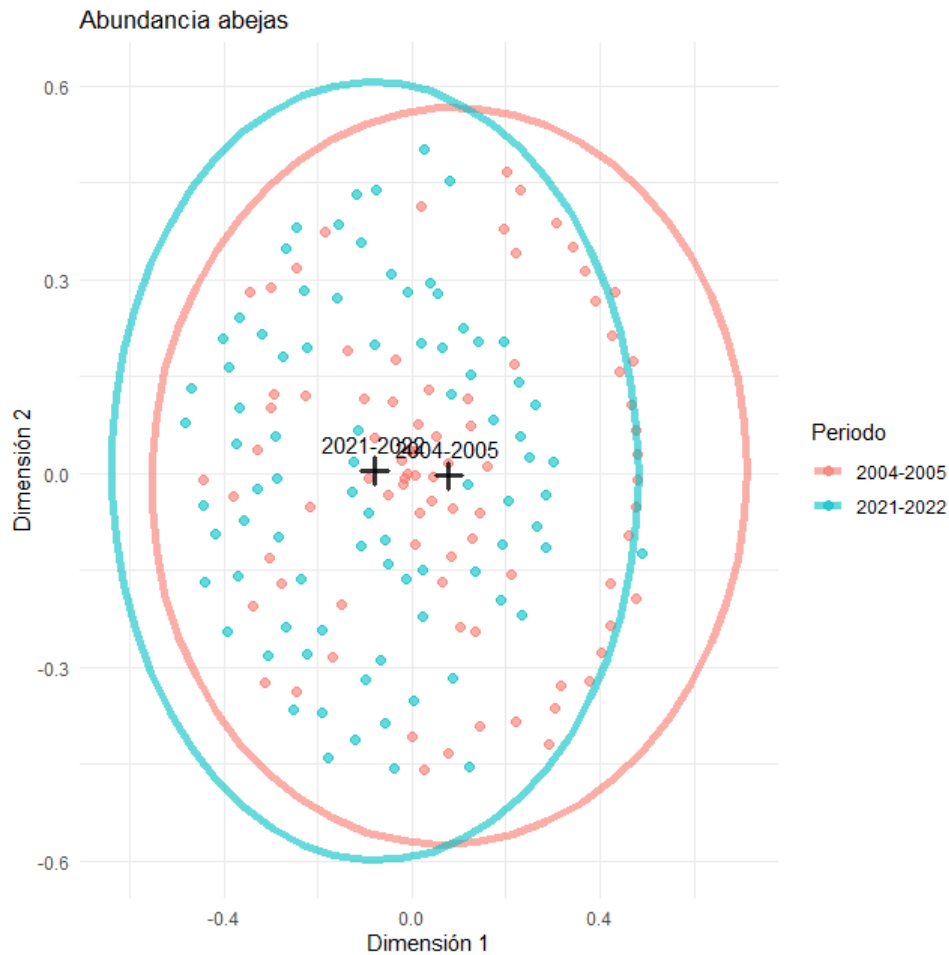


Figura 10. Análisis multidimensional escalonado de la composición de especies de abejas en dos monitoreos (2004-2005) y (2021-2022) realizados en 14 sitios en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa. El análisis fue realizado en base a la métrica de diversidad beta, misma expresada en términos de los números de Hill. No se detectaron cambios significativos en la composición de las especies de abejas entre ambos monitoreos (PERMANOVA, $p > 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

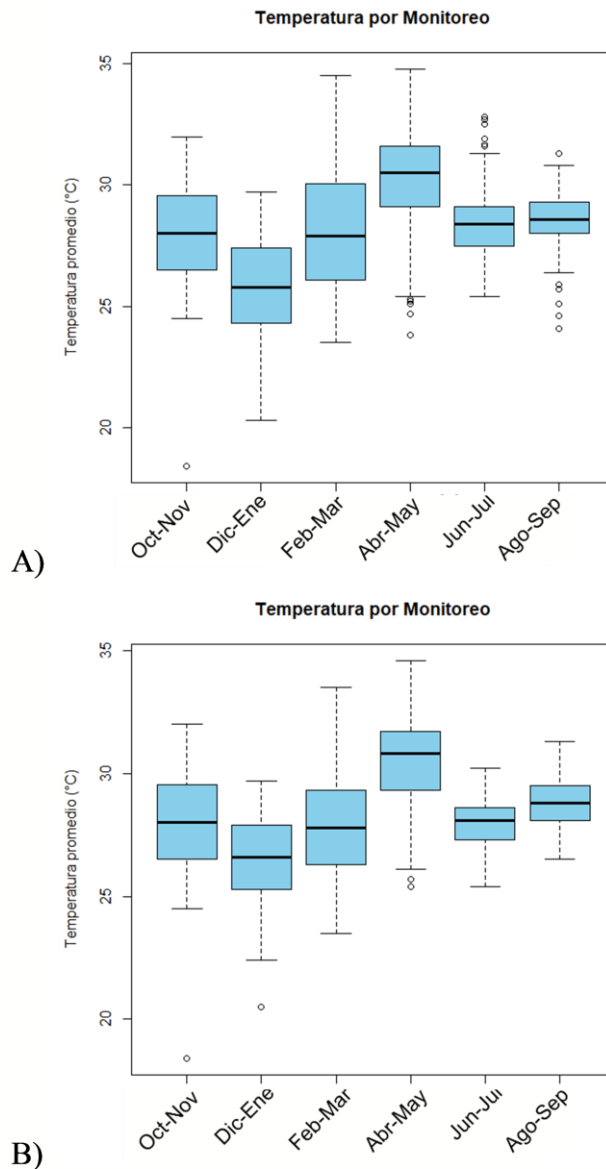


Figura 11. Variación en la temperatura promedio en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa, durante (2004-2005) y (2021-2022). Los registros de temperatura se agrupan de forma bimensual, acorde a las seis repeticiones bimensuales (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre) del monitoreo sistemático de abejas. Panel A: valores de temperatura promedio para el período 2004-2005. Panel B: valores de temperatura promedio para el período 2021-2022. Se encontraron variaciones significativas de la temperatura promedio de ambos períodos de tiempo (Kruskal Wallis, $p < 0.05$) y diferencias significativas de todos los bimestres dentro de cada período (Post-hoc Dunne, $p < 0.05$).

Informe final de Proyecto de Investigación

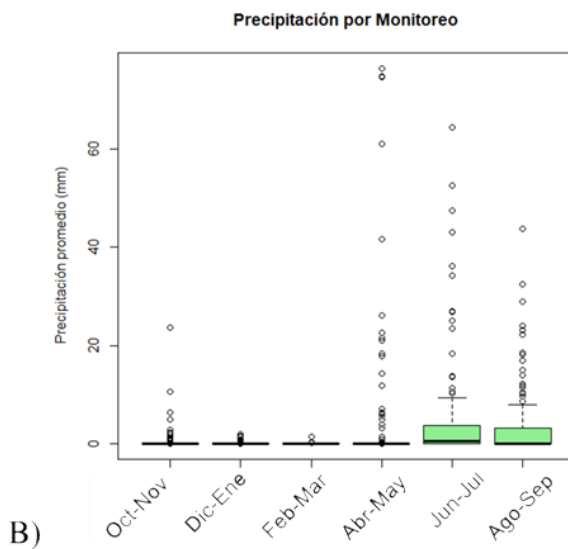
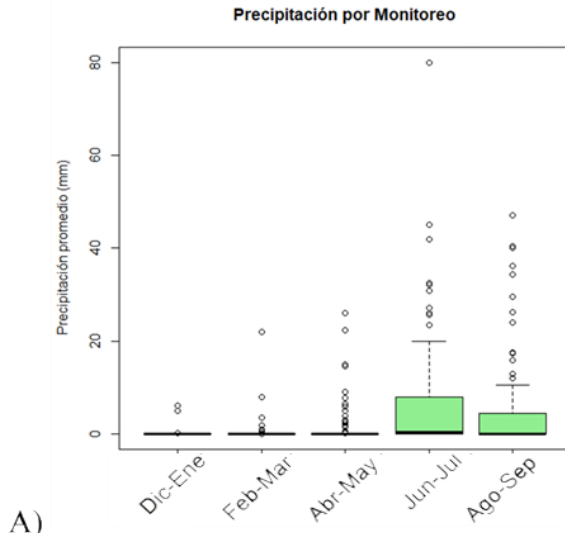


Figura 12. Variación en la precipitación promedio en Matorral Espinoso del Valle del Motagua, en El Progreso y Zacapa durante (2004-2005) y (2021-2022). Los registros de precipitación se agrupan de forma bimensual, acorde a las seis repeticiones bimensuales (octubre-noviembre, diciembre-enero, febrero-marzo, abril-mayo, junio-julio, agosto-septiembre) del monitoreo sistemático de abejas, mismas están representadas en orden cronológico (de 1 al 6). Panel A: valores de precipitación promedio para el período 2004-2005. Panel B: valores de precipitación promedio para el período 2021-2022. Se encontraron variaciones significativas de la precipitación promedio de ambos periodos de tiempo (Kruskal-Wallis, $p < 0.05$), pero no todos los bimestres fueron diferentes dentro de cada periodo; los bimestres entre abril y septiembre mostraron diferencias significativas respecto del resto (Post-hoc Dunne, $p < 0.05$), estos bimestres constituyen la época lluviosa en el área de estudio.



Informe final de Proyecto de Investigación

9.2. Discusión

Cambios dentro de los monitoreos y su relación con las variables ambientales

En el monitoreo del período 2004-2005, la diversidad de abejas mostró un aumento significativo en el bimestre de diciembre-enero. En cuanto al monitoreo del período 2021-2022, se encontró un incremento significativo de la riqueza de abejas en el bimestre de octubre-noviembre, mientras que la diversidad de abejas incrementó en el bimestre de diciembre-enero. Además, de manera consistente, se detectó un incremento en la diversidad de abejas en el bimestre de diciembre-enero, en ambos monitoreos, con una separación de más de 15 años entre cada muestreo. En conjunto, estos hallazgos parecen indicar que la estructuración de las comunidades de abejas, en términos de su riqueza y diversidad de especies, está relacionada con los bimestres de octubre-noviembre y diciembre-enero, mismos que representan la época seca en el área de estudio.

De manera general, la estacionalidad climática, o el cambio de la época seca a época lluviosa, ha sido identificada como un factor modificador de la diversidad de las abejas en bosques tropicales. La temporada de lluvias generalmente favorece positivamente la disponibilidad de recursos florales, que, a su vez, aumentan la frecuencia y actividad de las abejas (Alvarenga et al., 2020; Cortés-Flores et al., 2023; de Asis et al., 2021; Escobedo-Kenefic et al., 2020; Galbraith et al., 2020; Mayr et al., 2021; Poveda-Coronel et al., 2018; Rabeling et al., 2019; Ramírez et al., 2015; Souza et al., 2017). En bosques secos tropicales, el crecimiento de las plantas suele relacionarse positivamente con la temporada de lluvias, pero su fenología no sigue el mismo patrón, llegando a observarse una relación asincrónica entre ambos procesos. En el contexto de esta investigación, la asincronía en la floración de las plantas con la precipitación, y su posible pico durante la época seca, puede explicar los altos niveles de diversidad de abejas silvestres. Se ha observado que recursos florales importantes para abejas en bosques secos, como miembros de la familia Fabaceae, son altamente frecuentes en época seca, factor que puede explicar la alta actividad y diversidad de abejas (Flóres-Gómez et al., 2020).

También se observaron cambios significativos en la composición de abejas entre los bimestres de ambos monitoreos (2004-2005) y (2021-2022). Esto sugiere que cada bimestre, principalmente los que se encuentran en la temporada seca, contribuyen con especies distintas de los bimestres contiguos, lo cual favorece el recambio global en la comunidad del área de estudio. La variación en la composición de las especies, a escala bimensual, se ha relacionado con la sincronía de la floración de las plantas y la actividad de abejas y los picos de precipitación en bosques tropicales (Casiá-Ajché et al., 2024). No obstante, y considerando la aparente relación asincrónica de la floración y la diversidad de abejas, es posible que otros factores como la floración específica de determinados recursos florales importantes para las abejas, pueda explicar los cambios en la composición de las comunidades. Es necesario indagar más la relación de ambos procesos, pero esto ya se encuentra fuera de los objetivos de esta investigación.



Informe final de Proyecto de Investigación

Cambios entre de los monitoreos y su relación con las variables ambientales

Se encontró una diferencia significativa en la riqueza de abejas entre ambos monitoreos (2004-2005) y (2021-2022), con un notable aumento en el número de especies durante el período (2021-2022). Al considerar las curvas de acumulación de especies de ambos monitoreos, no se observaron diferencias en el comportamiento de sus curvas a pesar de la diferencia en el número de registros incluidos, sin embargo, si se observa un comportamiento más regular para el segundo monitoreo, en el cual se registró un número mayor de especímenes. Estas diferencias apuntan a una relación positiva entre el número de individuos capturados y el número de especies detectadas en los monitoreos (Ugland et al., 2003). Dicho patrón es el factor explicativo del aumento significativo de la diversidad de especies en el monitoreo más reciente.

Por otra parte, no se observaron diferencias significativas entre la diversidad y composición de abejas entre ambos monitoreos (2004-2005) y (2021-2022). Estudios anteriores, en un marco prospectivo de más de 10 años de separación entre sus comparaciones, han encontrado disminuciones significativas en la persistencia de las poblaciones de los abejorros *Bombus variabilis* Cresson, 1872 (Hatfield et al., 2016), *Bombus medius* Cresson, 1863 (Escobedo-Kenefic et al., 2015), *Bombus brachycephalus* Handlirsch, 1868 (Pineda Diez de Bonilla, 2015) en México y Centroamérica, y en la abeja sin aguijón *Geotrigona acapulconis* (Strand, 1917) (Escobedo-Kenefic et al., 2021) en Guatemala. Las abejas anteriormente mencionadas son consideradas como especialistas en el uso de los recursos del hábitat, y en el contexto de la disminución de los hábitats naturales, la asociación entre ambas condiciones puede contribuir a explicar la baja detección de las especies. En esta investigación, el segundo monitoreo capturó cerca de tres veces más el número individuos en relación del primer monitoreo, y aún más importante, se logró detectar el 80 % de las especies encontradas en el monitoreo antecesor. Además, cabe señalar que los patrones de diversidad en el segundo monitoreo muestran menos variación entre y dentro de las repeticiones bimensuales. Aunque la diversidad total entre monitoreos no tuvo cambios significativos, sí se observa una disminución en los valores de diversidad para algunas repeticiones bimensuales, en relación con lo observado en el primer monitoreo. En este sentido, la diversidad de las comunidades de abejas persiste en el área, pero la frecuencia de sus especies puede haber disminuido en estos quince años, con énfasis en las especies especialistas. Por ello, en esta investigación fue necesario cerca del triple de esfuerzo de muestreo en el segundo monitoreo para encontrar a las especies, generalistas y especialistas, encontradas con anterioridad.

Entre el año 2000 y el 2022, la temperatura global promedio aumentó en casi 0.6° C, en comparación con el aumento reportado entre 1980 y el 2000, que fue de 0.26 °C (NASA, 2025). En Guatemala, se ha estimado un aumento de la temperatura anual de 0.8°C, desde el período 1973-2000 a el período 2001-2019 (Programa Ambiental de las Naciones Unidas GRID-Geneva, n.d.). El país ha experimentado incrementos en la temperatura en las últimas décadas. Sin embargo, las mediciones de estaciones meteorológicas del área señalan la persistencia de la temperatura y precipitación promedio en los últimos 15 años. A escala global y de país, los efectos del cambio climático global ya son evidentes e



Informe final de Proyecto de Investigación

irrefutables, pero a nivel local, como el área de estudio, aún no se manifiestan; estos efectos podrían estar en proceso de intensificación, mismos que se prevé que sean evidentes en el futuro cercano, con posibles efectos en las dinámicas de las abejas silvestres.

Recomendaciones para el monitoreo y acciones de conservación de las comunidades de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua

En cuanto al monitoreo, se recomienda lo siguiente:

El monitoreo sistemático es una de las mejores estrategias para documentar los posibles cambios en la diversidad biológica ante el cambio climático. Estos monitoreos permiten determinar tendencias en cambios en la dinámica ecológica de las comunidades y relacionar dichos cambios estructurales en las comunidades a las alteraciones climáticas (Mawdsley et al., 2009).

Respecto al diseño del monitoreo, se recomienda separar los sitios de muestreo por al menos 1 km de distancia entre ellos. Esto permitirá asegurar su independencia en el análisis, así como la posibilidad de realizar análisis espaciales que incluyan variables de uso del suelo.

El esfuerzo de muestreo deberá de incrementarse conforme se realicen monitoreos en el futuro. En el monitoreo 2021-2022 se requirió de cerca del triple de individuos para poder encontrar el 80% de las especies encontradas en el monitoreo 2004-2005. Es posible que esta tendencia siga en el futuro, por lo que posiblemente sea necesario aumentar el número de individuos capturados para potencialmente detectar a todas las especies en el área de estudio.

En cuanto a estrategias de conservación, se recomienda lo siguiente:

Promover la agricultura agroecológica en la región de estudio. La deforestación por el avance de las áreas de cultivo intensivos es una de las amenazas para las comunidades de abejas silvestres.

Proponer programas de restauración de bosques con vegetación nativa del área de estudio, principalmente arbustos y árboles. Estos grupos de plantas ofrecen diversos recursos para las abejas, entre ellos néctar y polen del cual se alimentan los adultos y sus larvas, pero también proveen sitios para la elaboración de sus nidos en el interior de troncos y ramas.

Dar continuidad a los talleres de sensibilización de conservación de abejas en el área de estudio.



Informe final de Proyecto de Investigación

10. Propiedad intelectual

No aplica

11. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 4

Beneficiarios directos e indirectos de la investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de Beneficiarios indirectos
Contribuciones al conocimiento de la diversidad de abejas en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua. Esto será de utilidad en las futuras propuestas de manejo, gestión y protección de los ecosistemas y recursos naturales del Valle del Motagua, así como las dirigidas a promover la seguridad alimentaria de las poblaciones locales de la región.	Entidades públicas y privadas encargadas de la gestión de la biodiversidad, seguridad alimentaria y resiliencia al cambio climático (Conap, MAGA, administradores de áreas protegidas públicas y privadas, entre otros).	10	Pobladores del corredor seco del valle del Motagua	2,000,000
Aportar evidencia sobre cambios en la dinámica ecológica de abejas, y su posible relación con cambios en las variables ambientales (temperatura y precipitación) en el Valle del Motagua. De encontrarse con cambios significativos en la diversidad y riqueza de especies, se informará sobre estos	Sector académico, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y de las sedes departamentales de El Progreso y Zacapa (CUNPROGRESO Y CUNZAC). Entidades que se ocupan del estado de conservación de	5 10	Estudiantes de pregrado y posgrado que recibieron entrenamiento en investigación y capacitaciones Usuarios de la información.	50 200



Informe final de Proyecto de Investigación

Resultados, productos o hallazgos	Beneficiarios directos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos (institución, organización, sector académico o tipo de personas)	Número de Beneficiarios indirectos
cambios y sus posibles implicaciones. Asimismo, se generarán recomendaciones para el monitoreo de especies de abejas en bosques secos.	especies silvestres (CONAP, UICN, entre otras).			
Por medio de varios talleres se fortalecerán las capacidades locales para gestionar y proteger la diversidad de abejas nativas, en beneficio de la conservación de los ecosistemas y el mantenimiento de los servicios provistos por los mismos, principalmente los relacionados a seguridad alimentaria y resiliencia ante el cambio climático. Se buscará la sensibilización e involucramiento de las comunidades para promover su participación en las acciones de conservación.	Pobladores de las comunidades del Valle del Motagua que recibirán los talleres.	33	Población general de las comunidades alcanzadas.	700



Informe final de Proyecto de Investigación

12. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Tabla 5

Medios de presentación de resultados y productos del proyecto

	Sí	No
Presentación TV		X
Entrevistas radiales		X
Podcast		X
Entrevista DIGI		X
Recursos audiovisuales		X
Congresos científicos nacionales o internacionales	X (Apéndice 9, 10)	
Talleres	X (Apéndice 5)	
Publicación de libro	X (Apéndice 7)	
Publicación de artículo científico		X
Divulgación por redes sociales institucionales		X
Presentación pública	X (Apéndices 1, 2, 3, 4)	
Presentación autoridades USAC	X (Apéndice 8)	
Presentación a beneficiarios directos	X (Apéndice 5)	
Entrega de resultados		
Docencia en grado		X
Docencia postgrado		X
Póster científico	X (Apéndice 9)	
Trifoliales		X
Conferencias	X (Apéndice 10)	
Otro (describa)		X



Informe final de Proyecto de Investigación

13. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

Esta investigación contribuye a distintas metas establecidas en el Plan Nacional de Desarrollo “K’atun Nuestra Guatemala 2032”, relacionadas a la gestión y protección de los ecosistemas y recursos naturales, así como a la seguridad alimentaria. Las principales metas a las que contribuirá esta propuesta se encuentran dentro del área prioritaria de “acceso al agua y gestión de los recursos naturales”, en específico las 15.2, 12.2 y E4P2M, relacionadas al mantenimiento y restauración de los bosques naturales. Esto se debe a que se generará información sobre posibles riesgos y prioridades de conservación para las dinámicas ecológicas de las abejas, que son polinizadores clave para la mayoría de los ecosistemas terrestres, y por lo tanto, para la producción de semillas necesarias para la regeneración de los bosques. También contribuye a la meta 13.1, relacionada a fortalecer la resiliencia relacionada con el clima, al promover la conservación de ecosistemas funcionales y productivos que representen un activo para afrontar los retos planteados por el cambio climático, y al aportar una herramienta de monitoreo útil para evaluar los efectos del cambio climático en el área de estudio. Asimismo, contribuye a la prioridad de “seguridad alimentaria y nutricional”, pues se enfoca en las dinámicas ecológicas del grupo más importante de animales proveedores del servicio de polinización que beneficia a tres cuartas partes de los productos agrícolas que se cultivan para la alimentación humana.

Debido a la importancia del grupo estudiado para el mantenimiento y restauración de los ecosistemas y para la producción agrícola, la información generada es de utilidad en la planificación de estrategias para abordar distintas metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que están relacionadas a los servicios de los ecosistemas. Los principales objetivos a los que se contribuye son: 1 (“fin de la pobreza”, ya que los ecosistemas proveen a las comunidades de medios de subsistencia), 2 (“hambre cero”, porque el mantenimiento del servicio de polinización es vital para la agricultura), 13 (“acción por el clima”, ya que el estudio se enfoca en generar información de utilidad para evaluar los efectos del cambio climático en un ecosistema vulnerable), y 15 (“vida de ecosistemas terrestres”, ya que el grupo estudiado es clave en el servicio ecosistémico de polinización, necesario para la sobrevivencia de los ecosistemas).

La generación de información verificable y actualizada sobre las dinámicas ecológicas dentro de los ecosistemas contribuye a elaborar estrategias de conservación de la biodiversidad fundamentadas y eficientes. Por esta razón, al proveer de información que sirva para mejorar el mantenimiento y manejo sustentable de los ecosistemas, principalmente frente a los retos que plantea el cambio climático, los productos de esta investigación contribuyen al bienestar de las personas en el área de estudio.

Asimismo, los resultados de este estudio generan información sobre del estado de la diversidad de abejas silvestres en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua, lo que



Informe final de Proyecto de Investigación

contribuye al conocimiento de la diversidad biológica a nivel nacional y regional. En este sentido, se espera que los resultados de este estudio sean transmitidos a la comunidad científica y a la población en general, por medio de al menos los siguientes productos:

- Un informe técnico presentado a la DIGI, donde se detallen los resultados obtenidos a partir de la investigación.
- Un taller de técnicas para el monitoreo de abejas en los bosques secos del oriente de Guatemala, dirigido principalmente a estudiantes universitarios de los departamentos de El Progreso y Zacapa.
- Tres talleres con comunidades del área de estudio enfocados a sensibilizar la importancia de las abejas nativas, su conservación y uso sostenible, así como para socializar los resultados de la investigación.
- Una propuesta de metodología de monitoreo de diversidad de abejas como indicadores de los efectos del cambio climático sobre la biodiversidad en los bosques secos.
- Al menos una publicación científica en una revista arbitrada nacional o internacional.
- Organización de un simposio sobre usos tradicionales y contemporáneos de los artrópodos y la presentación de una Estrategia Nacional para la Conservación y Uso Sostenible de las Abejas Sin Aguijón en Guatemala.
- Tres participaciones en modalidad de póster científico en el XIV Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas, celebrado en diciembre de 2025, en Heredia, Costa Rica.
- Publicación del libro “Abejas Urbanas de Guatemala: Importancia y Manejo” (ISBN: 978-9929-570-14-6).

Se logró un acercamiento a comunidades del área de estudio, por medio de capacitaciones, intercambios y experiencias, que promuevan la valoración de la biodiversidad, en particular de las abejas nativas, y provean herramientas para el involucramiento de la comunidad en la conservación de sus recursos locales. Estos acercamientos también se plantearon como una oportunidad para promover el acercamiento del equipo de investigación con las comunidades, en vista de fortalecer la comunicación y generar oportunidades para atender las necesidades de la población en cuanto a asesoría en temas relacionados a abejas nativas.

Adicionalmente, se contribuyó al fortalecimiento de la investigación dentro de la Universidad de San Carlos de Guatemala y el conocimiento de la diversidad biológica del país, al generar recursos para la curación y digitalización de especímenes para su ingreso a la CANG, que además es una colección de referencia a nivel regional. Finalmente, las



Informe final de Proyecto de Investigación

actividades realizadas dentro de esta investigación generaron oportunidades de formación en investigación para estudiantes de pregrado y posgrado de la USAC y otras instituciones educativas del país.

14. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo

No aplica

15. Vinculación

Se estableció la vinculación y colaboración con la reserva natural privada Reserva Natural Heloderma para la Conservación del Bosque Seco. Por medio de esta colaboración se establecieron las bases y contactos para realizar talleres de sensibilización e intercambios con la comunidad El Arenal, Cabañas, Zacapa (ver carta de constancia en apéndice).

Asimismo, se promovió la vinculación con otras distintas unidades académicas de la USAC por medio del involucramiento y formación de estudiantes, principalmente de pregrado. Se contribuyó al fortalecimiento de la vinculación con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) por medio del trabajo de digitalización de datos, que servirá para contribuir al Sistema Nacional de Biodiversidad. En relación a esto, al promoverse la publicación de datos de biodiversidad, también se contribuyó al fortalecimiento de la posición del CECON como proveedor de información, lo cual propiciará la colaboración con entidades nacionales e internacionales relacionadas a la gestión y protección de la diversidad biológica. También se buscó dar continuidad a colaboraciones académicas con universidades en otros países, en especial con las que la Unidad de Biodiversidad ha venido trabajando desde hace varios años, como la Universidad Nacional Autónoma de México, El Colegio de la Frontera Sur, la Universidad Charles, República Checa, y la Universidad Martin Luther en Halle, Alemania.

Se dio continuidad a las colaboraciones académicas con unidades dentro de la USAC según fue posible, en particular con el Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC) por medio de la organización conjunta de un taller dirigido a estudiantes universitarios del oriente de Guatemala de carreras afines a temas de diversidad biológica. Esta actividad también permitió socializar de forma presencial la información generada dentro del proyecto, lo que promovió la discusión y retroalimentación de los resultados, y proveyó de herramientas a los futuros profesionales del área donde el estudio está enfocado. Una parte importante del trabajo de extensión de este proyecto se realizó por medio de la vinculación con otras unidades de la USAC. Además de los talleres con comunidades y estudiantes, se trabajó en la organización de dos actividades de educación ambiental en conjunto con el Jardín



Informe final de Proyecto de Investigación

Botánico y el Museo de Historia Natural (MUSHNAT) de la USAC: 1) La actividad “La magia del bosque seco”, realizada el 30 de marzo de 2025 y en la cual se organizó una estación de información sobre abejas del corredor seco y su importancia, y 2) “Celebración del Día Mundial de las Abejas”, realizada el 18 de mayo 2025.

Finalmente, por medio de la socialización de los resultados, se buscó promover la vinculación con distintas entidades nacionales que se ocupan de temas relacionados a la mitigación y adaptación al cambio climático en Guatemala, principalmente las que forman parte del Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). Asimismo, para la actividad de socialización de resultados se facilitó la información a representantes de distintos sectores gubernamentales y privados, incluyendo empresas que realizan actividades agrícolas en el corredor del bosque seco, a modo de buscar su sensibilización e involucramiento en las acciones para conservar la apifauna nativa de la zona.

16. Conclusiones.

- En ambos períodos estudiados (monitoreo 2004-2005 y monitoreo 2021-2022) se observa cambios en la diversidad y composición de especies entre las repeticiones bimensuales. Esto indica que las comunidades de abejas varían a lo largo del año, y sugiere que existen patrones estacionales que pueden estar cambiando a lo largo del tiempo en el Matorral Espinoso del Valle del Motagua.
- Para ambos monitoreos, la mayor riqueza de especies se observó durante los primeros meses secos (entre octubre y enero). Esto podría estar relacionado a la floración de especies clave que ocurre durante dichos meses.
- El monitoreo 2021-2022 presentó una riqueza significativamente más alta. El 80% de las especies encontradas en el primer monitoreo fue detectado en el segundo monitoreo, lo que indica que en general la diversidad no ha declinado, pero las especies encontradas están variando. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre la composición de especies entre los monitoreos.
- No se encontraron diferencias significativas en la diversidad (H') entre monitoreos, sin embargo, sí se observan disminuciones en los valores de algunas repeticiones bimensuales en el segundo monitoreo.
- Los patrones de precipitación en la época lluviosa del área de estudio muestran una disminución del volumen (mm) durante el segundo monitoreo. Asimismo, se encontró un aumento significativo en la temperatura. Aunque no fue posible detectar una relación directa con cambios en la diversidad de abejas, de continuar las tendencias, es posible que en un período mayor sea posible detectar cambios significativos.



Informe final de Proyecto de Investigación

- Se recomienda continuar con los monitoreos de abejas silvestres en la zona de estudio, a modo de mejorar la documentación de los cambios que se puedan estar dando en las dinámicas ecológicas de la apifauna de la zona. Asimismo, se recomienda promover acciones de conservación y restauración de la vegetación natural del Matorral Espinoso del Valle del Motagua, a modo de asegurar el mantenimiento de las interacciones ecológicas (en particular las de polinización) necesarias para amortiguar los efectos del cambio climático en este ecosistema. Esto también debe ir de la mano con capacitaciones y sensibilización constante de la población en el área de estudio, y en el país.

17. Recomendaciones

- Seguir implementando estos monitoreos de abejas silvestres, ya que son indicadores accesibles para evaluar posibles cambios ecológicos frente al cambio climático.
- Para los monitoreos como el realizado en este estudio, utilizar un diseño que permita asegurar la independencia de la ubicación de los sitios de estudio (al menos 1 km de distancia entre sitios).
- Considerar que, de continuar el patrón observado en este estudio, puede ser necesario un esfuerzo de muestreo mayor para obtener una buena estimación de la diversidad real.
- Promover e implementar en el área de estudio prácticas acordes a la conservación de la diversidad biológica, como la agricultura y la restauración ecológicas.
- Contemplar en los programas de reforestación y restauración de bosques, especies vegetales nativas que sirvan de fuente de recursos florales para las poblaciones de abejas silvestres.
- Continuar con los esfuerzos de comunicación científica, educación ambiental y sensibilización, tanto en el área de estudio como con la población en general.



Informe final de Proyecto de Investigación

18. Referencias

- Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (3 de marzo de 2025). Temperatura global. <https://science.nasa.gov/earth/explore/earth-indicators/global-temperature/>
- Alvarenga, A. S., Silveira, F. A., dos Santos Junior, J. E., Matos, S., de Novais, A., Quesada, M., ... de Siquiera Nieves, F. (2020). Vegetation composition and structure determine wild bee communities in tropical dry forest. *Journal of Insect Conservation*, 24, 487-498. doi: 10.1007/s10841-020-00231-5
- Astudillo-Clavijo, V., Mankis, T., & López-Fernández, H. (2024) Opening the Museum's Vault: Historical Field Records Preserve Reliable Ecological Data. *The American Naturalist*, 203:3, 305-322. doi: 10.1086/728422
- Bardales, W. A., Campos, L., Gómez, R., Ordóñez, S., & Machuca, N. (2021). *Variabilidad y cambio climático en Guatemala. Departamento de Investigación y Servicios Climáticos, INSIVUMEH.* 147pp. https://insivumeh.gob.gt/wp-content/uploads/2021/02/Variabilidad_y_cambio_climatico.pdf
- Basset, Y., Butterill, P. T., Donoso, D. A., Lamarre, G. P., Souto-Vilarós, D., Perez, F., ... & Barrios, H. (2023). Abundance, occurrence and time series: long-term monitoring of social insects in a tropical rainforest. *Ecological Indicators*, 150, 110243. doi:10.1016/j.ecolind.2023.110243
- Bates D, Mächler M, Bolker B, Walker S (2015). "Fitting Linear Mixed-Effects Models Using lme4." *Journal of Statistical Software*, 67(1), 1–48. doi:10.18637/jss.v067.i01.
- Bommarco, R., Lundin, O., Smith, H. G., & Rundlöf, M. (2012). Drastic historic shifts in bumblebee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1727), 309-315.
- Brown, M. J. F., & Paxton, R. (2009). The conservation of bees: A global perspective. *Apidologie*, 40, 410-416. doi: 10.1051/apido/2009019
- Burkle, L. A., Marlin, J. C., & Knight, T. M. (2013). Plant-pollinator interactions over 120 years: loss of species, co-occurrence, and function. *Science*, 339(6127), 1611-1615.
- Câmara, T., Leal, I. R., Blüthgen, N., Oliveira, F. M. P., de Queiroz, R. T., & Arnan, X. (2018). Effects of chronic anthropogenic disturbance and rainfall on the specialization of ant-plant mutualistic networks in the Caatinga, a Brazilian dry forest. *Journal of Animal Ecology*. 87, 1022– 1033. doi: 10.1111/1365-2656.12820
- Casiá-Ajché, Q. B., Escobedo-Kenefic, N., Escobar-González, D., Cardona, E., Mejía-Coroy, A., Morales-Siná, J., ... & Landaverde-González, P. (2024). Unveiling the effects of land use



Informe final de Proyecto de Investigación

and intra-seasonal variation on bee and plant diversity and their ecological interactions in vegetation surrounding coffee plantations. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1408854. doi: 10.3389/frbee.2024.1408854

Chao, A., & Chui, C-H. (2016). Species Richness: Estimation and Comparison. En: In Wiley StatsRef: Statistics Reference Online (eds N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri and J.L. Teugels). doi: 10.1002/9781118445112.stat03432.pub2

Cheng, W., & Ashton, L. (2021). Ecology: What Affects the Distribution of Global Bee Diversity. *Current Biology*, 31(3), 127-128. doi: 10.1016/j.cub.2020.11.044

CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. (2011). Plan de conservación de las regiones secas de Guatemala. Editores. Ariano, D., & Secaira, E. Documento técnico No. 99. Guatemala.

Cortés-Flores, J., Lopezaraiza-Mikel, M., de Santiago-Hernández, M. H., Martén-Rodríguez, S., Cristóbal-Pérez, E. J., Aguilar-Aguilar, M. J., et al. (2023). Successional and phenological effects on plant-floral visitor interaction networks of a tropical dry forest. *J. Ecol.* 111, 927–942. doi: 10.1111/1365-2745.14072549

Danforth, D. (2007). Bees. *Current Biology*, 17(5), 156-161. doi: S0960-9822(07)00826-3

de Assis, J. C., Toppa, R. H., Martines, M. R., Arena, M. V. N., da Silva Souza, M., Carneiro, L. T., ... & da Silva-Zacarin, E. C. M. (2021). The influence of climate and seasonality on bee communities: a complementary method for bee sampling in forest patches of an anthropic matrix. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(1), 711-723. doi: 10.1007/s42690-020-00261-1

Dicks, L. V., Brezee, T. D., Ngo, H. T., Senapathi, D., An, J., Aizen, M. A., ...Potts, S. G. (2021), A global-scale expert assessment of drivers and risk associated with pollinator decline. *Nature Ecology & Evolution*, 5, 1453–1461. doi:10.1038/s41559-021-01534-9

Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Isaac, N. J. B., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345,401-406. doi: 10.1126/science.1251817

Enríquez, E., Yurrita, C. L., Ayala, R., & Griswold, T. (2012). Diversidad de abejas silvestres (Hymenoptera: Apoidea) de Guatemala. En: E. B. Cano., & J. C. Schuster. (Eds). *Biodiversidad de Guatemala*, Vol. 2. Universidad del Valle de Guatemala

Escobedo-Kenefic, N. 2015. *Bombus medius*. *The IUCN Red List of Threatened Species 2015*: e.T21215154A21215257. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T21215154A21215257.en>. Accessed on 07 January 2026.

Escobedo-Kenefic, N., López, J. E., Enríquez, E., & Contreras, V. (2017). Distribución Potencial de las Abejas Nativas sin Agujijón (Apidae: Meliponini) de Guatemala ante Posibles



Informe final de Proyecto de Investigación

Escenarios de Cambio Climático (Inf-2017-23). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Escobedo-Kenefic, N., López, J. E., Enríquez, E., & Escobar, D. D (2018). Distribución potencial de las abejas nativas de Guatemala ante posibles escenarios del cambio climático, fase II: *Bombus* (Apidae: Bombini) (Inf-2018-17). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Escobedo-Kenefic, N., Escobar, D., Martínez-López, Ó, Casiá-Ajché, Q., Cardona, E & Enríquez, E. (2021). Evaluación preliminar del estado de conservación de cinco especies de abejas nativas sin aguijón (Apidae: Meliponini) de importancia económica y cultural en Guatemala, según los criterios de la Lista Roja de la UICN. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Guatemala.

Escobedo-Kenefic, N., Landaverde-González, P., Theodorou, P., Cardona, E., Dardón, M., Martínez, O., Domínguez, C. (2020). Disentangling the effects of local resources, landscape heterogeneity and climatic seasonality on bee diversity and plant-pollinator networks in tropical highlands. *Oecologia*. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04715-8>.

Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Baker, D. C. A., Hauck, J., ... Zeng, Jiye. (2022). Global Carbon Budget 2021. *Earth Systems Science Data*, 14, 1917–2005. doi: 10.5194/essd-14-1917-2022

Galbraith, S. M., Griswold, T., Price, W. J., & Bosque-Perez, N. A. (2020). Biodiversity and community composition of native bee populations vary among human-dominated land uses within the seasonally dry tropics. *Journal of Insect Conservation*, 24, 1045-1059. doi: 10.1007/s10841-020-00274-8

Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance, *Science*, 339(6127), 1608-1611. doi:10.1126/science.123020

González-Varo, J. P., Beisemeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S., Schweiger, O., Smith, G. K., ... Vilá, M. (2013). Combined effect of global pressure on animal mediated-pollination. *Trends in Ecology and Evolution*, 28(9), 524-50. doi:10.1016/j.tree.2013.05.008

Graham, K. K., Glaum, P., Hartert, J., Gibbs, H., Tucker, E., Isaacs, R., & Valdovinos, F. S. (2023). A century of sampling at an ecological preserve reveals declining diversity of wild bees. *BioRxiv*. doi:10.1101/2023.01.15.524123

Halsch, C. A., Shapiro, A. M., Fordyce, J. A., & Forister, M. L. (2021). Insects and recent climate change. *The Proceedings of the National Academy of Science*, 118 (2) e2002543117. doi: 10.1073/pnas.2002543117



Informe final de Proyecto de Investigación

- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., & Ryan, P. D., (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), art. 4.
- Hatfield, R., Jepsen, S., Thorp, R., Richardson, L., Colla, S. & Foltz Jordan, S. 2016. *Bombus variabilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T21215168A21215249. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T21215168A21215249.en>. Accessed on 07 January 2026.
- IARNA-URL (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar). (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Guatemala
- Intergovernmental science-policy platform on biodiversity and ecosystem services (IPBES). (2016) The assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Potts, V. L. Imperatriz-Fonseca, and H. T. Ngo, (eds). The IPBES Secretariat, Bonn, Germany. https://www.ipbes.net/sites/default/files/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf
- IPCC (2023). Synthesis report of the Intergovernmental Panel on Climate Change sixth assessment report (AR6)
- Isbell, F., Balvanera, P., Mori, A. S., He, J-S., Bullock, J. M., Regmi, G. M., ... Palmer, M. S. (2023). Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. *Frontiers in Ecology and the environment*, 21(2), 94-103. doi: 10.1002/fee.2536
- Khalifa, S. A. M., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., Abd El-Wahed, A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... El-Seedi, H. (2021). Overview of bee pollination and its value for crop production. *Insects*, 12(8), 688. doi: 10.3390/insects12080688
- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremer, C., ... Tscharrntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Science*, 274(1608), 303-313. doi: 10.1098/rspb.2006.3721
- Krohne, D. T. (2001). *General Ecology*. Brooks/Cole. California
- Li, D. (2022). Package 'hillR'. Recuperado de: <https://cran.r-project.org/web/packages/hillR/hillR.pdf>
- Mawdsley, J. R., O'Malley, R., Ojima, D. S. (2009). A Review of Climate-Change Adaptation Strategies for Wildlife Management and Biodiversity Conservation. *Conservation Biology*, 23(5), 1080-1089. doi: 10.1111/j.1523-1739.2009.01264.x
- May-Itzá, W. de J., Martínez-Fortún, S., Zaragoza-Trello, C., Ruiz, C. (2022). Stingless bees in tropical dry forests: global context and challenges of an integrated conservation



Informe final de Proyecto de Investigación

management. *Journal of Apicultural Research*, 61(5), 642-653. doi: 10.1080/00218839.2022.2095709

Mayr, A. V., Requier, F., Peters, M. K., & Steffan-Dewenter, I. (2021). Seasonal variation in the ecology of tropical cavity-nesting Hymenoptera on Mt. Kilimanjaro. *Frontiers of Biogeography*, 13(3). doi: 10.21425/F5FBG49389

McKinney, (1998). Biodiversity dynamics: Niche preemption and saturation in diversity equilibria. En: M. L. McKinney & J. A. Drake. (Eds). *Biodiversity dynamics: Turnover of populations, taxa, and communities*. Columbia Press University

Michener, C. D. (2007). *The Bees of the world. 2nd Edition*, John Hopkins University Press. Baltimore

Morecroft, M. D., Duffield, S., Pearce-Higgins, J. W., Stevens, N., Watts, O., ... Whittaker, J. (2019). Measuring the success of climate change adaptation and mitigation in terrestrial ecosystems. *Science*, 366, eaaw9256, 1-5.

Newbold, T. (2010). Applications and limitations of museum data for conservation and ecology, with particular attention to species distribution models. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 34(1). doi: 10.1177/0309133309355630

Oksanen, J. (2022). Package ‘vegan’. Recuperado de: [vegan: Community Ecology Package \(r-project.org\)](https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/)

Pardee G. L., Griffin, S. R., Stemkovski, M., Harrison T., Portman, Z. M., Kazenel, M. R., ... Irwin R. E. (2022). Life-history traits predict responses of wild bees to climate variation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 289, 20212697. doi: 10.1098/rspb.2021.2697

Pineda Diez de Bonilla, E., Vandame, R.V. & Martínez López, O.G. 2015. *Bombus brachycephalus*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2015: e.T21215153A21215185. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T21215153A21215185.en>. Accessed on 07 January 2026.

Pinheiro, J., Bates, D., R Core Team (2025). nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-168, <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.htm>

PNUD (2013). Evaluación del bienestar humano y ambiente en el corredor seco oriental de Guatemala Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (9929-8134) 40 p. Edición No.1 ISBN 978-9929-8134-2-7

Portillo-Quintero, C. A., & Sánchez-Azofeifa, G. A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation*. 143, 144-155. doi: 10.1016/j.biocon.2009.09.020



Informe final de Proyecto de Investigación

- Posit Team (2025). *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Posit Software, PBC, Boston, MA. URL <http://www.posit.co/>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremer, C., Neuman, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology and Evolution*, 25(6), 345-353. doi: 10.1016/j.tree.2010.01.007
- Poveda-Coronel, C. A., Riaño-Jiménez, D., & Cure, J. R. (2018). Diversity and phenology of wild bees in a highly Disturbed tropical dry forest “Desierto de la Tatacoa”, Huila–Colombia. *Neotropical entomology*, 47(6), 786-790. doi: 10.1007/s13744-017-0578-z
- R Core Team (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.
- Rabeling, S. C., Lim, J. L., Tidon, R., Neff, J. L., Simpson, B. B., & Pawar, S. (2019). Seasonal variation of a plant-pollinator network in the Brazilian Cerrado: Implications for community structure and robustness. *PLoS One*, 14(12), e0224997. doi: 10.1371/journal.pone.0224997
- Ramírez, S.R., Hernández, C., Link, A., and López-Uribe, M. M. (2015). Seasonal cycles, phylogenetic assembly, and functional diversity of orchid bee communities. *Ecol Evol.*, 5,1896–1907. doi: 10.1002/ece3.1466
- Rodríguez, G. (2008). Patrones temporales de la diversidad y abundancia de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) en la región semiárida del valle del Motagua. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad de San Carlos de Guatemala
- Roswell, M., Dushoff, J., & Winfree, R. (2021), A conceptual guide to measuring species diversity. *Oikos*, 130, 321-338. doi:10.1111/oik.07202
- Silva, J. L. S., Cruz-Neto O., Peres, C. A., Tabarelli, M., & Lopes, A. V. (2019) Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. *PLOS ONE* 14(5), e0217028. doi: 10.1371/journal.pone.0217028
- Siyum, Z.G. (2020). Tropical dry forest dynamics in the context of climate change: syntheses of drivers, gaps, and management perspectives. *Ecological Processes*, 9, 25. doi: 10.1186/s13717-020-00229-6
- Souza, C.S., Maruyama, P.K., Santos, K.C.B.S., Varassin, I.G., Gross, C.L. and Araujo, A.C. (2021), Plant-centred sampling estimates higher beta diversity of interactions than pollinator-based sampling across habitats. *New Phytologist*, 230: 2501-2512. <https://doi.org/10.1111/nph.17334>



Informe final de Proyecto de Investigación

- Steffan-Dewenter, I., Potts, S. G., & Packer, L. (2005). Pollinator diversity and crop pollination services are at risk. *Trends in Ecology and Evolution*, 20(12), 651-652. doi: 10.1016/j.tree.2005.09.004
- Ugland, K. I., Gray, J. S., & Ellingsen, K. E. (2003). The species–accumulation curve and estimation of species richness. *Journal of animal ecology*, 72(5), 888-897.
- United Nations Environment Programme GRID-Geneva. (n.d.). Climate change / Guatemala | Interactive Country Fiches. UNEP/GRID-Geneva. <https://dicf.unepgrid.ch/guatemala/climate-change>
- Urban, M. C., Bocedi, G., Hendry, A. P., Mihoub, J. B., Peter, G., Singer, A., ... Travis, J. A. J. (2016). Improving the forecast for biodiversity under climate change. *Science*, 353(6304), 8466. doi: 10.1126/science.aad8466
- World Wildlife Fund. (2001). Worldwide Ecoregion Profile. National Geographic Society. Recuperado de: Terrestrial Ecoregions -- Motagua Valley thornscrub (NT1312) (archive.org)
- Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2020). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness, *One Earth*, 4(1), 114-123. doi: /10.1016/j.oneear.2020.12.005

Informe final de Proyecto de Investigación

19. Apéndices

Apéndice 1. Actividad “La Magia del Bosque Seco”.



Figura 13A. Actividad “La Magia del Bosque Seco”. Participación de los miembros del equipo de investigación como parte de la Unidad de Biodiversidad en la actividad organizada por el Jardín Botánico CECON-USAC y el Museo de Historia Natural MUSHNAT, realizada el 30 de marzo. En la actividad se atendieron alrededor de 900 asistentes: a) Estudiante Rodrigo Molina explicando al público, b) Investigador Edson Cardona, explicando al público, c) niños observando abejas preservadas en la caja entomológica, d), e), f), g), h) interacción de los asistentes con el estereoscopio para observar detalles en los especímenes de abejas, i) familia posando para la fotografía en el espacio de la Unidad de Biodiversidad.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 2. Actividad “Día Mundial de las Abejas”.



Figura 14A. Actividad “Día Mundial de las Abejas”. En el marco del Día Mundial de las Abejas, la Unidad de Biodiversidad organizó la actividad que tuvo lugar en el Jardín Botánico y Museo de Historia Natural, el 18 de mayo. Se atendieron alrededor de 880 asistentes; a) Dra. Eunice Enríquez encargada de una de las mesas de información científica, b) Biol. Quebin Casiá y Dra. Natalia Escobedo coordinadores generales del evento, c) Investigador Edson Cardona, coordinador del evento para bebés, d), e), f), g), h) diferentes estaciones de actividades para la familia y niños, i) espacio de emprendimientos.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 3. Actividad “Asunción Fest”.

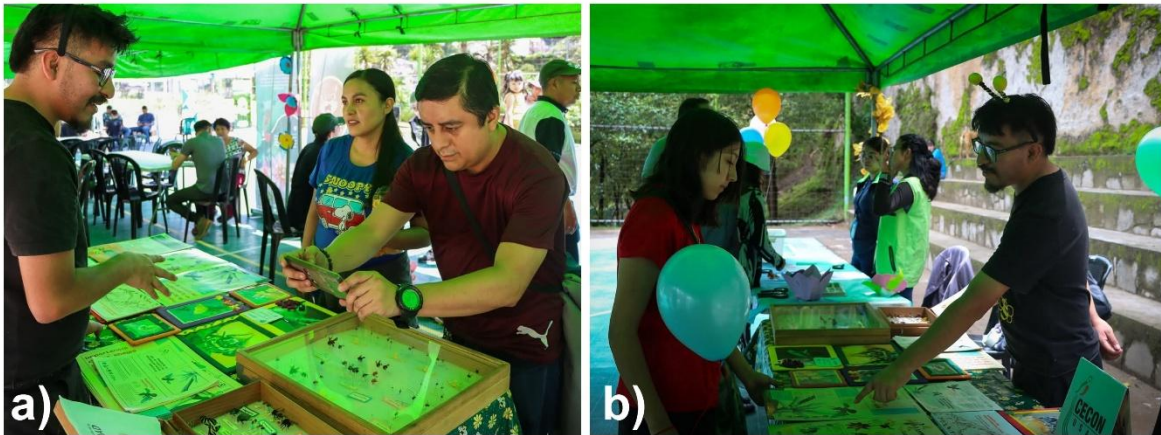


Figura 15A. Actividad “Asunción Fest”. Actividad organizada por la Unidad de Educación Ambiental de la Municipalidad de Guatemala, realizada el 22 de junio en el parque ecológico La Asunción. La Unidad de Biodiversidad participó con un stand; a), b) Biólogo Quebin Casiá exponiendo sobre la diversidad de abejas y del material producto de investigaciones cofinanciadas por la Dirección General de Investigación DIGI.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 4. Actividad en Alcaldía Auxiliar Zona 1, Municipalidad de Guatemala.



Figura 16A. Actividad en la Alcaldía Auxiliar Zona 1, Municipalidad de Guatemala. La Unidad de Biodiversidad atendió la invitación de organizar un taller sobre la diversidad de abejas por parte de la Alcaldía Auxiliar en zona 1 atendiendo a un grupo de personas de la tercera edad, actividad realizada el 25 de agosto. Durante la actividad se tuvo la participación del equipo de investigación; a), b) Dra. Natalia Escobedo presentando la charla sobre diversidad de abejas, c), d) Ing. Agr. Alfredo Mejía exponiendo sobre la diversidad de abejas en la estación de fotografía, e) Biólogo Quebin Casiá atendiendo a los asistentes en la estación de juegos de dado, f) Dra. Natalia Escobedo exponiendo en la estación de diversidad de abejas con el apoyo de especímenes para docencia, g) Investigador Edson Cardona exponiendo sobre el material elaborado por la unidad producto de investigaciones cofinanciadas por la Dirección General de Investigación DIGI, h), i) Estudiante Rodrigo Molina atendiendo a los asistentes en la estación de juegos de lanzamiento.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 5. Gira de Talleres en Zacapa y El Progreso: “Conservación de abejas nativas en bosques secos dentro del contexto del cambio climático”.



Figura 17A. Taller en el Centro Universitario de Zacapa CUNZAC. Taller dirigido a estudiantes universitarios y profesionales, en las instalaciones del Centro Universitario de Zacapa (CUNZAC). a) el equipo de investigación junto con las autoridades y directivos del centro universitario dan inicio oficial a taller, b) Dra. Natalia Escobedo sensibilizando sobre la importancia de abejas silvestres en bosques secos, c) asistentes al taller recibiendo los contenidos del taller, d) y e) desarrollo de la parte práctica del taller, donde se realizaron observaciones de abejas y sus interacciones con plantas silvestres, f) Dra. Natalia Escobedo resaltando la importancia de las interacciones planta-abeja, por medio del análisis de redes ecológicas.

Informe final de Proyecto de Investigación



Figura 18A. Taller en la Aldea El Arenal, Cabañas, Zacapa. El taller fue dirigido a miembros de la comunidad El Arenal, municipio de Cabañas, en Zacapa; a) y b) los investigadores Dra. Natalia Escobedo y Biólogo Quebin Casiá comunicando la diversidad de abejas en ambientes secos, c) y d) los investigadores Edson Cardona y el Ing. Agr. Alfredo Mejía están relatando el potencial del aprovechamiento de algunas abejas sin aguijón del área como fuente de miel, y otros derivados de las colmenas. e) el estudiante Rodrigo Molina está realizando actividades lúdicas con niños de la comunidad, con el objetivo de sensibilizar sobre la importancia de las abejas en los bosques del área. f) reunión final de asistentes al taller.

Informe final de Proyecto de Investigación



Figura 19A. Taller en Escuela “Nohemí Morales de Arjona”. El taller estuvo dirigido a estudiantes de primaria y preprimaria de la escuela “Nohemí Morales de Arjona”, en aldea el Ixcanal, San Agustín Acasaguastlán, El Progreso, a) y b) la Dra. Natalia Escobedo exponiendo sobre la importancia de las abejas y en el espacio lúdico del “juego de memoria”. c), d), e), f) diferentes momentos dentro de la actividad en donde los niños interactuaron con espacios lúdicos y científicos.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 6. Mapa de localización de los puntos de muestreo.

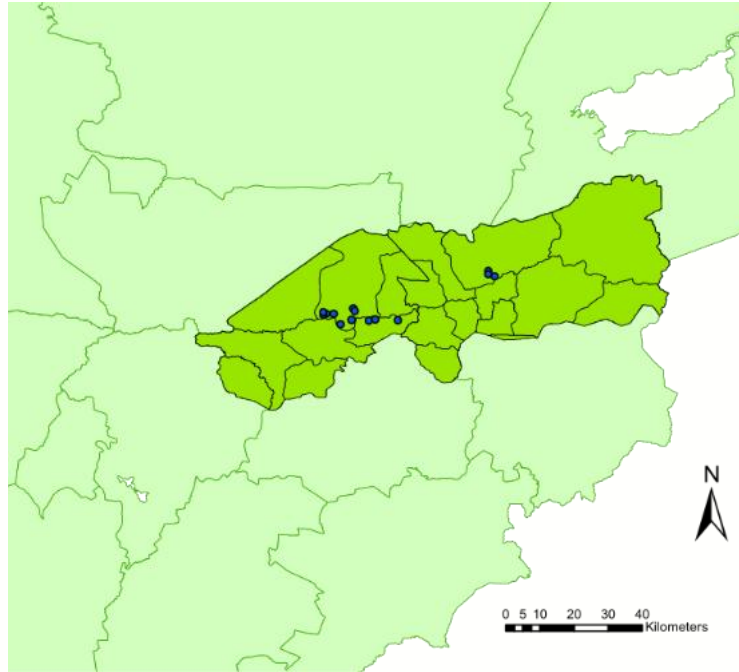


Figura 20A. Localización de los puntos de muestreo. Las zonas sombreadas en verde fuerte representan los departamentos de El Progreso y Zacapa, mismas áreas donde se ubican los 14 puntos de muestreo (señalados por puntos azules) utilizados en los monitoreos de abejas. Los especímenes colectados en los monitoreos y su información asociada se encuentran depositados en la CANG.



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 7. Material educativo “Abejas Urbanas de Guatemala: Importancia y Manejo”.



Figura 21A. Abejas Urbanas de Guatemala. Selección de páginas que contiene el manual impreso con fondos del proyecto.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 8. Evaluación Intermedia organizada por autoridades de la DIGI-USAC.



Figura 22A. Presentación de avances dentro del proceso de “Evaluación Intermedia”. El evento fue coordinado por la DIGI y el PUICB. Se presentaron los avances intermedios por parte del equipo de investigación; Dra. Natalia Escobedo, Biol. Quebin Casiá y el Ing. Agr. Alfredo Mejía.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 9. Presentación de pósters científicos en el marco del XIV Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas.



Figura 23A. Presentación de posters científicos. La Doctora Natalia Escobedo y el biólogo Quebin Casia presentaron posters científicos con resultados parciales del proyecto de investigación en el XIV Congreso Mesoamericano de Abejas Nativas, celebrado del 1 al 5 de diciembre del 2025 en Heredia, Costa Rica.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 10. Simposio “Conservación, saberes y prácticas del uso de los artrópodos”.



Figura 24A. Simposio “Conservación, saberes y prácticas del uso de artrópodos”. En dicho evento los miembros del equipo de investigación presentaron resultados del proyecto cofinanciado por la DIGI.



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 11.

Tabla 6

Abejas silvestres registradas en dos monitoreos sistemáticos (2004-2005) y (2021-2022) en 14 sitios del Matorral Espinoso del Valle del Motagua en El Progreso y Zacapa. Se analizaron 4,330 individuos de 138 especies / morfoespecies, capturados en dos monitoreos sistemáticos en 14 sitios del bosque seco de El Progreso y Zacapa. Para el monitoreo 2004-2005 se encontraron 1156 individuos de 98 especies, para el monitoreo 2021-2022, se encontraron 3174 individuos de 121 especies. Las especies van acompañadas con su frecuencia relativa.

Familia	Especie	2004-2005	2021-2022
Andrenidae	<i>Andrena sp1</i>	NE	0.03
Andrenidae	<i>Calliopsis hondurasica</i>	0.52	0.09
Andrenidae	<i>Mesoxaea nigerrima</i>	0.09	NE
Andrenidae	<i>Perdita sp</i>	1.21	0.91
Andrenidae	<i>Protoxaea nigerrima</i>	0.09	NE
Andrenidae	<i>Pseudopanurgus crenulatus</i>	0.95	0.38
Andrenidae	<i>Pseudopanurgus sp2</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Ancyloscelis apiformis</i>	0.17	0.60
Apidae	<i>Ancyloscelis sp1</i>	0.09	1.07
Apidae	<i>Anthophora sp1</i>	NE	0.19
Apidae	<i>Centris adani</i>	NE	0.44
Apidae	<i>Centris aethyctera</i>	0.17	0.25
Apidae	<i>Centris analis</i>	0.17	0.28
Apidae	<i>Centris atripes</i>	0.09	NE
Apidae	<i>Centris flavifrons</i>	0.09	0.22
Apidae	<i>Centris fuscata</i>	0.09	NE
Apidae	<i>Centris heithausi</i>	0.69	0.98
Apidae	<i>Centris nitida</i>	0.09	0.25
Apidae	<i>Centris trigonoides</i>	0.09	0.22
Apidae	<i>Centris varia</i>	2.60	1.07
Apidae	<i>Cephalotrigona zexmeniae</i>	0.09	0.91
Apidae	<i>Ceratina arizonensis</i>	0.69	2.58
Apidae	<i>Ceratina buscki</i>	NE	0.16
Apidae	<i>Ceratina cobaltina</i>	0.17	0.44
Apidae	<i>Ceratina dimidiata</i>	0.35	0.54
Apidae	<i>Ceratina ignara</i>	0.26	NE
Apidae	<i>Ceratina nautlana</i>	1.38	0.85
Apidae	<i>Ceratina sp3</i>	NE	1.20
Apidae	<i>Diadasia australis</i>	0.78	NE
Apidae	<i>Diadasia tropicalis</i>	1.30	3.28
Apidae	<i>Euglossa viridissima</i>	3.03	0.47



Informe final de Proyecto de Investigación

Apidae	<i>Eulaema polychroma</i>	0.17	0.13
Apidae	<i>Exomalopsis analis</i>	NE	0.28
Apidae	<i>Exomalopsis limata</i>	2.60	2.27
Apidae	<i>Exomalopsis mellipes</i>	0.09	0.19
Apidae	<i>Exomalopsis similis</i>	0.09	1.23
Apidae	<i>Exomalopsis snowi</i>	0.09	0.13
Apidae	<i>Exomalopsis tepaneca</i>	NE	0.06
Apidae	<i>Florilegus condignus</i>	0.43	0.98
Apidae	<i>Frieseomelitta nigra</i>	11.59	7.94
Apidae	<i>Gaesischia sp</i>	0.26	0.16
Apidae	<i>Lestrimelitta niitkib</i>	0.17	0.03
Apidae	<i>Melipona beecheii</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Melissodes sp1</i>	NE	0.44
Apidae	<i>Melissodes sp2</i>	NE	1.13
Apidae	<i>Melissodes sp4</i>	0.26	NE
Apidae	<i>Melissodes tepaneca</i>	1.47	0.19
Apidae	<i>Melitoma marginella</i>	NE	0.54
Apidae	<i>Mesocheira bicolor</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Mesoplia rufipes</i>	0.17	NE
Apidae	<i>Nannotrigona perilampoides</i>	5.80	8.44
Apidae	<i>Nomada sp</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Oxytrigona mediorufa</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Paratetrapedia (Xanthopedia) sp</i>	NE	0.16
Apidae	<i>Paratetrapedia calcarata</i>	NE	0.06
Apidae	<i>Paratetrapedia moesta</i>	0.35	0.09
Apidae	<i>Paratetrapedia sp1</i>	NE	0.16
Apidae	<i>Partamona bilineata</i>	2.77	1.07
Apidae	<i>Partamona orizabaensis</i>	NE	0.91
Apidae	<i>Plebeia frontalis</i>	2.94	1.51
Apidae	<i>Plebeia jatiformis</i>	NE	0.44
Apidae	<i>Plebeia parkeri</i>	NE	0.16
Apidae	<i>Ptilothrix sp</i>	1.47	0.19
Apidae	<i>Scaptotrigona mexicana</i>	NE	0.03
Apidae	<i>Scaptotrigona pectoralis</i>	1.04	1.70
Apidae	<i>Tetragonisca angustula</i>	4.93	4.82
Apidae	<i>Tetrapedia sp</i>	0.09	0.16
Apidae	<i>Thygater (Loxoptilus) sp</i>	NE	0.13
Apidae	<i>Thygater sp1</i>	NE	0.54
Apidae	<i>Triepeolus sp1</i>	0.09	0.06
Apidae	<i>Triepeolus sp2</i>	NE	0.06



Informe final de Proyecto de Investigación

Apidae	<i>Trigona corvina</i>	NE	1.80
Apidae	<i>Trigona fulviventris</i>	2.85	6.81
Apidae	<i>Trigona fuscipennis</i>	2.60	1.76
Apidae	<i>Trigona nigerrima</i>	0.09	NE
Apidae	<i>Trigonisca maya</i>	3.98	0.88
Apidae	<i>Trigonisca pipioli</i>	4.58	1.95
Apidae	<i>Xylocopa fimbriata</i>	0.69	0.44
Apidae	<i>Xylocopa gualanensis</i>	0.09	0.54
Apidae	<i>Xylocopa lateralis</i>	0.09	0.13
Apidae	<i>Xylocopa mexicanorum</i>	0.52	0.06
Apidae	<i>Xylocopa muscaria</i>	0.26	0.44
Colletidae	<i>Colletes sp1</i>	0.17	0.09
Colletidae	<i>Ptiloglossa sp</i>	NE	0.03
Halictidae	<i>Agapostemon nasutus</i>	0.09	0.57
Halictidae	<i>Agapostemons sp</i>	NE	0.03
Halictidae	<i>Augochlora sp1</i>	0.87	1.80
Halictidae	<i>Augochlora sp2</i>	0.69	0.50
Halictidae	<i>Augochlora sp3</i>	NE	0.13
Halictidae	<i>Augochlora sp4</i>	0.43	0.38
Halictidae	<i>Augochlorella sp</i>	2.42	2.99
Halictidae	<i>Augochloropsis ignita</i>	NE	0.32
Halictidae	<i>Augochloropsis metallica</i>	1.82	2.87
Halictidae	<i>Caenaugochlora sp</i>	0.52	1.73
Halictidae	<i>Caenohalictus sp</i>	0.43	NE
Halictidae	<i>Halictus hesperus</i>	2.08	1.13
Halictidae	<i>Halictus ligatus</i>	0.26	1.17
Halictidae	<i>Halictus lutescens</i>	4.15	6.33
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus) sp1</i>	2.68	4.98
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus) sp2</i>	0.69	0.13
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus) sp3</i>	3.20	0.35
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus) sp4</i>	0.09	NE
Halictidae	<i>Lasioglossum (Dialictus) sp5</i>	0.87	NE
Halictidae	<i>Lasioglossum (Evylaeus) sp1</i>	0.17	0.09
Halictidae	<i>Pereirapis sp</i>	0.35	0.06
Halictidae	<i>Pseudoaugochlora graminea</i>	NE	0.60
Halictidae	<i>Sphecodes sp</i>	NE	0.06
Halictidae	<i>Temnosoma sp</i>	NE	0.03
Megachilidae	<i>Anthidiellum apicale</i>	0.35	0.19
Megachilidae	<i>Anthidiellum maculifrons</i>	NE	0.13
Megachilidae	<i>Anthidium hallinani</i>	0.09	NE



Informe final de Proyecto de Investigación

Megachilidae	<i>Anthodioctes guatemalensis</i>	0.09	0.13
Megachilidae	<i>Ashmeadiella sp1</i>	0.69	0.13
Megachilidae	<i>Coelioxys assumptionis</i>	0.17	0.03
Megachilidae	<i>Coelioxys tolteca</i>	NE	0.03
Megachilidae	<i>Dianthidium zapotecum</i>	0.17	0.03
Megachilidae	<i>Heriades sp</i>	1.99	1.51
Megachilidae	<i>Hoplostelis bivittata</i>	NE	0.03
Megachilidae	<i>Hypanthidium mexicanum</i>	0.43	0.38
Megachilidae	<i>Lithurgus bitorulosa</i>	0.09	NE
Megachilidae	<i>Megachile abacula</i>	0.52	0.22
Megachilidae	<i>Megachile albitarsis</i>	0.35	0.06
Megachilidae	<i>Megachile antiqua</i>	0.09	0.06
Megachilidae	<i>Megachile axyx</i>	0.09	NE
Megachilidae	<i>Megachile chichimeca</i>	1.64	0.60
Megachilidae	<i>Megachile elongata</i>	0.17	0.13
Megachilidae	<i>Megachile inimica</i>	0.09	0.03
Megachilidae	<i>Megachile inscita</i>	0.78	0.25
Megachilidae	<i>Megachile longuisetosa</i>	0.09	NE
Megachilidae	<i>Megachile otomita</i>	0.87	0.32
Megachilidae	<i>Megachile tepaneca</i>	NE	0.06
Megachilidae	<i>Megachile texensis</i>	0.17	NE
Megachilidae	<i>Megachile toluca</i>	0.61	0.25
Megachilidae	<i>Megachile viator</i>	NE	0.03
Megachilidae	<i>Megachile zapoteca</i>	NE	0.06
Megachilidae	<i>Megachile zaptlana</i>	0.52	0.03
Megachilidae	<i>Megachile zexmeniae</i>	0.17	0.13
Megachilidae	<i>Paranthidium mexicanum</i>	NE	0.03

NE = especie no fue encontrada en el monitoreo.



Informe final de Proyecto de Investigación

Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación, artículo 20, elaboró este informe en función de los datos recabados en el proyecto.

Natalia Escobedo Kenefic	Firma
Fecha: 26/11/2025	

Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto “Cambios recientes en la dinámica ecológica de la apifauna del Valle del Motagua, ecorregión vulnerable al cambio climático”, en mi calidad de Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. Dra. María Eunice Enríquez Cottón Directora del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas IIQB	Firma
Fecha: 26/11/2025	

Recepción de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. Lic. Willson Wyller García Morales Coordinador del Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas -PUICB-	Firma
Fecha: 26/11/2025	

/Digi2025