

Efecto de la configuración del paisaje en las comunidades de abejas (Apoidea) de un mosaico de bosque pino-encino y áreas agrícolas de Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala

Natalia Escobedo Kenefic*¹, María José Dardón Peralta^{1,2},
Jessica Esmeralda López¹, Oscar Martínez¹, Edson Cardona¹

¹Centro de Estudios Conservacionistas y ²Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: escobedo.natalia@usac.edu.gt

Recibido: 04 de septiembre 2014 / Aceptado: 08 de Octubre 2014 / Disponible en línea: 24 de noviembre 2014

Resumen

Se compararon tres categorías de paisaje: bosque continuo, bosque fragmentado y áreas agrícolas o de cultivo, en Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala. Los sitios de estudio fueron definidos sobre la base de su grado de fragmentación y tipos de uso del suelo, durante las estaciones seca y lluviosa del año 2012. Se buscó observar patrones de variación entre la diversidad de abejas en las distintas categorías, e identificar cambios en la composición de las comunidades. Los resultados señalan hacia dos situaciones generales: (1) Se observó diferencia en la diversidad de abejas en los distintos tipos de vegetación, siendo esta más alta en los sitios que correspondían a la categoría *fragmentada*. Esta categoría está caracterizada por una composición heterogénea de áreas perturbadas y remanentes de bosque. Por otra parte, la categoría *bosque* presentó mayor abundancia de individuos, tanto en la estación seca como lluviosa. (2) Se observó algún grado de agrupamiento de los sitios de muestreo, pero parece responder más a la cercanía geográfica entre ellos que al uso del suelo. Adicionalmente, se reporta las frecuencias de visitas florales realizadas por las abejas a distintas familias botánicas. Se recomienda incentivar la protección de los remanentes boscosos, tanto fragmentados como continuos, para asegurar la conservación de la diversidad de abejas silvestres y la continuidad del servicio de polinización que proporcionan a los sistemas naturales y agrícolas de la zona.

Palabras claves: Abejas, ecología del paisaje, insectos polinizadores, terreno agrícola.

Abstract

Comparison was raised in three landscape categories (continuous forest, fragmented forest and agricultural or farming areas) in Sacatepéquez and Chimaltenango, Guatemala; defined on the basis of their degree of fragmentation and types of land use, during the dry and rainy seasons of 2012. It sought to determine patterns of bee diversity variation among the three landscape categories, and identify changes in community composition. The results point towards two general situations: (1) Difference in bee diversity was observed in different types of vegetation, this being highest at sites corresponding to the *fragmented forest* category. This category has a greater heterogeneity in landscape configuration, composed of fragmented forest and agricultural areas. In addition, the *continuous forest* category had higher abundance of individuals, both in the dry and rainy seasons. (2) Some degree of clustering of the sampling sites was observed, but it seems to respond to geographical closeness among them rather than to differences in land use. Also, frequency of floral visits made by bees to different botanical families are reported. The protection of forest remnants, both fragmented and continuous, is highly recommended in order to preserve pollination services given by native bees to natural and agricultural systems in the study area.

Keywords: Bees, landscape ecology, pollinating insects, agricultural land.



Introducción

La polinización es el proceso de transferencia de polen de la parte masculina de la planta a la femenina, dando lugar a la fecundación y producción de frutos y semillas. Ocurre por medio del viento, agua, y por animales. Los insectos son el principal grupo de animales polinizadores, y entre ellos, las abejas son consideradas los más eficientes (Allen-Wardell et al., 1998; Kearns, Inouye & Waser, 1998).

De acuerdo con la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), se conoce como servicios de polinización silvestre a los servicios ecosistémicos que proveen de polinizadores a los sistemas agrícolas que dependen de la polinización para su productividad. Los servicios de polinización son considerados servicios y funciones “clave” de los ecosistemas, que pueden ser fuertemente afectados por el cambio climático (2008).

Las estimaciones de la importancia económica de la polinización por insectos han variado en los últimos años de entre 20 mil millones de dólares anuales estimados en el 2002, a entre 120 y 200 mil millones anuales (FAO, 2006; Shepherd, Buchman, Vaughan, & Hoffman, 2003). Por otra parte, en la actualidad se comercializa algunas especies de abejas para ser utilizadas como polinizadores de cultivos de frutales, alfalfa, tomate en invernadero, entre otros (Maccagnani, Burgio, Stanisavljević & Mani, 2007; Michener, 2007).

Recientemente, el tema del efecto del paisaje en los polinizadores y en los servicios de polinización ha sido abordado por diversos estudios, principalmente en Norteamérica (Murren, 2002). Frecuentemente se ha identificado la pérdida de hábitats naturales y sitios de anidamiento como una amenaza constante a las poblaciones naturales de abejas, aunada al uso excesivo de insecticidas (Luig, Peterson, & Poltimäe, 2005; Michener, 2007; Greer, 1999). También se ha resaltado que la presencia de poblaciones silvestres de abejas es necesaria para mantener el proceso de polinización y la diversidad genética de muchos cultivos y especies silvestres (Kevan & Phillips, 2001). Asimismo, la polinización por abejas disminuye la depresión por endogamia en las plantas autógamias (Michener, 2007).

Estudios sobre abejas nativas de Guatemala han reportado una alta diversidad local dentro de este grupo. Se conocen más de 30 especies de meliponinos (abejas sin aguijón), y una alta diversidad en grupos con organizaciones sociales más simples (como Bombini, al menos 9 especies) y en distintos grupos de abejas

solitarias. La colección de Abejas Nativas de Guatemala ubicada en el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos, cuenta con al menos 78 géneros y 376 especies de abejas (Armas, 2009; Barrientos, Avendaño, Yurrita, Hernández y Barrios, 2008; Enríquez, 2007; Escobedo, 2011; Marroquín, 2000; Rodríguez, 2008; Vásquez, Yurrita y Escobedo, 2010).

El altiplano guatemalteco, incluyendo buena parte de los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango, se caracteriza por una extensa y variada actividad agrícola que representa el principal ingreso económico para la población de la zona, mayoritariamente de la etnia maya cakchiquel. Varios cultivos de importancia de la esta zona dependen en alguna medida de la polinización por animales, especialmente abejas. Dada la importancia de la vegetación natural para las poblaciones de polinizadores, la información sobre el efecto del uso del suelo en dichos organismos puede ser utilizada en planes de manejo enfocados en mejorar la disponibilidad de servicios de polinización en el altiplano de Guatemala, con efectos positivos sobre la agricultura y las economías locales.

En el presente estudio se planteó si la configuración del paisaje, dada por el área y grado de fragmentación del bosque, tendrá un efecto sobre la diversidad y composición de las comunidades de abejas silvestres en un mosaico de bosque pino-encino y tierras agrícolas, del altiplano guatemalteco. Para responder este planteamiento, se definieron tres categorías de paisaje según el área y grado de fragmentación del bosque natural. Se hicieron comparaciones de la riqueza y abundancia de abejas silvestres entre categorías, así como análisis de agrupamiento y multivariados para identificar patrones de similitud en la composición de las comunidades.

Materiales y métodos

Elección de sitios

Los sitios de muestreo fueron elegidos dentro de seis localidades, en los municipios de Sumpango, (Sacatepéquez), Patzún y Patzicía (Chimaltenango). Cada localidad consistió en un área circular de 2 km de radio, y fueron clasificadas según los siguientes criterios: (1) categoría bosque continuo, con al menos 65% de bosque, (2) categoría bosque fragmentado, con 20 a 50% de fragmentos dispersos de bosque, y (3) categoría área agrícola, con menos del 20% de fragmentos de bosque, altamente dispersos. Se eligieron dos localidades para

cada categoría de paisaje (Tabla 1). En cada localidad fueron ubicados al menos tres sitios de muestreo (18 para la temporada seca y 20 para la temporada lluviosa). La selección de las localidades fue realizada utilizando imágenes satelitales digitalizadas por el [Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación \(2006\)](#).

Diversidad de abejas y visitas florales

Se realizaron dos colectas entomológicas durante el año, una durante la estación seca (febrero a abril) y otra durante la estación lluviosa (junio y julio). El esfuerzo de colecta fue de 4 horas por sitio. Las interacciones entre las distintas especies de abejas y las plantas que visitan fueron registradas, colectando también muestras botánicas. Los especímenes entomológicos y botánicos fueron curados e identificados taxonómicamente.

Análisis de la información

La diversidad de abejas en las distintas categorías de paisaje fue evaluada utilizando los índices de Shannon-Weiner (H'), para comparar diversidad total, y Equidad (J') para identificar dominancia de una o pocas especies. Para calcular estos índices se utilizaron los datos de riqueza y abundancia obtenidos para cada categoría de paisaje. Para identificar patrones de similitud en las composiciones de las comunidades de abejas, se realizó análisis de agrupamiento con la medida de similitud de Morisita, y de componentes principales (PCA), utilizando el paquete estadístico PAST versión 2.1 ([Hammer, Harper, & Ryan, 2001](#)). Para estos análisis se utilizaron los valores de presencia y abundancia de cada especie en cada sitio de muestreo.

Resultados

Se colectaron y determinaron taxonómicamente hasta especie o género (morfoespecie) 1,423 especímenes de abeja, distribuidos en 51 especies dentro de 28 géneros y 5 familias (Tabla 2). Las familias Apidae y Halictidae fueron las más abundantes (26 y 16 especies, respectivamente). La familia Megachilidae solamente fue representada por una especie. La mayoría de abejas presentan hábito solitario y cerca del 20% (diez especies) son abejas con algún grado de sociabilidad. Más del 80% de las abejas colectadas fueron capturadas visitando especies vegetales en flor y el resto se atraparon en vuelo. Del total de ejemplares identificados, el 80% corresponden a hembras y el resto a machos.

Diversidad

La categoría de paisaje que presentó una mayor riqueza de especies, tanto en la temporada seca como lluviosa, fue la fragmentada, con 24 y 36 especies respectivamente. Durante la estación seca la categoría bosque fue la que presentó mayor abundancia de individuos colectados, mientras que durante la temporada lluviosa la riqueza de las categorías bosque y fragmentada mostraron riquezas similares, mayores a todas las registradas durante la temporada seca, y a la de la categoría cultivos agrícolas. Los valores de diversidad (H') más altos para ambas temporadas corresponden a la categoría "fragmentada", mientras que la equidad mostró valores similares en las tres categorías, siendo más altos durante la temporada lluviosa (Tabla 3).

Tabla 1
Sitios elegidos según su estado de conservación de las áreas de vegetación natural.

Sitio	Municipio	Estado de fragmentación	Área de bosque (%)	Categoría asignada
Bosque B'alam Juyú	Patzún	Bosque continuo (no fragmentado)	67%	Bosque
Astillero El Rejón	Sumpango	Continuo/Fragmentado	65%	Bosque
El Sitio	Patzún	Fragmentos heterogéneos	47%	Fragmentado
San José Yalú	Sumpango	Fragmentos heterogéneos	32%	Fragmentado
Recta de Patzicia	Patzicia	Altamente fragmentado	18%	Agrícola
Camino a Sta. Cruz Balanyá	Patzicia	Altamente fragmentado	5%	Agrícola

Tabla 2
Resumen de especies y géneros (con morfoespecies) colectados.

Familia Colletidae		Familia Apidae
<i>Colletes</i> (4 morfoespecies)		<i>Afin a Coelioxoides</i> (1morfoespecie)
Familia Andrenidae		<i>Peponapis apiculata</i> Cresson, 1878
<i>Perdita</i> (4 morfoespecies)		<i>Peponapis limitaris</i> Cockerell, 1906
Familia Halictidae		<i>Thygater</i> (1 morfoespecie)
<i>Agapostemon</i> (2 morfoespecies)		<i>Anthophora</i> (1morfoespecie)
<i>Lasioglossum</i> (9 morfoespecies)		<i>Centris</i> (1morfoespecie)
<i>Sphecodes</i> (1 morfoespecie)		<i>Bombus (Thoracobombus) mexicanus</i> Cr., 1878
<i>Augochlora</i> (1 morfoespecie)		<i>B. (Psythyrus) variabilis</i> Cr., 1872
<i>Augochlorella</i> (1 morfoespecie)		<i>B. (Pyrobombus) ephippiatus</i> Say, 1837
<i>Augochloropsis</i> (1 morfoespecie)		<i>B. (P.) wilmattae</i> Ckll., 1912
<i>Afin a Necorynura</i> (1 morfoespecie)		<i>Melipona beecheii</i> Bennett, 1831
Familia Megachilidae		<i>P. bilineata</i> Say, 1837
<i>Megachile</i> (1 morfoespecie)		<i>Plebeia</i> (1morfoespecie)
Familia Apidae		<i>Tetragonisca angustula</i> Latreille, 1811
<i>Xylocopa (Xylocopa) tabaniformes</i> Sm. 1854		<i>Trigona acapulconis</i> Strand, 1919
<i>Ceratina</i> (8 morfoespecies)		<i>Trigona fulviventris</i> Guérin-Méneville, 1845
<i>Exomalopsis</i> (1 morfoespecie)		

Tabla 3
Valores de riqueza, abundancia y diversidad de abejas en las distintas categorías de paisaje y en las dos temporadas del año.

Categorías de paisaje-temporada	Riqueza	Abundancia	H'	J'
Bosque-seca	13	225	1.49	0.5808
Bosque-lluviosa	34	400	2.611	0.7403
Fragmentos-seca	24	156	2.156	0.6784
Fragmentos-lluviosa	36	242	2.879	0.8033
Cultivos-seca	14	165	1.587	0.6014
Cultivos-lluviosa	20	238	2.267	0.7567

Análisis de similitud y de componentes principales

El análisis de agrupamiento según la medida de Morisita muestra similitudes altas entre sitios a los que fue asignada la misma categoría, pero también entre sitios de categorías distintas (Figura 1). Los análisis de componentes principales presentan un patrón semejante (Figura 2), en el correspondiente a la temporada seca

(Figura 2a) la mayoría de los sitios se muestran agrupados por su cercanía geográfica.

Visitas florales

Durante la estación seca se registraron visitas florales por parte de abejas a 52 especies de plantas, dentro de 18 familias botánicas. Durante la temporada lluviosa se registraron visitas florales a 26 especies de plantas

distribuidas dentro de 13 familias. En ambas estaciones las interacciones más frecuentes fueron con plantas de la familia Asteraceae (Figura 3).

Discusión

Las abejas colectadas durante el estudio pertenecen a las familias Colletidae, Andrenidae, Halictidae, Megachilidae y Apidae, lo que concuerda con otros estudios realizados en el país y a lo esperado en la región (Marroquín, 2000, Michener, 2007; Rodríguez, 2008). La familia Megachilidae fue poco representada, lo que difiere de otras regiones de Guatemala destaca la presencia de cuatro morfoespecies de *Perdita* sp, familia Andrenidae, escasa en las colectas previas realizadas en nuestro país. La presencia de la familia Halictidae es moderada en comparación a otras regiones. Las diferencias encontradas en la familia Megachilidae y Andrenidae, en comparación con los datos obtenidos en estudios previos realizados en Guatemala, pueden deberse a las condiciones climáticas y agroecológicas del altiplano, distintas a las de las zonas estudiadas previamente. De igual manera es interesante la diversidad encontrada en el género *Colletes*, para la que cuatro morfoespecies identificadas significa un valor relativamente alto. La riqueza de especies del género *Ceratina* resultó alta en la zona de estudio, con nueve morfoespecies reconocidas.

En cuanto a las abejas sociales y semi-sociales, se presentan cuatro especies del género *Bombus*, tres con potencial para ser utilizados en la polinización de

cultivos, y una especie parásita (*B. variabilis*). Además fueron identificadas las abejas sin aguijón *Melipona beecheii*, *Partamona bilineata*, *Plebeia* sp., *Trigona angustula* y *Trigona acapulconis*, las cuales son aptas para la meliponicultura. La información correspondiente a estos grupos no difiere de la obtenida en estudios previos realizados en el país.

Diversidad por categoría de paisaje y por temporada

Los valores de riqueza relativamente altos en la categoría fragmentada coinciden con estudios de diversidad de insectos que indican que los remanentes de bosque, aunque no sean extensos, proveen de hábitat y recursos escasos en las áreas agrícolas (Aguirre & Dirzo 2008). La abundancia relativamente alta en la categoría bosque se debe en gran parte a la frecuencia de especies sociales y semi-sociales (meliponinos y abejorros del género *Bombus*), lo que sugiere que las áreas continuas de bosque proveen a estas especies de sitios de anidación. El aumento de especies encontradas en las áreas boscosas durante la estación lluviosa, sugiere una relación ecológica entre la fauna local y la vegetación natural, relacionada a la fenología de plantas e insectos. Los valores de diversidad relativamente altos para la categoría fragmentada responden a que la diversidad de insectos aumenta en áreas de estructura vegetal heterogénea con alta diversidad florística. Sin embargo, debe tomarse en cuenta el que numerosos

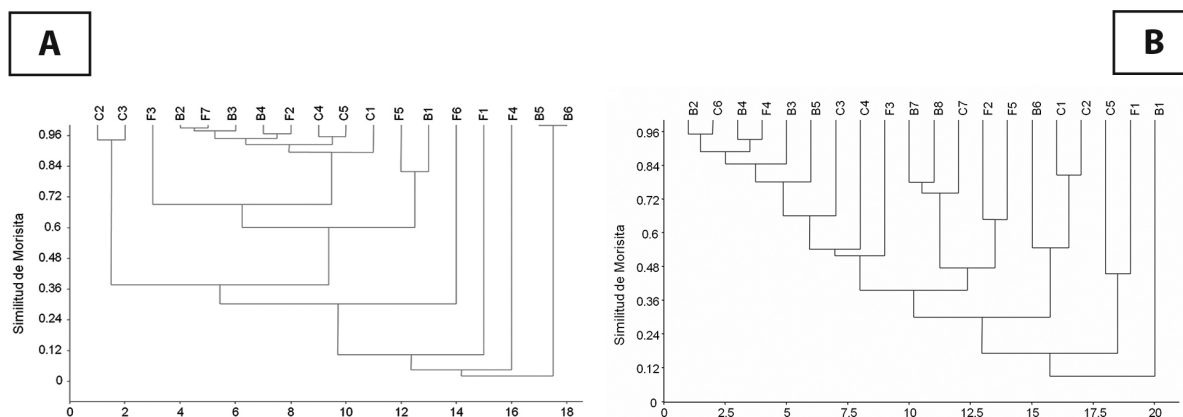


Figura 1. Análisis de agrupamiento (medida de similitud de Morisita, grupos pareados) de los sitios muestreados durante la estación seca (a), y lluviosa (b). La primera letra del nombre de los sitios identifica la categoría a la que fueron asignados: B=bosque, F=fragmentado, C=cultivos (agrícola).

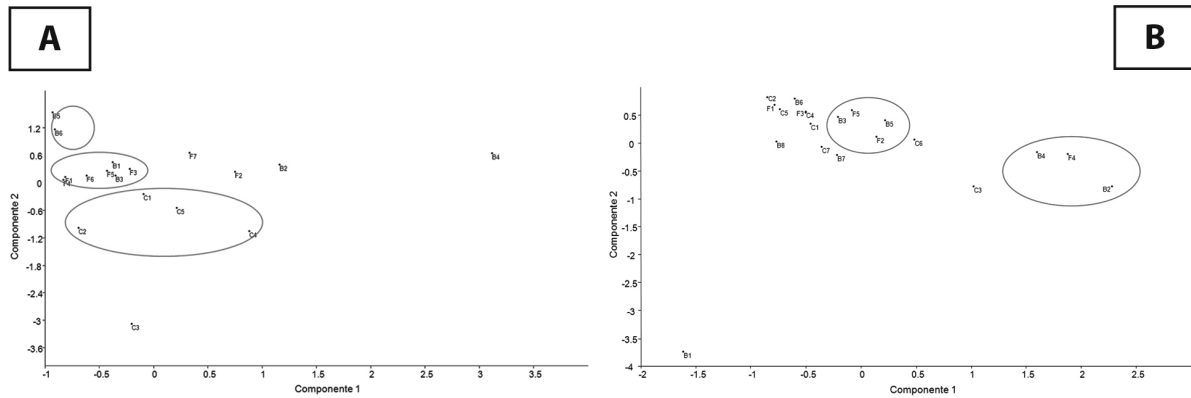


Figura 2. Análisis de componentes principales para a) temporada seca (componente 1: eigenvalue=334.5, 77.4% de la varianza, componente 2: eigenvalue=37.7, 8.7% de la varianza) y b) temporada lluviosa (componente 1: eigenvalue=161.4, 40.1% de la varianza, componente 2: eigenvalue=96.4, 24.4% de la varianza) de la composición de abejas colectadas en cada sitio de muestreo. Las elipses agrupan áreas que presentan cercanía geográfica.

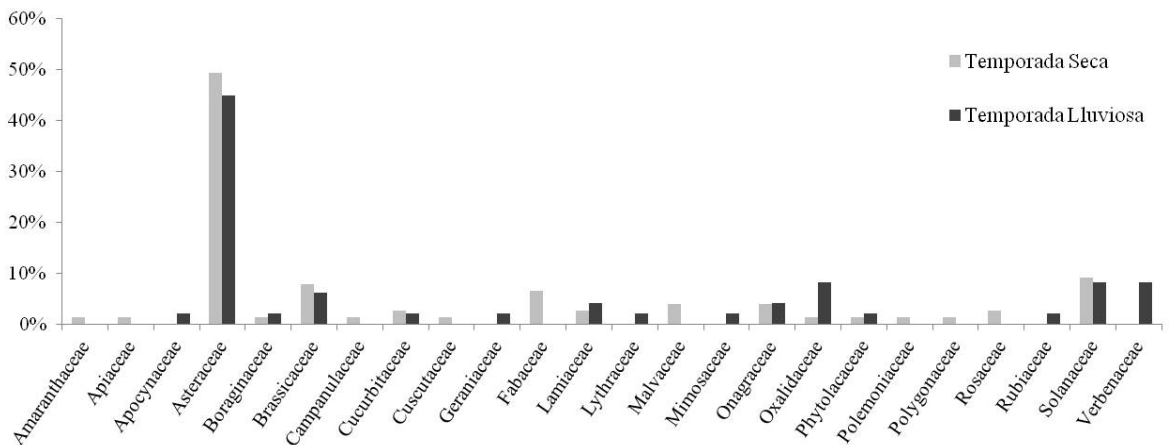


Figura 3. Frecuencia de visitas registradas para cada familia botánica durante la temporada seca y lluviosa.

estudios apoyan la importancia de los remanentes boscosos en la conservación de la diversidad de insectos polinizadores (Greenleaf & Kremen, 2006; Ricketts, Gretchen, Daily, Ehrlich & Michener, 2004).

Similitud entre los sitios de muestreo

El análisis de agrupamiento de la estación seca (Figura 1), muestra una total similitud entre los sitios (Figura 1), muestra una total similitud entre los sitios B5 y B6, pero por lo demás no muestra una agrupación clara por categoría de paisaje. Estos grupos, así como otros comprendidos por sitios de distintas categorías

(B2, F7 y B3; B4 y F2; F5 y B1), corresponden a sitios con cercanía geográfica. Esto sugiere que la similitud entre las comunidades responde más a la cercanía geográfica (y similitudes ambientales y climáticas) que al estado de conservación del hábitat. El análisis de PCA de la estación seca (Figura 2a), apoya los argumentos anteriores. Las elipses resaltan grupos de localidades que pertenecen a la misma área y al mismo municipio. Los análisis de agrupamiento y componentes principales de la estación lluviosa (Gráfica 2b) muestran patrones menos definidos pero con tendencias semejantes.

Interacciones entre abejas y plantas

La familia Asteraceae, así como otras familias visitadas por las abejas (Figura 3), Solanaceae, Brassicaceae y Fabaceae, entre otras, han sido reportadas anteriormente como recurso floral elegido por las abejas, en especial los abejorros del género *Bombus* (Vásquez, Yurrita y Escobedo, 2010). Sin embargo, se reportan interacciones a otras 20 familias botánicas, aunque los registros sean escasos. Esto sugiere la existencia de un sistema complejo de interacciones, donde puedan existir asimetrías en el grado de especialización, que incidan en su conservación (Quesada et al., 2012). Sin embargo, para describirlo adecuadamente será necesario un análisis de interacciones más detallado.

Agradecimientos

Al CECON, en particular al Departamento de Estudios y Planificación y a la Unidad para el Conocimiento, Uso y Valoración de la Biodiversidad, por avalar y apoyar el proyecto. Al Herbario USCG por la asistencia en la identificación de especímenes botánicos. A los Doctores César Domínguez y María del Coro Arizmendi de la Universidad Autónoma de México por su asesoría durante el desarrollo de este trabajo. A las municipalidades de Sumpango, Patzicía y Patzún por su apoyo logístico, permisos y acompañamiento. A la Dirección General de Investigación (DIGI) por el apoyo y financiamiento del proyecto 4.8.63.2.27.

Referencias

- Aguirre, A., & Dirzo, R. (2008). Effects of fragmentation on pollination abundance and fruit set of an abundant understory palm in a Mexican tropical forest. *Biological Conservation*, 141, 375-384. doi:10.1016/j.biocon.2007.09.014
- Allen-Wardell, G., Bernhardt, P., Bitner, R., Burquez, A., Buchman, S., Cane, J. ... Nabhan, G. (1998). The potential consequences of pollinator declines on the conservation of Biodiversity and stability of food crop yields. *Conservation Biology*, 12, 8-17.
- Armas, A. (2009). *Riqueza y distribución potencial de las abejas euglosinas (Apinae: Euglossini) en Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2743.pdf
- Barrientos, M., Avendaño, C., Yurrita, C., Hernández, J., y Barrios, M. (2008). *Interacción de los polinizadores con la estructura y funcionamiento del paisaje en Chelemhá, Alta Verapaz*. (Proyecto FODECYT 25-2004). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología.
- Enríquez, E. (2007). *Diversidad de potenciales polinizadores del grupo de los insectos en el Parque Nacional Laguna Lachúa y su zona de influencia a lo largo de un año*. (Proyecto FODECTY 017-2006). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Escobedo, N. (2011). *Estacionalidad del uso del polen de cardamomo (Elettaria cardamomum) por la apifauna (Himenoptera: Apoidea) e la Zona de Influencia del Parque Nacional Laguna Lachúa*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Economic valuation of pollination services, review of methods*. Agriculture Department, Seed and Plant Genetic Resources Division. Recuperado de <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Biodiversity-pollination/econvaluepoll1.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). *Global actions on pollination services for sustainable agriculture*. Agriculture Department, Seed and Plant Genetic Resources Division. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Biodiversity-pollination/Pollination-FolderFlyer_web.pdf
- Greenleaf, S., & Kremen, C. (2006). Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133, 81-87. doi:10.1016/j.biocon.2006.05.025
- Greer, L. (1999). Alternative pollinators: Native Bees. *ATTRA*. IP 126, 14.
- Hammer, Ø., Harper, D., & Ryan, P. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia*

- Electronica*, 4(1), 9. Recuperado de http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
- Kearns, C., Inouye, D., & Waser, N. (1998). Endangered mutualisms: the conservation of plant-pollinator interactions. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 29, 83-112.
- Kevan, P., & Phillips, T. (2001). The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5(1), 8.
- Luig, J., Peterson, K., & Poltimäe, H. (2005). *Human impacts on pollinators and pollination services. Socio-economic Working Paper*. Tallinn: Proyecto ALARM, 10.
- Maccagnani, B., Burgio, G., Stanisavljević, L., & Mani, S. (2007). *Osmia cornuta* management in pear orchards. *Bulletin of Insectology*, 60(1), 77-82.
- Marroquín, A. (2000). *Sistemática e historia natural de las abejas (Hymenoptera: Apoidea) de Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Michener, C. (2007). *The bees of the World*. (2nd ed.). Baltimore: The Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). *Ortofotos de la República de Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Murren, C. (2002). Effects of habitat fragmentation on pollination: pollinia viability and reproductive success. *Journal of Ecology*, 90, 100-107. doi: 10.1046/j.0022-0477.2001.00638.x
- Quesada, M., Rosas, F., Lopez-Araiza-Mikel, M., Aguilar, R., Ashworth, L., Rosas-Guerrero ... Martén-Rodríguez, S. (2012). Ecología y conservación biológica de sistemas de polinización en plantas tropicales. En E. Val y K. Boege (Eds.), *Ecología y evolución de las interacciones bióticas* (p. 81-83). México: Universidad Autónoma de México, Colección Ediciones Científicas Universitarias.
- Ricketts, T., Gretchen, C., Daily, P., Ehrlich, R., & Michener, C. (2004). Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101, 12579-12582.
- Rodríguez, G. (2008). Patrones temporales en la diversidad de abejas nativas (Hymenoptera: Apidae) en la región semiárida del Valle del Motagua. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- Shepherd M., Buchman, S., Vaughan, M., & Hoffman, S. (2003). *Pollinator Conservation Handbook*. Portland: The Xerces Society. Oregon.
- Vásquez M., Yurrita, C. y Escobedo, N. (2010). *Determinación de la diversidad y distribución de las especies de abejorros (Bombus) en las áreas bióticas Chimalteca, Volcánica y Escuintleca en Guatemala*. (Proyecto FODECYT 013-2009) Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.