

# FORMATO DE INFORME FINAL, CARÁTULA

PROGRAMA UNIVERSITARIO EN CIENCIAS BASICAS

(nombre del programa universitario de investigación de la Digi)

Diversidad de Coleoptera (Curculionidae:Molytinae) e Hymenoptera (Apoidea) en los ecosistemas de Zacapa

nombre del proyecto de investigación

B8CU-2021

código del proyecto de investigación

CENTRO UNIVERSITARIO DE ZACAPA

unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

Manuel Alejandro Barrios Izás

nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Zacapa 25 de febrero del 2021

lugar y fecha de presentación del informe final dd/mm/año

## **Autoridades**

Dr. Félix Alan Douglas Aguilar Carrera  
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador General de Programas

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar  
Coordinador del Programa Universitario en Ciencias Básicas

## **Autores**

Dr. Manuel Alejandro Barrios Izás  
Coordinador del proyecto (CUNZAC)

Dra. Natalia Escobedo Kenefic  
Investigadora (CECON)

Dr. José Robledo  
Investigador (CUNIZAB)

Navil Dunyazad Ventura Sáenz  
Auxiliar de Investigación (CECON)

Eduardo Cardona Valenzuela  
Auxiliar de Investigación (CECON)

Ing. Agr. Osbel Alfredo Mejía Coroy  
Auxiliar de Investigación (CECON)

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (DIGI), 2021. 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 del código B8CU-2021 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.

## INDICE

<b>1</b>	<b>Resumen y palabras claves</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Planteamiento del problema</b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Delimitación en tiempo y espacio</b> .....	<b>4</b>
	<b>6.1 Delimitación en tiempo</b> .....	<b>4</b>
	<b>6.2 Delimitación espacial</b> .....	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>Marco teórico</b> .....	<b>5</b>
	<b>Diversidad de Curculiónidos</b> .....	<b>5</b>
	<b>Diversidad de abejas</b> .....	<b>6</b>
	<b>Variaciones climáticas e historia natural de la biota Mesoamericana</b> .....	<b>7</b>
	<b>Diversidad alfa, beta y gamma</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>Estado del arte</b> .....	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)</b> .....	<b>10</b>
	<b>Objetivo general</b> .....	<b>10</b>
	<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>10</b>
<b>8</b>	<b>Hipótesis</b> .....	<b>11</b>
<b>9</b>	<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>11</b>
	<b>10.1 Enfoque de la investigación</b> .....	<b>11</b>
	<b>10.2 Método</b> .....	<b>11</b>
	<b>10.3 Recolección de información</b> .....	<b>11</b>
	<b>10.4 Técnicas e instrumentos</b> .....	<b>12</b>
	<b>10.5 Procesamiento y análisis de la información</b> .....	<b>13</b>
<b>10</b>	<b>Resultados y discusión</b> .....	<b>14</b>
	<b>11.1 Resultados:</b> .....	<b>14</b>
<b>11</b>	<b>Referencias</b> .....	<b>37</b>

12	Aspectos éticos y legales (si aplica).....	42
13	Vinculación.....	43
14	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual.....	43
15	Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:.....	43
16	Orden de pago final.....	43
17	Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación.....	43
18	Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario.....	44
19	Visado de la Dirección General de Investigación.....	44

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Listado de especies de abejas colectadas en el departamento de Zacapa por tipo de bosque.....	15
<b>Tabla 2.</b>	Listado de especies de abejas colectadas dentro de Áreas Protegidas.....	24
<b>Tabla 3.</b>	Listado de especies de Molytinae colectadas en el departamento de Zacapa por tipo de bosque.....	29
<b>Tabla 4.</b>	Listado de especies de Molytinae colectadas dentro de Áreas Protegidas.....	30

### INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Mapa de ubicación del proyecto, departamento de Zacapa en color rojo.....	4
<b>Figura 2.</b>	Modelos de acumulación de especies para las abejas en el departamento de Zacapa.....	14
<b>Figura 3.</b>	Análisis de Correspondencias Rectificada (DCA) de las abejas colectadas en Sierra de Las Minas (S_Minas), Valle del Motagua (V_Mot), Sierra Madre (S_Madre) y Sierra del Merendón (Mer).....	22
<b>Figura 4.</b>	Análisis de Correspondencias (CA) de las abejas colectadas en Monte Espinoso (M_esp), Bosque Seco (B_sec), Bosque <i>Pinus oocarpa</i> (P_ooc), Bosque de <i>Pinus maximinoi</i> (P_max) y Bosque de niebla (B_neb).....	23
<b>Figura 5.</b>	Localidades de colecta de abejas en Zacapa y mapa de áreas protegidas.....	23
<b>Figura 6.</b>	Análisis de agrupamiento por el método de Ward.D2.....	27
<b>Figura 7.</b>	Localidades de colecta de abejas en Zacapa y mapa de áreas protegidas.....	28
<b>Figura 8.</b>	Análisis de Correspondencias Rectificada (DCA) de los Molytinae en Sierra de Las Minas (S_Minas), Valle del Motagua (V_Mot), Sierra Madre (S_Madre) y Sierra del Merendón (Mer).....	31
<b>Figura 9.</b>	Análisis de Correspondencias Rectificada (DCA) de los Molytinae en los bosques secos, bosque de <i>P. oocarpa</i> , <i>P. maximinoi</i> , bosque de encino y bosque nuboso.....	31
<b>Figura 10.</b>	Modelos de acumulación de especies para los Molytinae en el departamento de Zacapa.....	32

## 1 Resumen y palabras claves

Guatemala se encuentra dentro del hotspot mesoamericano de biodiversidad y se encuentra dentro del listado de países hiperdiversos (Myers et al., 2000). El Centro Universitario de Zacapa en conjunto con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas establecieron mediante un convenio de cooperación una alianza para registrar la biodiversidad de Guatemala. A través del presente proyecto se documentó la diversidad de Molytinae (Coleoptera: Curculionidae) y abejas (Apoidea) del departamento de Zacapa, así mismo se midió la diversidad alfa, beta y gamma y se evaluó el estado de protección del hábitat de cada una de las especies basado en el mapa de áreas protegidas de Guatemala. Con relación a las abejas se registraron 63 géneros y 168 especies de abejas, el mayor número de especies se registró en los bosques de *Pinus maximinoi* (s=71) y en los bosques secos (s=70), en el monte espinoso se registraron 50 especies de abejas. Con relación a los Molytinae se registraron 8 géneros y 30 especies, la mayor riqueza de especies se registró en los bosques de niebla (s=14), seguido del bosque seco (s=8). Se determinó que ambos grupos taxonómicos poseen una baja tasa de recambio a nivel de tipo de bosque o a nivel de unidad geomorfológica. Se estima que la diversidad de especies de abejas puede llegar hasta cerca de 350 especies y la diversidad de especies de Molytinae puede alcanzar valores de 360 especies. Los resultados sugieren que se debe incrementar el esfuerzo de muestreo.

Palabras clave: conservación, diversidad, ecosistemas, insectos, Mesoamérica.

### Abstract and keyword

Guatemala is within the Mesoamerican biodiversity hotspot and is included in the list of hyperdiverse countries (Myers et al., 2000). The University Center of Zacapa in conjunction with the National Council of Protected Areas through a cooperation agreement an alliance to register the biodiversity of Guatemala. Through this project, the diversity of Molytinae (Coleoptera: Curculionidae) and bees (Apoidea) of the department of Zacapa was documented, likewise the alpha, beta and gamma diversity was measured and the habitat protection status of each of them was evaluated. species based on the map of protected areas are Guatemala. In relation to bees, 63 genera and 168 species of bees were recorded, the greatest number of species deteriorated in the *Pinus maximinoi* forests (s=71) and in the dry forests (s=70), in the 50 species of bees. In relation to the Molytinae, 8 genera and 30 species were recorded, the highest species richness occurred in the cloud forests (s=14), followed by the dry forest (s=8). It will be suspended that both taxonomic groups have a low turnover rate at the forest type level or at the geomorphological unit level. It is estimated that the diversity of bee species can reach up to about 350 species and the diversity of Molytinae species can reach values of 360 species. The results suggest that the testing effort should be increased.

Keywords: conservation, diversity, ecosystems, insects, Mesoamerica.

## 2 Introducción

Las colecciones científicas del Centro Universitario de Zacapa son un repositorio científico de especímenes sobre la biodiversidad de artrópodos de Mesoamérica. Dentro del marco del proyecto de Biodiversidad de Zacapa (BIOZ), se realiza un esfuerzo interinstitucional por registrar y digitalizar la biodiversidad del departamento de Zacapa a un nivel taxonómico de alta precisión utilizando herramientas morfológicas, genéticas y de georeferenciación para garantizar la calidad de la información. Estos esfuerzos también forman parte de los acuerdos establecidos en convenio con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas y el Centro Universitario de Zacapa para el desarrollo de la plataforma del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de Guatemala (SNIBgt). Guatemala se encuentra entre los países Megadiversos, sin embargo, una de las mayores limitantes para la conservación de la diversidad biológica en sus tres niveles (genético, especies y ecosistemas) es el vacío taxonómico que existe para la toma de decisiones y su baja representación en colecciones científicas.

En el presente proyecto se incluyen a los curculiónidos de la subfamilia Molytinae como uno de los grupos menos conocidos de la región y que poseen una alta diversidad que se desconoce para el departamento de Zacapa y son uno de los grupos funcionales de herbívoros importantes que contribuyen a la regulación de las comunidades en los bosques (Paul et al., 2015) y algunos pueden tener importancia agrícola. Así mismo, proponemos el estudio taxonómico de abejas nativas ya que Zacapa es una de las regiones menos exploradas de Guatemala y representan uno de los grupos funcionales de polinizadores más importantes para la flora tropical y plantas cultivadas (Enríquez y Ayala, 2014).

La riqueza de estudio de un área extensa puede medirse a nivel global (diversidad gamma) o a nivel de cada uno de sus componentes (diversidad alfa). Los componentes ecológicos de un área extensa pueden ser los diferentes tipos de cobertura que existan a lo largo de gradientes espaciales, generalmente los diferentes tipos de cobertura van a compartir en común algunas especies y otras no, a esto se le conoce como tasa de recambio de especies (diversidad beta). A través de la medición de la diversidad alfa, beta y gamma pueden describirse las similitudes dentro de cada una de los tipos de cobertura vegetal (Koleff et al., 2008).

El departamento de Zacapa se encuentra en el noreste de Guatemala, se puede describir a grandes rangos en las siguientes unidades geomorfológicas: Valle del Motagua, Sierra de Las Minas, Sierra del Merendón y Sierra Madre. A lo largo de estas unidades geomorfológicas se encuentran el monte espinoso, bosques secos, bosques de *Pinus oocarpa* Schiede ex. Schltdl, *Pinus maximinoi* H.E. Moore, bosques de encino y bosques de niebla.

En este estudio nosotros hipotetizamos que los bosques dominados por angiospermas tendrán una mayor riqueza de especies de abejas y Molytinae y que la diversidad beta será baja en composiciones florísticas similares entre las diferentes unidades geomorfológicas.

### 3 Planteamiento del problema

Guatemala se encuentra en uno de las regiones con mayor diversidad biológica dentro del planeta, dentro del hotspot mesoamericano (Myers et al., 2000). A pesar de su alta relevancia existen pocos esfuerzos por registrar la diversidad de grupos hiperdiversos de insectos que conforman más del 50% de la diversidad biológica del planeta (Price et al., 2011) y que son un importante reservorio de diversidad genética. El departamento de Zacapa se ubica al este de Guatemala en una zona de alta importancia biogeográfica. El departamento de Zacapa se encuentra sobre la placa de Norteamérica y la placa del Caribe, a través del departamento cruza la falla del Motagua. Sobre la placa de Norteamérica se encuentra la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, uno de los macizos montañosos más importante en cuanto a biodiversidad de Mesoamérica. Y al sureste se encuentra la Sierra del Merendón, la cual es una cadena montañosa de importancia biológica compartida por Guatemala y Honduras. A lo largo de las cadenas montañosas que se encuentran en Zacapa se distribuyen bosques de niebla, bosques de *Pinus tecunumani*, bosques de *P. maximinoi*, *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa*, bosques de *Quercus* spp., bosques de *Liquidambar*, bosques de *Ostrya* sp., bosques secos y matorral espinoso. Dentro de cada uno de estos ensamblajes florísticos ha coevolucionado una amplia diversidad de seres vivos, entre los que destaca una alta diversidad de insectos.

En el presente proyecto se plantea conocer la diversidad de dos grupos funcionales, los fitófagos y los polinizadores, para lo cual se seleccionó a las superfamilias Curculionoidea (Curculionidae: Molytinae) y Apoidea. Los curculiónidos se encuentran dentro de los grupos hiperdiversos, se alimentan de plantas y junto a Staphylinidae son las familias más grandes del orden Coleoptera. Los Molytinae son una de las tribus más grandes dentro de la familia Curculionidae y se encuentran distribuidos en todos los ecosistemas terrestres de Guatemala. En la actualidad se conocen al menos 38 géneros y 92 especies descritas, la expedición de la “Biología Central-Americana” a finales del siglo XIX es uno de los esfuerzos más grandes realizados por conocer la biodiversidad de insectos de Guatemala. A partir de esta obra, George Champion describe los géneros *Aeatus* Champion 1905, *Aenesias* Champion, *Enomides* Champion 1905, *Grypidiopsis* Champion, 1902, *Hilipinus* Champion, 1902, *Lepilius* Champion 1905, *Menares* Champion 1905, *Metraniella* Champion 1905, *Rhecas* Champion 1902 y *Theognete* Champion, 1902.

Las preguntas de investigación del presente proyecto son: ¿Cuál es el estado de conocimiento de los géneros y especies de Molytinae y abejas de Zacapa?, ¿Cuál es la diversidad alfa, beta y gamma de los Molytinae y abejas a lo largo del coenocline que se encuentra desde el Valle del Motagua hasta la Sierra de Las Minas y Sierra del Merendón en el departamento de Zacapa?, ¿Cuáles son los caracteres morfológicos y moleculares más precisos para la identificación de especies de Molytinae y abejas? y ¿Cuál es el estado de protección de las especies de Molytinae y abejas por el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas?

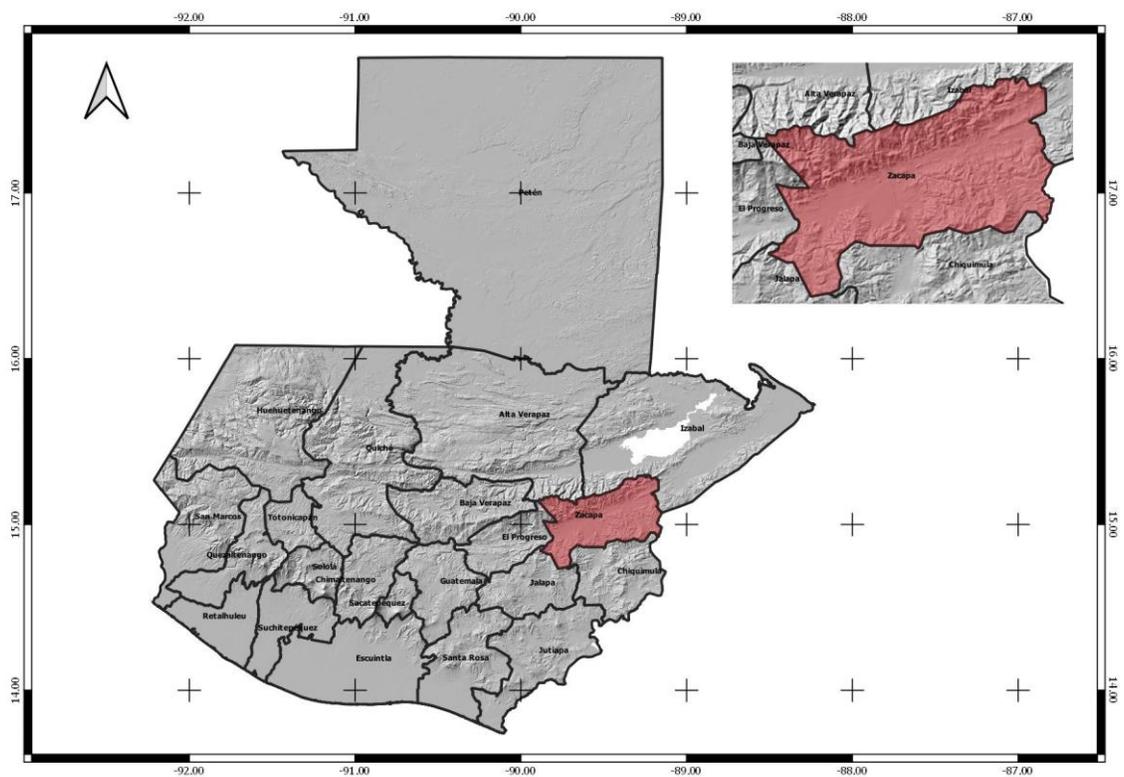
## 4 Delimitación en tiempo y espacio

### 6.1 Delimitación en tiempo

La información recabada para el presente proyecto de investigación se llevó a cabo del 1 de febrero al 31 de diciembre del 2021

### 6.2 Delimitación espacial

El proyecto se llevará a cabo en toda la extensión del departamento de Zacapa, desde un gradiente de elevación que va de los 115 msnm hasta más de 2000 msnm. El proyecto se llevó a cabo en el Valle del Motagua, Sierra de Las Minas, Sierra Madre y Sierra del Merendón. A lo largo de estos componentes geomorfológicos se encuentran distribuidos el monte espinoso, bosque seco, bosques de pino, bosques de liquidambar, bosques de encino y bosques de niebla.



**Figura 1.** Mapa de ubicación del proyecto, departamento de Zacapa en color rojo.

## 5 Marco teórico

### Diversidad de Curculiónidos

La superfamilia Curculionoidea es considerada como uno de los grupos hiperdiversos, se encuentra dentro del orden Coleoptera, la familia Curculionidae es la que más especies aporta con cerca de 51,000 especies descritas y se considera que pueden existir más de 200,00 especies. Los curculiónidos se alimentan de plantas, sin embargo, se conocen especies depredadoras y coprófagas que habitan en Sudamérica y Australia (Oberprieler et al., 2014). Se distribuyen sobre todo los lugares de la Tierra que posean plantas, en donde se alimentan de cualquiera de los tejidos de las plantas, pueden habitar en lugares extremos como los polos (Oberprieler et al., 2007). Los curculiónidos son especialmente diversos en los trópicos, sin embargo, algunos grupos de Curculionoidea suelen ser más diversos en las zonas templadas en donde pueden habitar en desiertos, tundras y glaciares (Ghahari et al., 2009; Julien et al., 2002; Newbold et al., 2007; Oberprieler et al., 2007).

Se conocen cerca de 5,800 géneros y 62,000 especies de Curculionoidea, lo cual comprende un 15.5% de la riqueza conocida de escarabajos, siendo una de las familias con mayor número de especies dentro del reino animal. El Cretácico se identifica como uno de los períodos de mayor trascendencia en la diversificación de los curculiónidos, ya que es en este período que ocurre la diversificación de las Angiospermas, a las cuales están asociados la mayor parte de los curculiónidos (Farrell, 1998). De acuerdo con Anderson (1995), el rostro ovipositor de los curculiónidos les permitió acceder a microhábitats y recursos que no estaban siendo explotados por otros fitófagos, lo que facilitó su diversificación.

Mesoamérica es reconocida por ser uno de los centros más grandes de diversidad biológica o hotspots (Myers et al., 2000), por lo que representa un área de interés para el estudio y conservación de curculiónidos. El estudio más grande realizado de curculiónidos de Mesoamérica son las descripciones de géneros y especies por George Champion (1902-1906) durante la expedición de la Biología Centrali-Americana llevada a cabo por la corona Británica. También resalta el catálogo y revisiones de O'Brien y Wibmer (1982) en donde se sintetiza la información taxonómica para curculiónidos de Norteamérica y Centroamérica. En Honduras se realizó un inventario de las especies de curculiónidos que habitan en la hojarasca de los bosques de niebla (Anderson y Ashe, 2000), para el género *Theognete* Champion que se distribuye desde México hasta Honduras se describieron más de 90 especies (Anderson, 2010), Barrios-Izás, Anderson, & Morrone (2016) describen el género *Plumolepilius* Barrios Izás & Anderson con distribución de México a Panamá y Barrios-Izás (2020) describe 16 especies más de *Plumolepilius*.

Se considera que muchos de los grupos taxonómicos de Curculionidae son parafiléticos o polifeléticos, especialmente por debajo del nivel subfamilia. Esto en gran parte tiene su origen en la alta diversidad del grupo y de las convergencias filogenéticas sobre la morfología que ocurren por presiones de selección del medio ambiente, actualmente existe un proyecto de análisis genómica para resolver algunos de estos problemas filogenéticos. Inclusive a nivel de subfamilia existen diversas clasificaciones en donde pueden aumentar o disminuir el número de subfamilias, sin embargo, se reconocen por la mayoría de la comunidad científica las siguientes subfamilias: Nemonychidae, Anthribidae, Curculionidae, Belidae, Oxycorynidae, Attelabidae, Ithyceridae, Apionidae, Brentidae y Eccoptarthidae. Gran parte de la evidencia filogenética que soporta estas familias ha sido propuesta en base a caracteres morfológicos pero también existen algunos moleculares (Burrini et al., 1988; Crowson, 1955; Kuschel, 1995; Legalov, 2006; Marvaldi, 1997; Morimoto, 1962; Thompson, 1992).

## **Diversidad de abejas**

Las abejas (Hymenoptera: Apiformes), constituyen un grupo de insectos conocidos por la presencia de pelos plumosos y estructuras especializadas para transportar el polen de las flores, el cual constituye su principal fuente de proteína (Michener, 2007a). Estas características permiten que sean polinizadores altamente eficientes. Se calcula que cerca del 90% de las plantas con flores se benefician de la polinización por insectos, principalmente abejas (Hoshiya & Sasaki, 2008).

Los apiformes se encuentran clasificados dentro de la superfamilia Apoidea, división Aculeata. En Aculeata se incluye a los grupos donde el aguijón es una modificación del ovopositor de las hembras (abejas y avispa). La superfamilia Apoidea incluye a las avispa esfecoides (Spheciformes) y a las abejas. Sus características más reconocibles son el lóbulo pronotal distinto, aunque relativamente pequeño, usualmente bien separado de la tégula y debajo de ella, y el pronoto extendido ventralmente, de modo que un par de procesos laterales circulan total o casi totalmente el tórax por detrás de las coxas frontales (Michener, 2007a).

Han sido descritas alrededor de 18,000 especies de abejas, sin embargo, se considera que el grupo no ha sido suficientemente estudiado en algunas regiones y que el número real de especies estará por encima de 20,000. Esta cifra podría aumentar gracias a que las especies crípticas puedan ser detectadas por medio de técnicas moleculares (Michener, 2007a).

Las áreas xerófitas y de temperaturas cálidas con lluvia estacional marcada son consideradas las más diversas en abejas (Wilmer, 2011), incluyendo la zona mediterránea, partes de Asia Central

y las zonas desérticas de los Estados Unidos y México (Michener, 2007a). Esto se debe a una alta riqueza de especies solitarias con ciclos anuales, cuya fenología responde a la estación lluviosa (Poveda-Coronel et al., 2018). Por otra parte, las selvas tropicales lluviosas son también altas en diversidad y abundancia, la cual está dada mayormente por la presencia de abejas sociales (Jha y Vandermeer, 2010).

En Guatemala están registradas 376 especies de abejas nativas, pertenecientes a 78 géneros y 5 familias. Las familias presentes en el país son Apidae (47% de las especies), Halictidae (29%), Megachilidae (16%), Colletidae (5%), y Andrenidae (3%) (Enríquez y Ayala, 2014). La familia Apidae constituye también el grupo más abundante, ya que incluye a las abejas sin aguijón (Meliponini) y los abejorros (Bombini), que son abejas sociales. Estas abejas viven en grupos numerosos (de cientos a decenas de miles de individuos), y tienen reinas que son las únicas hembras reproductivas (Michener, 2007). Todas las especies clasificadas dentro de las familias Halictidae, Megachilidae, Colletidae y Andrenidae, así como la mayoría de las especies de Apidae, son abejas solitarias. Estas abejas, aunque son menos numerosas, constituyen más del 90% de las especies encontradas en el país.

## **Variaciones climáticas e historia natural de la biota Mesoamericana**

El clima, junto con eventos geológicos y meteorológicos se encuentran entre las principales fuerzas macroevolutivas en la historia de la diversidad biológica. Las variaciones climáticas Ordovícico y el Pérmico-Triásico revisten de especial importancia debido a que en estos períodos ocurrieron extinciones masivas en el planeta, sin embargo, es bien conocido que los procesos de extinción global son seguidos por procesos de diversificación. Entre los eventos más importantes de diversificación de especies se encuentran los del Cámbrico-Ordovícico y del Mesozoico-Cenozoico (Etter, 2015). Después de la consolidación del Istmo Centroamericano y del Gran Intercambio Biótico (Woodburne, 2010) de elementos bióticos neárticos y neotropicales, se considera que los eventos climáticos del Plioceno-Pleistoceno tuvieron un rol importante en la diversificación de grupos taxonómicos a nivel local dando origen a los elementos bióticos mesoamericanos (Halffter, 1987). El enfriamiento del planeta provocó que los casquetes polares extendieran su territorio ha latitudes más bajas produciendo la extensión de los glaciares en las zonas de montaña o bien la aparición de nuevos glaciares (Leopold, 2010). De acuerdo con (Haffer, 1969) las variaciones climáticas del Plioceno-Pleistoceno provocaron eventos de expansión y contracción de los bosques húmedos, lo cuál a su vez provocó eventos macroevolutivos sobre la biota de estos ecosistemas. De acuerdo con la hipótesis planteada por Halffter (1987), se propone que durante los períodos de enfriamiento del planeta los hábitats de las especies de montaña descendían a las partes bajas provocando la dispersión de estas especies

y posteriormente cuando el planeta incrementaba su temperatura los hábitats migraban nuevamente a las montañas provocando el aislamiento de las poblaciones y su posterior diversificación, tal es el caso propuesto para escarabajos pasálidos (Schuster et al., 2003) y otros grupos que siguieron procesos de especiación alopátridos (Rossetto et al., 2007). Los bosques de montaña de la actualidad funcionan como una serie de islas en los que habitan especies que se diversificaron durante el pleistoceno, a estos bosques se les denomina como refugios pleistocénicos y son de importancia por su alto nivel de endemismos y riqueza (Schneider y Moritz, 1999).

Halffter (1987) estableció la Zona de Transición Mexicana como un área donde se solapan las especies de origen neártico, neotropical y mesoamericano (Darlington, 1957; Halffter y Morrone, 2017; Hoffman, 1936; Morrone, 2015; Vivó, 1943). La Zona de Transición Mexicana comprende los territorios de montaña que se extienden desde la Sierra Madre Occidental y Sierra Madre Oriental en México hasta las montañas al norte de la depresión de Nicaragua.

## **Diversidad alfa, beta y gamma**

La estimación de la riqueza de especie en un área determinada depende de muchos factores, entre los que sobresalen: la escala espacial, el esfuerzo de muestreo, el diseño del muestreo, la temporalidad del muestreo y la experiencia de los colectores, entre otros. Debido a la heterogeneidad de un área, la diversidad biológica se puede medir en subunidades de acuerdo a la escala, por ejemplo: dosel-sotobosque-suelo, bosque de pino vs bosque de encinos, diferentes niveles de elevación, meses del año o simplemente en distancia euclidiana. De tal manera que la diversidad biológica se puede medir a nivel local o temporal (alfa), a nivel de paisaje o anual (diversidad gamma) y se pueden estimar las tasas de recambio entre unidades espaciales o temporales (diversidad Beta) (Whittaker, 1960). Debido a los factores de dependencia de la medición de la diversidad, resulta extremadamente difícil y caro realizar inventarios completos de un área, por lo que se han desarrollado modelos estadísticos y matemáticos que permiten estimar el número total de especies de un área de estudio (Zhang et al., 2014). Los modelos de acumulación de especies, son una de las herramientas estadísticas más utilizadas para estimar la diversidad alfa y gamma (Willott, 2001), las diferencias entre la diversidad alfa y gamma básicamente radican a la escala a la que se está trabajando (Jurasinski y Beierkuhnlein, 2006). Las diferencias espaciales o temporales para determinar la diversidad alfa y gamma son establecidas por el equipo de investigación o bien se pueden explorar mediante el uso de métodos multivariados de agrupamiento u ordenamiento (Leprieur et al., 2012; Meynard et al., 2011; Sfenthourakis y Panitsa, 2012).

## 6 Estado del arte

La subfamilia Molytinae es uno de los grupos taxonómicos más grande de curculiónidos que existen. En Guatemala se han registrado las tribus Cholini, Cleogonini, Conotrachelini, Hylobini, Lymantini y Pissodini; la mayoría de especies de esta tribu fueron registradas en la expedición de la Biología Centrali-Americana en la que el entomólogo George Champion realizó colectas en Guatemala. Es importante mencionar que George Champion no colectó el oriente de Guatemala, lo más cercano que estuvo fue en el municipio de Morazán en El Progreso en una visita que hizo desde Salamá. Posteriormente resaltan las colectas realizadas a finales del siglo XX por Charles O'Brien (EEUU), Patrice Vaurie (EEUU) y Robert Anderson (Canadá). Charles O'Brien juntó una de las colecciones privadas más grandes del mundo de Curculionidae que ahora se encuentra alojada en la Universidad del Estado de Arizona, Patrice Vaurie se dedicó principalmente al estudio de Dryophthorinae y los especímenes se encuentran en el Museo Americano de Historia Natural y las colecciones de Robert Anderson que son una de las más importantes para la Zona de Transición Mexicana, especialmente para los curculiónidos de la hojarasca.

Los géneros de Molytinae que se conocen para Guatemala son (Alonso-zarazaga y Lyal, 1999; Barrios-Izás et al., 2016): *Anchonus* Schoenherr, *Cestophorus* Faust, *Geobyrsa* Pascoe, *Cholus* Germar, *Cleogonus* Schoenherr, *Isotrachelus* Faust, *Rhyssomatus* Schoenherr, *Aeatus* Champion, *Aenesias* Champion, *Conotrachelus* Dejean, *Enomides* Champion, *Grypidiopsis* Champion, *Lepilius* Champion, *Plumolepilius* Barrios-Izás y Anderson, *Microhyus* LeConte, *Pheloconus* Roelofs, *Guioperus* Perty, *Arniticus* Pascoe, *Heilipodus* Kuschel, *Heilipus* Germar, *Heilus* Kuschel, *Hilipinus* Champion, *Marshailius* Kuschel, *Rhineilipus* Kuschel, *Ischiomastus* Kirsch, *Pseudanchonus* Faust, *Rhecas* Champion, *Dioptraphorus* Faust, *Epibaenus* Kuschel, *Theognete* Champion, *Laccoproctus* Schoenherr, *Chalcodermus* Dejean y *Sternechus* Schoenherr.

Los trabajos enfocados a diversidad de abejas en Guatemala han dado lugar al registro de al menos 376 especies, dentro de 78 géneros. La gran mayoría de esta información corresponde a estudios realizados en el altiplano central, como los realizados Vásquez et al. (2010), Escobedo et al. (2014). Existen registros para el departamento de Zacapa realizados como parte de estudios más recientes, sin embargo, el último estudio sistemático en el departamento fue realizado en los años 2004 y 2005 y fue enfocado al área del corredor seco (Rodríguez, 2008). Recientemente han sido realizados estudios moleculares sobre abejas de Guatemala, centrándose en problemas relacionados a diferenciaciones por aislamiento geográfico en abejorros (Landaverde-González et al., 2018), y resoluciones de conflictos taxonómicos (Escobedo-Kenefic et al., 2020).

El departamento de Zacapa cuenta con la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, la cual es uno de los principales reservorios de Biodiversidad de Guatemala y Centro América. En el bosque seco se encuentran los parques regionales municipales de Río Hondo, Cabañas y Huité, además de la Reserva Natural Privada El Arenal en Cabañas y el Parque Nacional Cerro Miramundo en el municipio de Zacapa. En la Sierra de El Merendón se encuentra el parque regional municipal Bosque Nuboso La Unión y la Reserva Universitaria del Bosque Nuboso de la Sierra de El Merendón del Centro Universitario de Zacapa.

## 7 Objetivos (generales y específicos aprobados en la propuesta)

### Objetivo general

Contribuir al conocimiento de la diversidad de los curculiónidos de la subfamilia Molytinae (Cholini, Cleogonini, Conotrachelini, Hylobini, Lymantini y Pissodini) y abejas (Hymenoptera: Apoidea) de Zacapa, así como a su conservación y desarrollo de herramientas para su identificación.

### Objetivos específicos

**Objetivo 1.** Identificar especies conocidas por la ciencia y desconocidas para su descripción en trabajos taxonómicos.

**Objetivo 2.** Medir la diversidad alfa, beta y gamma de los Molytinae y abejas de Zacapa a lo largo de los diferentes ecosistemas que se encuentran desde el valle del Motagua hasta la Sierra de Las Minas y la Sierra Caral.

**Objetivo 3.** Describir los caracteres diagnósticos para cada uno de los géneros de Molytinae y abejas.

**Objetivo 4.** Evaluar marcadores moleculares mitocondriales y nucleares para la identificación de especies de Molytinae y abejas.

**Objetivo 5.** Determinar el estado de protección de los Molytinae y abejas del departamento de Zacapa y su representación dentro del SIGAP.

## 8 Hipótesis

Los curculionidae abejas son grupos que coevolucionaron con las Angiospermas, por lo tanto, se espera que los bosques latifoliados presenten una mayor diversidad de especies.

Los curculionidae y abejas al haber coevolucionado con las angiospermas se espera que la tasa de recambio de géneros sea mayor entre las diferentes composiciones vegetales que entre la Sierra de Las Minas y Sierra del Merendón en hábitats equivalentes.

## 9 Materiales y métodos

### 10.1 Enfoque de la investigación

La investigación tiene un enfoque cuantitativo, parte del método hipotético-deductivo, en donde a partir de las observaciones realizadas en campo se pusieron a prueba las hipótesis planteadas y a través de métodos descriptivos y numéricos se realizaron análisis de las asociaciones ecológicas de las especies.

### 10.2 Método

#### 10.3 Recolección de información

Unidades de estudio: las unidades de estudio estuvieron conformadas por los ensambles florísticos con base a la vegetación dominante. Entre estas se consideraron: monte espinoso, bosque subtropical caducifolio, bosques de *Pinus oocarpa*, bosques de *Quercus*, bosques de *Pinus maximinoi* y *Pinus pseudostrobus*, bosques de *Liquidambar* y bosques nubosos.

Unidades de muestreo: para sistematizar la recolección de la información en campo se realizarán trayectos de colecta de 750 metros de longitud, esto permitirá homogenizar el esfuerzo en cada una de las unidades de estudio.

Revisión de colecciones de insectos: las colecciones de insectos que se revisaron fueron la colección de insectos del Centro Universitario de Zacapa y la Colección de Abejas Nativas de Guatemala del Centro de Estudios Conservacionistas (CANG). Los especímenes se ordenaron por géneros y morfoespecies, se digitalizaron los datos de las etiquetas.

Otros datos del universo y población: el universo de estudio estuvo conformado por las especies de Molytinae y Apoidea del departamento de Zacapa y la población por los individuos que se colectaron sobre las unidades de muestreo.

Instituciones y laboratorios participantes: las instituciones participantes fueron el Centro Universitario de Zacapa y el Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), ambos de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Todos los especímenes colectados se procesaron en el laboratorio de Entomología y laboratorio de Biología Molecular del Instituto de Investigaciones del Centro Universitario de Zacapa y en la unidad de Biodiversidad del CECON.

## 10.4 Técnicas e instrumentos

Colecta con manta de golpeo: se realizaron recorridos en cada en el área de estudio. A lo largo del recorrido se golpeó la vegetación con manta de golpeo, los insectos capturados se guardaron en etanol al 95%. Cada uno de los tubos se identificó con los datos de colecta.

Colecta con cernidores de hojarasca: en la hojarasca de bosques latifoliados de montaña habita una cantidad considerable de especies de Curculiónidos, por lo que se cernieron hasta 10 muestras de hojarasca por sitio. Las muestras de hojarasca se trasladaron al laboratorio de entomología del Centro Universitario de Zacapa, se colocaron en extractores Maxi Winkler y los especímenes se guardaron en etanol al 95%, posteriormente se guardaron en un congelador a -20°C.

La colecta de abejas consistió en colectas manuales utilizando redes entomológicas. En cada punto de muestreo se realizó una búsqueda de los insectos y se capturaron al vuelo o posados en las flores. Los especímenes colectados se sacrificaron en cámaras letales de cianuro de potasio. A cada ejemplar capturado se le extrajo una muestra de tejido (la tercera pata del lado izquierdo) y se guardó en etanol al 95%. El resto del ejemplar fue montado en alfileres entomológicas, para su posterior etiquetado e identificación taxonómica.

Curación de especímenes de abejas: Cada insecto fue montado en un alfiler entomológico e identificado con una etiqueta impresa con la información de la colecta correspondiente (localidad, fecha, coordenadas geográficas y colector). A cada insecto se le asignó un número correlativo dentro de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala, del Centro de Estudios Conservacionistas. Los especímenes fueron determinados hasta el nivel más específico que fuera posible, utilizando claves taxonómicas para el grupo (Ayala Barajas, 1999; Michener, 2007b). La información correspondiente a cada registro fue digitalizada utilizando una hoja electrónica en Microsoft Excel.

Curación de especímenes de Molytinae: Los especímenes se guardaron en viales de 5 ml con etanol al 95% para preservación del ADN, dentro del vial se colocó una etiqueta con los datos de colecta. La identificación fue elaborada por el Dr. Manuel Barrios del Centro Universitario de Zacapa. La base de datos se elaboró en un archivo separado por comas (CSV).

Extracción, aislamiento y amplificación de ADN: el ADN fue extraído y aislado mediante el uso del kit NucleoSpin Tissue Kit (MACHEREY-NAGEL, Düren, Germany). El proceso en términos generales consistió en el rompimiento de las membranas celulares, la degradación de proteínas y lípidos y la purificación del ADN en columnas que funcionan como filtros. El ADN se guardó en una solución buffer a -80°C. Posteriormente, se amplificaron regiones ultraconservadas del ADN utilizando los marcadores mitocondriales y nucleares.

Las fotografías se realizaron en el estudio de macrofotografía científica del Instituto de Investigaciones, para lo cual se utilizaró una cámara Nikon profesional, un lente 100-300 mm, un carril automatizado para macrofotografía, un lente de macrofotografía-close up Raynox 150, un

objetivo Mitutoyo M Plan APO 10x 0.28. Las fotografías se tomaron en pasos de 15 a 30 imágenes, posteriormente se alinearon y ensamblaron en el software de edición de apilamiento de imágenes (ej. Zerene stacker).

## Mapas de distribución

Los mapas de distribución se realizaron en el software de distribución libre QGIS. Se utilizaron las capas de límites nacionales, departamentales y municipales, el modelo de elevación perfilado y los registros de colecta.

## 10.5 Procesamiento y análisis de la información

Análisis de datos: Inicialmente se elaboraron listados de especies por tipo de cobertura, unidad geomorfológica o por municipio y a partir de esto se determinó la diversidad alfa (riqueza,  $s$ ). Posteriormente se realizó un análisis multivariado para apreciar similitudes o diferencias de las unidades de estudio, con base a la tasa de recambio de especies (diversidad beta), para lo cual se elaboraron Análisis de Correspondencias Rectificado o Análisis de Correspondencias. Posteriormente, se elaboró un dendrograma por el método “UPMGA”, distancias de Ward 2, para clasificar a las unidades de muestreo en grupos de similitud, los dendrogramas no se elaboraron para los Molytinae debido a que las unidades de estudio no compartieron especies en común. Para estimar la diversidad gamma, se elaboraron curvas de acumulación de especies por los métodos de Chao2, Jacnife1, Jacknife2 y Bootstrap. Finalmente, se elaboró un mapa de áreas protegidas para Zacapa y se colocaron las unidades de muestreo de abejas y Molytinae y se verificó que especies se encontraron dentro de áreas protegidas.

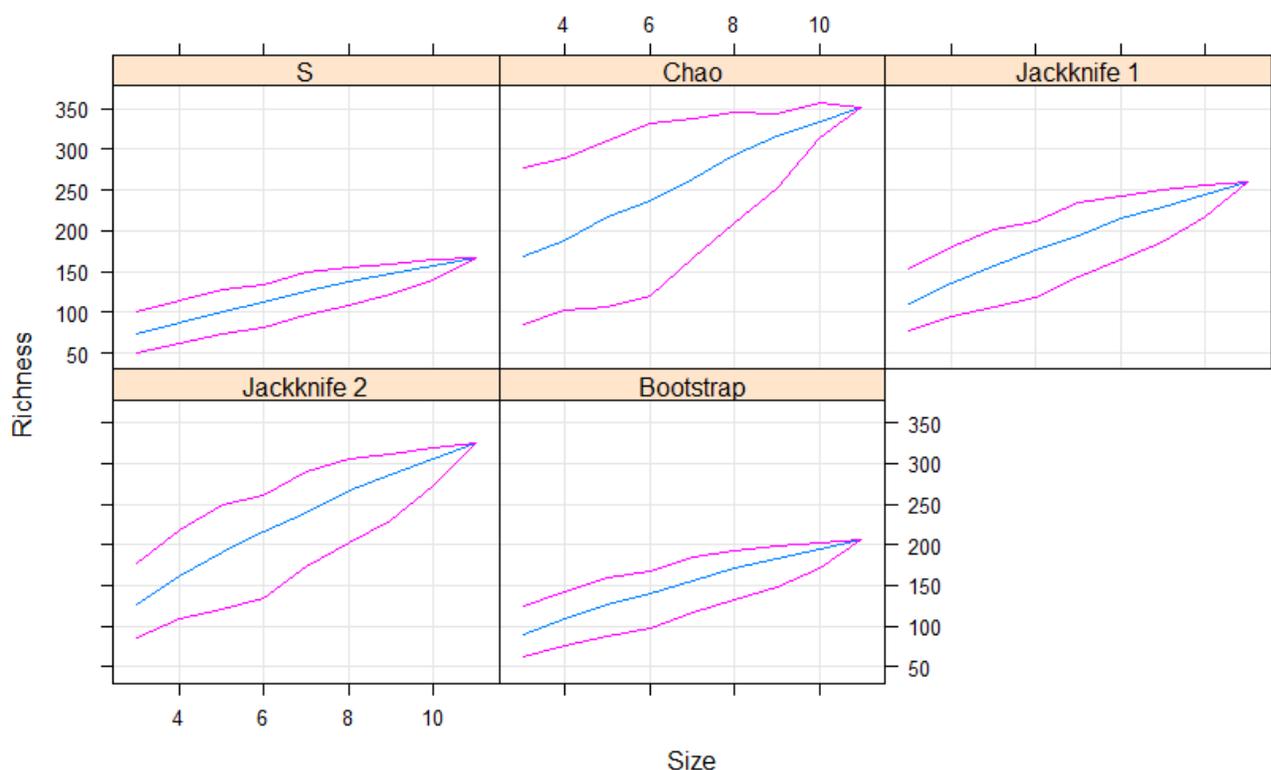
Todos los análisis estadísticos se realizaron en el ambiente computacional y lenguaje R, utilizando el paquete Vegan. Los mapas se elaboraron en el software Quantum GIS utilizando las coordenadas de colecta, la capa de áreas protegidas, el modelo de elevación, el modelo hillshade y las capas de límites políticos departamentales y municipales.

## 10 Resultados y discusión

### 11.1 Resultados:

Para el departamento de Zacapa se colectaron un total de 909 especímenes correspondientes a 7 familias de abejas, 63 géneros y 168 especies de abejas. La familia de abejas con mayor diversidad de especies fue Apidae con 38 géneros y 83 especies, seguido de la familia Halictidae con 12 géneros y 49 especies, la familia Andrenidae con 4 géneros y 7 especies, la familia Megachilidae con 4 géneros y 14 especies, la familia Colletidae con 3 géneros y 12 especies, y 2 especies, la familia Anthophoridae con 1 especie (tabla 1).

El tipo de cobertura vegetal con mayor riqueza de especies de abejas fue el bosque de *Pinus maximinoi* (s=71), seguido del bosque seco (s=70), bosque de niebla (s=55) y monte espinoso (s=50). El municipio en el que se registró una mayor riqueza de abejas fue Zacapa (s=69), seguido de La Unión (s=55), Huité (s=38), San Diego (s=34), Cabañas (s=27), Usumatlán (s=26), Gualán (s=24), Río Hondo (s=21) y San Jorge (s=19). De acuerdo con los modelos de acumulación de especies (figura 2), se estima que dentro del área estudio existen entre 200 y 350 especies de abejas.



**Figura 2.** Modelos de acumulación de especies para las abejas en el departamento de Zacapa.

**Tabla 1.** Listado de especies de abejas colectadas en el departamento de Zacapa por tipo de bosque.

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<b>Megachilidae</b>		X	X		
<i>Anthidiellum apicale</i>			X		
<i>Anthidiellum maculifrons</i>		X			
<b>Andrenidae</b>	X	X		X	
<i>Andrena</i>	X				
<i>Andrena</i> sp	X				
<i>Mesoxaea</i> sp				X	
<i>Perdita</i> sp		X		X	
<i>Protoxaea nigerrima</i>				X	
<i>Pseudopanurgus bidentis</i>				X	
<i>Pseudopanurgus crenulatus</i>		X			
<b>Anthophoridae</b>					X
<i>Deltoptila</i> sp					X
<b>Apidae</b>	X	X	X	X	X
<i>Ancyloscelis apiformis</i>	X				X
<i>Apis</i>			X		X
<i>Apis mellifera</i>	X		X	X	X
<i>Bombus ephippiatus</i>				X	
<i>Bombus mexicanus</i>				X	
<i>Bombus pullatus</i>				X	X
<i>Centris</i> aff. <i>Centris agiloides</i>				X	
<i>Centris flavifrons</i>			X		
<i>Centris transversa</i>	X		X		
<i>Centris varia</i>		X	X		
<i>Cephalotrigona zexmenieae</i>			X	X	
<i>Ceratina</i> sp.					X
<i>Ceratina spl</i>		X	X		

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Ceratina sp1*</i>			X		
<i>Ceratina sp2</i>	X	X	X	X	
<i>Ceratina sp3</i>				X	X
<i>Ceratina sp4</i>		X			
<i>Ceratina sp5</i>				X	
<i>Ceratina sp6</i>					X
<i>Coelioxoides sp</i>				X	
<i>Coelioxys (Boeriocoelioxys) sp.</i>				X	
<i>Coelioxys assumption</i>		X			
<i>Coelioxys sp.</i>				X	
<i>Diadasia aff. Diadasia australis</i>	X				
<i>Diadasia tropicalis</i>	X	X			
<i>Epeolus flavofasciatus</i>				X	
<i>Epicharis lunnatus</i>		X			
<i>Euglossa atroveneta</i>			X		
<i>Euglossa sp1</i>		X			
<i>Euglossa sp2</i>	X				
<i>Eulaema polychroma</i>	X	X	X	X	
<i>Exomalopsis sp</i>					X
<i>Frieseomelitta nigra</i>	X	X			
<i>Lophopedia sp</i>		X	X		
<i>Melipona beecheii</i>		X	X		
<i>Melissodes sp1</i>		X			
<i>Melissodes tepaneca</i>		X	X	X	
<i>Melissoptila</i>	X				
<i>Melissoptila sp</i>					X

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Melissoptila sp1</i>				X	
<i>Melitoma sp</i>	X	X			
<i>Melitoma sp2</i>	X				
<i>Monoeca sp1</i>					X
<i>Nannotrigona perilampoides</i>	X	X	X	X	
<i>Paratetrapedia</i>		X			
<i>Paratetrapedia aff. Paratetrapedia mayarum</i>					X
<i>Paratetrapedia calcarata</i>	X	X	X	X	
<i>Paratetrapedia moesta</i>	X	X	X		
<i>Paratetrapedia sp</i>					X
<i>Paratetrapedia sp1</i>				X	
<i>Paratetrapedia sp2</i>				X	
<i>Paratetrapedia sp3</i>				X	X
<i>Paratrigona guatemalensis</i>				X	
<i>Partamona bilineata</i>	X		X	X	
<i>Plebeia frontalis</i>	X	X			X
<i>Rhathymus sp</i>					X
<i>Scaptotrigona pectoralis</i>		X	X	X	
<i>Scaura latitarsis</i>					X
<i>Tetragona mayarum</i>			X	X	X
<i>Tetragonisca angustula</i>	X	X		X	X
<i>Tetraloniella</i>	X			X	
<i>Tetrapedia sp1</i>		X	X	X	
<i>Tetrapedia sp2</i>					X
<i>Thygater sp</i>				X	
<i>Thygater sp1</i>	X			X	X

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Thygater sp2</i>					X
<i>Thygater sp3</i>				X	X
<i>Thygater sp4</i>				X	
<i>Thygater sp5</i>				X	X
<i>Trigona corvina</i>	X			X	X
<i>Trigona fulviventris</i>	X	X	X	X	X
<i>Trigona fuscipennis</i>	X	X	X	X	X
<i>Trigona nigerrima</i>				X	X
<i>Trigona silvestriana</i>					X
<i>Trigona sp.</i>		X			
<i>Trigonisca maya</i>	X		X		
<i>Xenoglossa</i>		X			
<i>Xenoglossa sp</i>	X				
<i>Xenoglossa sp1</i>		X			
<i>Xylocopa fimbriata</i>		X	X		X
<i>Xylocopa frontalis</i>			X		
<i>Xylocopa guatemalensis</i>				X	
<b>Colletidae</b>	X	X	X	X	X
<i>Chilicola ashmaeadi</i>					X
<i>Colletes</i>					X
<i>Colletes aff. Colletes rugicollis</i>					X
<i>Colletes sp1</i>		X			
<i>Colletes sp2</i>				X	
<i>Colletes sp3</i>			X		
<i>Colletes sp4</i>					X
<i>Colletes sp5</i>		X			

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Colletes sp6</i>					X
<i>Colletes tzotzilis</i>			X		
<i>Hylaeus sp1</i>	X	X	X		
<i>Hylaeus sp2</i>		X			
<b>Halictidae</b>	X	X	X	X	X
<i>aff. Lasioglossum(Dialictus) sp2</i>				X	
<i>aff. Mexalictus sp1</i>	X				
<i>Agapostemon nasutum</i>		X			
<i>Augochlora albiceps</i>		X		X	
<i>Augochlora nigrocyanea</i>		X			
<i>Augochlora sp</i>	X				
<i>Augochlora sp1</i>	X	X	X	X	X
<i>Augochlora sp2</i>	X	X	X	X	
<i>Augochlora sp3</i>					X
<i>Augochlorella sp</i>	X				
<i>Augochlorella sp1</i>	X	X	X	X	X
<i>Augochlorini sp1</i>	X				
<i>Augochloropsis aff. Augochloropsis metal- lica</i>	X	X			
<i>Augochloropsis flammea</i>					X
<i>Augochloropsis ignita</i>	X	X	X	X	
<i>Augochloropsis metallica</i>		X			
<i>Augochloropsis sp</i>				X	
<i>Augochloropsis sp1</i>	X				
<i>Augochloropsis sp2</i>	X	X	X	X	
<i>Caenaugochlora sp</i>	X				X

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

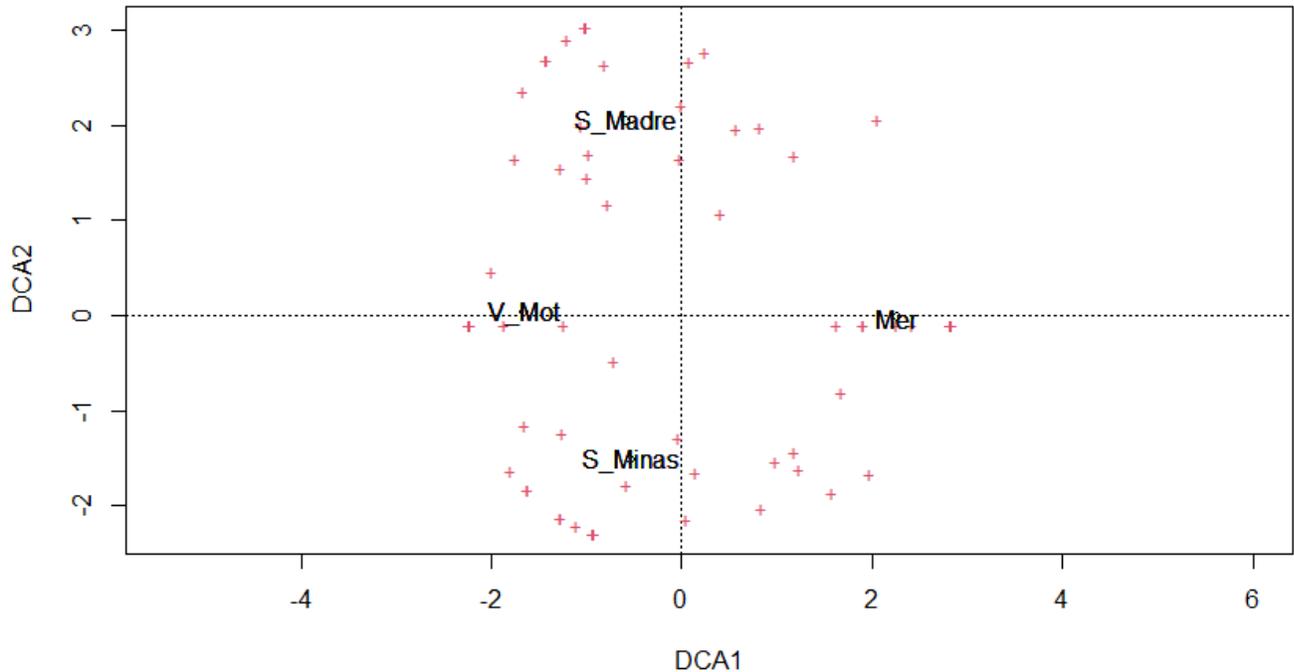
	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Caenohalictus</i>		X			
<i>Caenohalictus sp</i>	X	X		X	
<i>Halictini sp</i>				X	
<i>Halictini sp2</i>				X	X
<i>Halictus hesperus</i>	X	X			
<i>Halictus ligatus</i>	X			X	
<i>Halictus ligatus</i>		X			
<i>Halictus lutescens</i>		X			
<i>Halictus sp</i>					X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp4</i>					X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp</i>					X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp1</i>	X	X	X	X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp2</i>	X	X	X	X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp3</i>		X		X	X
<i>Lasioglossum (Evyllaesus) sp</i>					X
<i>Lasioglossum (Evyllaesus) sp2</i>					X
<i>Lasioglossum (Lasioglossum)</i>		X			
<i>Lasioglossum (Lasioglossum) sp</i>		X			
<i>Lasioglossum (Lasioglossum) sp2</i>					X
<i>Lasioglossum cyanorugosum</i>		X			
<i>Lasioglossum nycteris</i>				X	
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp 1</i>			X		
<i>Mexalictus mandibularis</i>			X		
<i>Neocorynura</i>	X				
<i>Neocorynura pubescens</i>				X	X
<i>Neocorynura sp</i>					X

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

	Monte espinoso	Bosque seco	Pinus oocarpa	Pinus maximinoi	Bosque de niebla
<i>Neocorynura sp2</i>		X			
<i>Pseudoaugochlora graminea</i>		X	X	X	X
<i>Sphecodes</i>		X			
<b>Megachilidae</b>	X	X	X	X	X
<i>Anthidium zapoteca</i>	X		X		
<i>Megachile (leptorachis) sp</i>				X	
<i>Megachile aff. Megachile elongata</i>		X	X	X	
<i>Megachile aff. Megachile elongata</i>			X		
<i>Megachile aff. Megachile Inscita</i>	X	X	X	X	X
<i>Megachile aff. Megachile otomita</i>					X
<i>Megachile chichimeca</i>	X	X			
<i>Megachile otomita</i>		X			
<i>Megachile sp.</i>		X			
<i>Megachile tepaneca</i>		X			
<i>Megachile tepaneca+</i>				X	
<i>Megachile zapoteca</i>				X	
<i>Paranthidium gabii</i>				X	

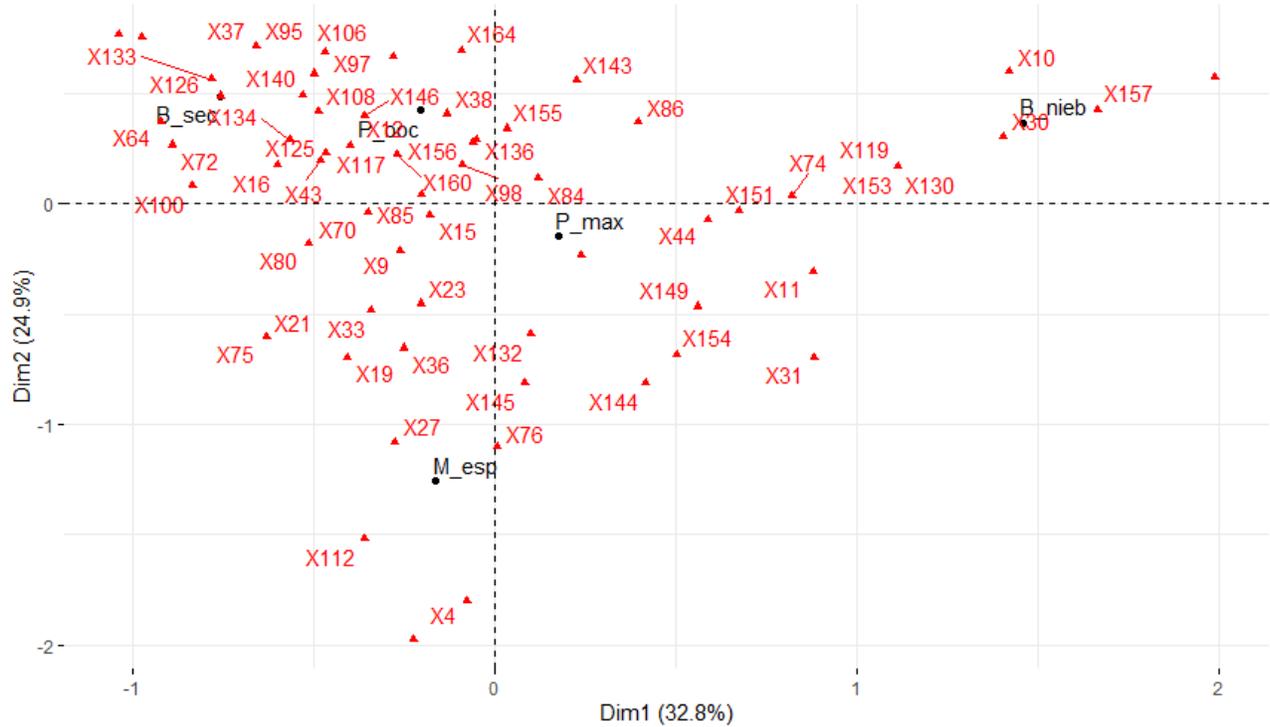
En el análisis de correspondencias rectificadas se puede apreciar una segregación de las abejas de acuerdo con las unidades geomorfológicas establecidas (figura 3).



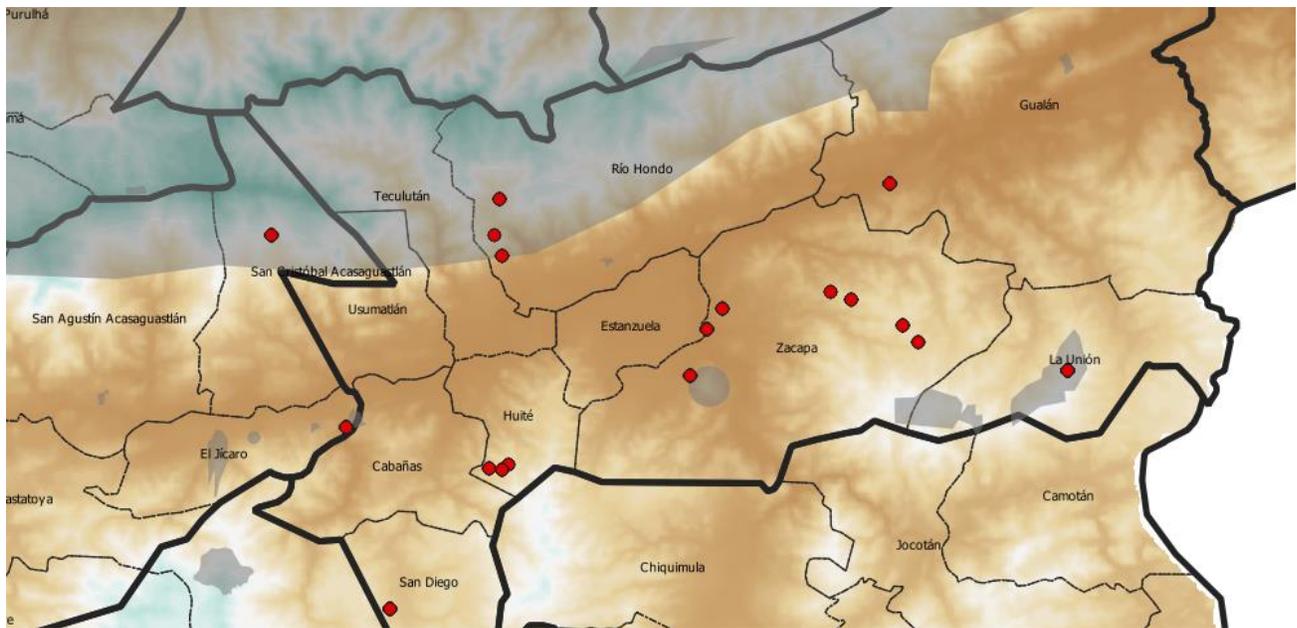
**Figura 3.** Análisis de Correspondencias Rectificadas (DCA) de las abejas colectadas en Sierra de Las Minas (S\_Minas), Valle del Motagua (V\_Mot), Sierra Madre (S\_Madre) y Sierra del Merendón (Mer).

De acuerdo con el análisis de correspondencias (figura 4), se puede apreciar una segregación de la diversidad de las abejas en los ejes CA1 y CA2 con relación al tipo de bosque. Se puede apreciar que el tipo de bosque que se encuentra más separado al resto es el bosque de niebla, seguido del bosque seco. El monte espinoso se aleja en el CA2 de los bosques de pino.

Al trasladar las localidades de colecta con el mapa de áreas protegidas (figura 5) se determinó que por lo menos 105 especies se encuentran dentro de las áreas protegidas. En Parque Regional Municipal La Unión se registraron 55 especies de abejas, en la Sierra de Las Minas se registraron 45 especies de abejas, en el Parque Regional Municipal Niño Dormido se registraron 28 especies y en el Parque Nacional Cerro Miramundo se registraron 19 especies. Dentro de áreas protegidas se registraron 58 especies de Apidae, 30 especies de Halictidae, 7 especies de Colletidae, 6 especies de Megachilidae, 3 especies de Andrenidae y 1 especie de Anthophoridae (tabla 2).



**Figura 4.** Análisis de Correspondencias (CA) de las abejas colectadas en Monte Espinoso (M\_esp), Bosque Seco (B\_sec), Bosque Pinus oocarpa (P\_ooc), Bosque de Pinus maximinoi (P\_max) y Bosque de niebla (B\_nieb).



**Figura 5.** Localidades de colecta de abejas en Zacapa y mapa de áreas protegidas.

**Tabla 2.** Listado de especies de abejas colectadas dentro de Áreas Protegidas.

	La Unión	Mira- mundo	Niño Dor- mido	Sierra Minas
<b>Andrenidae</b>				
<i>Andrena</i>			X	
<i>Andrena sp</i>			X	
<i>Perdita sp</i>				X
<b>Anthophori- dae</b>				
<i>Deltoptila sp</i>	X			
<b>Apidae</b>				
<i>Ancyloscelis apiformis</i>	X			
<i>Apis</i>	X			
<i>Apis mellifera</i>	X		X	X
<i>Bombus ephippiatus</i>				X
<i>Bombus pullatus</i>	X			X
<i>Centris aff. Centris agiloides</i>				X
<i>Centris flavifrons</i>				X
<i>Centris transversa</i>			X	
<i>Ceratina sp. Sp5</i>	X			
<i>Ceratina sp1</i>		X		X
<i>Ceratina sp2</i>		X		X
<i>Ceratina sp3</i>	X			X
<i>Ceratina sp4</i>		X		
<i>Ceratina sp5</i>				X
<i>Ceratina sp6</i>	X			
<i>Coelioxys (Boeriocoelioxys) sp.</i>				X
<i>Diadasia aff. Diadasia australis</i>			X	
<i>Diadasia tropicalis</i>		X	X	
<i>Euglossa sp2</i>			X	
<i>Eulaema polychroma</i>		X		X
<i>Exomalopsis sp</i>	X			
<i>Frieseomelitta nigra</i>			X	
<i>Melissoptila sp</i>	X			
<i>Melitoma sp</i>			X	
<i>Monoeca sp1</i>	X			
<i>Nannotrigona perilampoides</i>		X		
<i>Paratetrapedia aff. Paratetrape- dia</i>				
<i>mayarum</i>	X			
<i>Paratetrapedia calcarata</i>				X
<i>Paratetrapedia moesta</i>			X	
<i>Paratetrapedia sp</i>	X			
<i>Paratetrapedia sp2</i>				X

# Informe final proyecto de investigación 2021

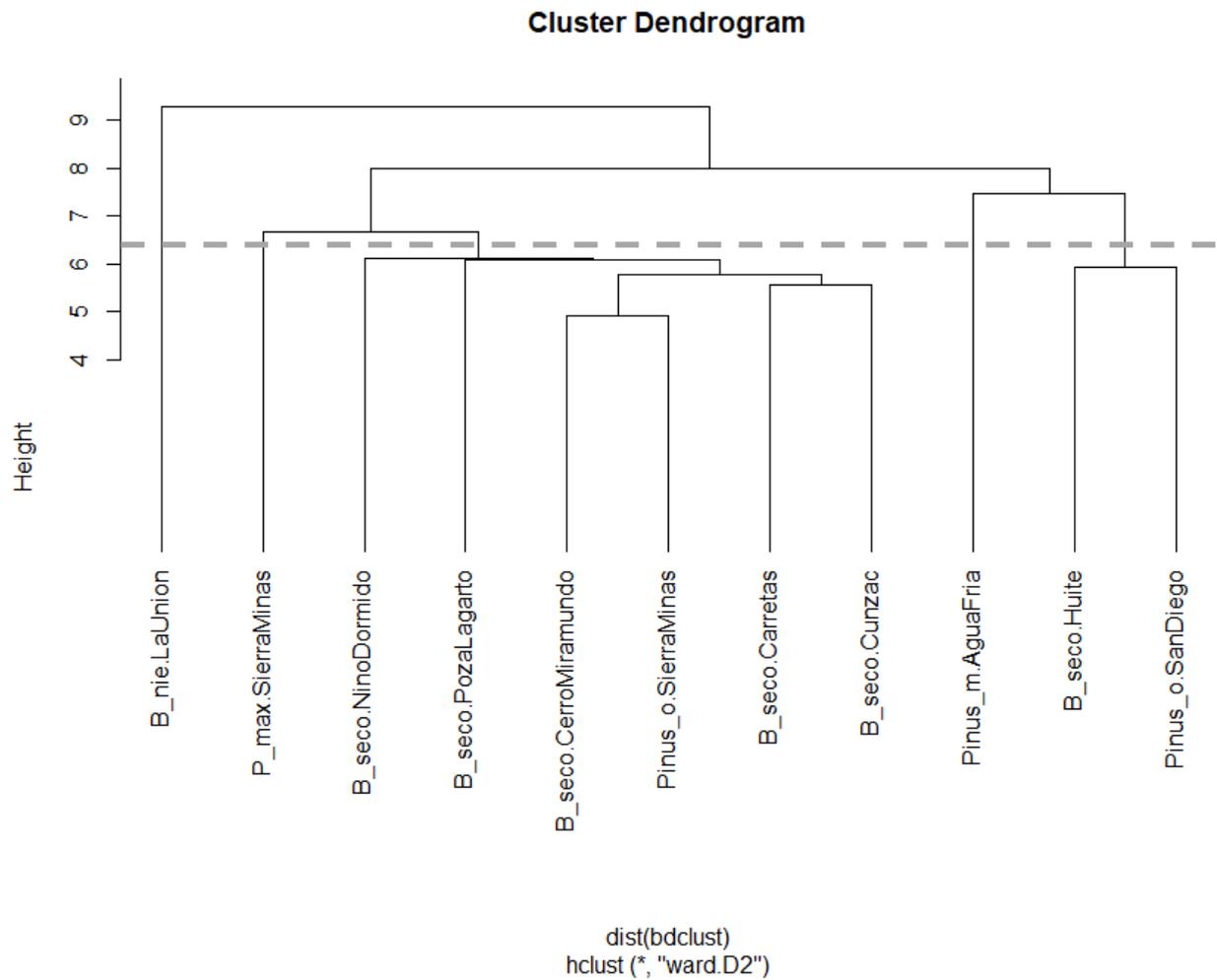
Dirección General de Investigación –DIGI-

<i>Paratetrapedia sp3</i>	X			
<i>Partamona bilineata</i>				X
<i>Plebeia frontalis</i>	X		X	
	<b>La</b>	<b>Mira-</b>	<b>Niño</b>	<b>Sierra</b>
	<b>Unión</b>	<b> mundo</b>	<b>Dor-</b>	<b>Minas</b>
			<b>mido</b>	
<i>Rhathymus sp</i>	X			
<i>Scaura latitarsis</i>	X			
<i>Tetragona mayarum</i>	X			X
<i>Tetragonisca angustula</i>	X	X	X	X
<i>Tetraloniella</i>				X
<i>Tetrapedia sp1</i>				X
<i>Tetrapedia sp2</i>	X			
<i>Thygater sp</i>				X
<i>Thygater sp1</i>	X		X	
<i>Thygater sp2</i>	X			
<i>Thygater sp3</i>	X			
<i>Thygater sp4</i>				X
<i>Thygater sp5</i>	X			X
<i>Trigona corvina</i>	X		X	X
<i>Trigona fulviventris</i>	X	X	X	X
<i>Trigona fuscipennis</i>	X	X		X
<i>Trigona nigerrima</i>	X			
<i>Trigona silvestriana</i>	X			
<i>Trigona sp.</i>		X		
<i>Trigonisca maya</i>			X	X
<i>Xenoglossa sp</i>			X	
<i>Xylocopa fimbriata</i>	X	X		X
<i>Xylocopa frontalis</i>				X
<i>Xylocopa guatemalensis</i>				X
<b>Colletidae</b>				
<i>Chilicola ashmaeadi</i>	X			
<i>Colletes</i>	X			
<i>Colletes aff. Colletes rugicollis</i>	X			
<i>Colletes sp3</i>				X
<i>Colletes sp4</i>	X			
<i>Colletes sp6</i>	X			
<i>Hylaeus sp1</i>				X
<b>Halictidae</b>				
<i>aff. Lasioglossum(Dialictus) sp2</i>				X
<i>Augochlora sp</i>			X	
<i>Augochlora sp1</i>	X			X
<i>Augochlora sp3</i>	X			
<i>Augochlorella sp1</i>	X	X	X	X

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

<i>Augochloropsis aff. Augochloropsis metallica</i>		X	X	
<i>Augochloropsis flammea</i>	X			
<i>Augochloropsis ignita</i>		X	X	X
<i>Augochloropsis metallica</i>		X		
<i>Augochloropsis sp1</i>			X	
<i>Augochloropsis sp2</i>		X	X	X
	<b>La Unión</b>	<b>Mira-mundo</b>	<b>Niño Dormido</b>	<b>Sierra Minas</b>
<i>Caenaugochlora sp</i>	X		X	
<i>Caenohalictus sp</i>				X
<i>Halictini sp</i>				X
<i>Halictini sp2</i>	X			X
<i>Halictus sp</i>	X			
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp4</i>	X			
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp</i>	X			
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp1</i>	X		X	
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp2</i>	X		X	X
<i>Lasioglossum (Dialictus) sp3</i>	X			
<i>Lasioglossum (Evyllaesus) sp</i>	X			
<i>Lasioglossum (Evyllaesus) sp2</i>	X			
<i>Lasioglossum (Lasioglossum) sp</i>		X		
<i>Lasioglossum (Lasioglossum) sp2</i>	X			
<i>Lasioglossum cyanorugosum</i>		X		
<i>Neocorynura</i>			X	
<i>Neocorynura pubescens</i>	X			
<i>Neocorynura sp</i>	X			
<i>Pseudoaugochlora graminea</i>	X			X
<b>Megachilidae</b>				
<i>Anthidium zapoteca</i>			X	X
<i>Megachile (leptorachis) sp</i>				X
<i>Megachile aff. Megachile inscita</i>	X			X
<i>Megachile aff. Megachile otomita</i>	X			
<i>Megachile chichimeca</i>		X		
<i>Megachile zapoteca</i>				X
<b>TOTAL DE ESPECIES</b>	<b>55</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>45</b>



**Figura 6.** Análisis de agrupamiento por el método de Ward.D2.

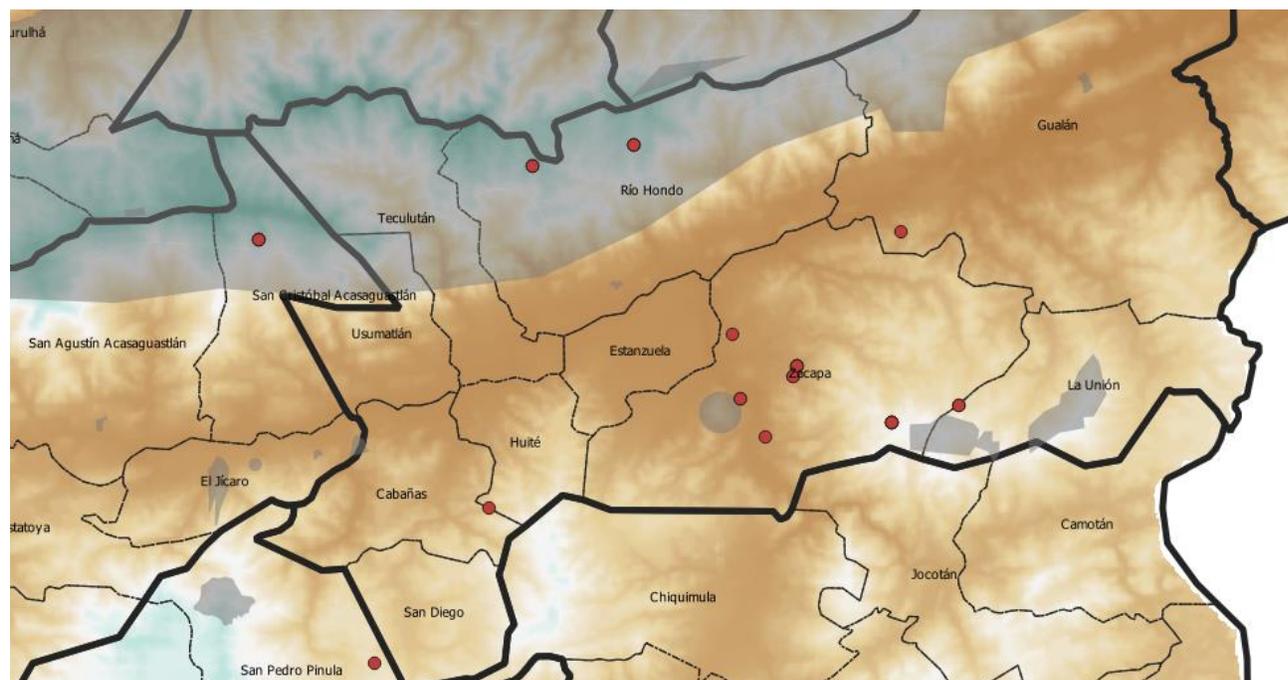
De acuerdo con el análisis de agrupamiento de la figura 6, el bosque de niebla y los bosques de *Pinus maximinoi* son los tipos de cobertura que no se agrupan con ninguna unidad de muestreo. Los bosques secos se agrupan entre sí en conjunto con el bosque de *P. oocarpa* de la Sierra de las Minas. Por último, se aprecia que el bosque seco de Huité y el bosque de *Pinus oocarpa* San Diego Zacapa se agrupan entre sí.

## *Análisis de diversidad de Molytinae*

Para el departamento de Zacapa se revisaron un total de 71 especímenes correspondientes a 4 tribus de curculiónidos, 8 géneros y 30 especies de Molytinos. La tribu con mayor diversidad de especies de Molytinae fue Anchonini con 11 especies, seguido de la tribu Conotrachelini con 8 especies, la tribu Cleogonini con 7 especies y la tribu Sternechini con 4 especies (tabla 3).

El tipo de cobertura que presentó una mayor diversidad de Molytinos fue el bosque de niebla con 14 especies, seguido del bosque seco con 8 especies, el bosque de encino con 4 especies, el bosque de *Pinus maximinoi* con 2 especies y el bosque de *Pinus oocarpa* con 2 especies. El municipio en el que se registró una mayor riqueza de especies de Molytinos fue Zacapa con 21 especies, seguido de Río Hondo con 7 especies, la Unión con 2 especies y San Diego con 2 especies.

Las unidades geomorfológicas con mayor riqueza de especies de Molytinae son la Sierra de Las Minas con 10 especies, la Sierra del Merendón con 10 especies, el Valle del Motagua con 8 especies y la Sierra Madre con 2 especies. La tasa de recambio de especies entre unidades geomorfológicas es del 100%, lo cual se puede apreciar en el análisis de correspondencia rectificado de la figura 8. De la misma manera se puede apreciar que la tasa de recambio de especies entre tipo de bosques es del 100%, de tal manera que el análisis de correspondencia rectificado de la figura 9 se despliega completamente segregado.



**Figura 7.** Localidades de colecta de abejas en Zacapa y mapa de áreas protegidas.

**Tabla 3.** Listado de especies de Molytinae colectadas en el departamento de Zacapa por tipo de bosque.

	<b>Bosque encino</b>	<b>Bosque nuboso</b>	<i>Pinus maximinoi</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	<b>Bosque seco</b>
<b>Anchonini</b>					
<i>Anchonus sp01</i>		X			
<i>Anchonus sp02</i>		X			
<i>Anchonus sp03</i>		X			
<i>Anchonus sp04</i>		X			
<i>Anchonus sp05</i>		X			
<i>Anchonus sp06</i>		X			
<i>Anchonus sp07</i>		X			
<i>Anchonus sp08</i>		X			
<i>Anchonus sp09</i>	X				
<i>Anchonus sp10</i>	X				
<i>Anchonus sp11</i>	X				
<b>Cleogonini</b>					
<i>Cleogonus rubetra</i>					X
<i>Rhyssomatus sp01</i>					X
<i>Rhyssomatus sp02</i>					X
<i>Rhyssomatus sp03</i>					X
<i>Rhyssomatus sp04</i>					X
<b>Lymantini</b>					
<i>Dioprophorus sp01</i>	X				
<i>Dioprophorus sp02</i>		X			
<b>Conotrachelini</b>					
<i>Conotrachelus sp01</i>			X		
<i>Conotrachelus sp02</i>					X
<i>Conotrachelus sp03</i>					X
<i>Conotrachelus sp04</i>		X			
<i>Conotrachelus sp05</i>		X			
<i>Conotrachelus sp06</i>		X			
<i>Enomides sp01</i>		X			
<i>Plumolepilius canoi</i>		X			

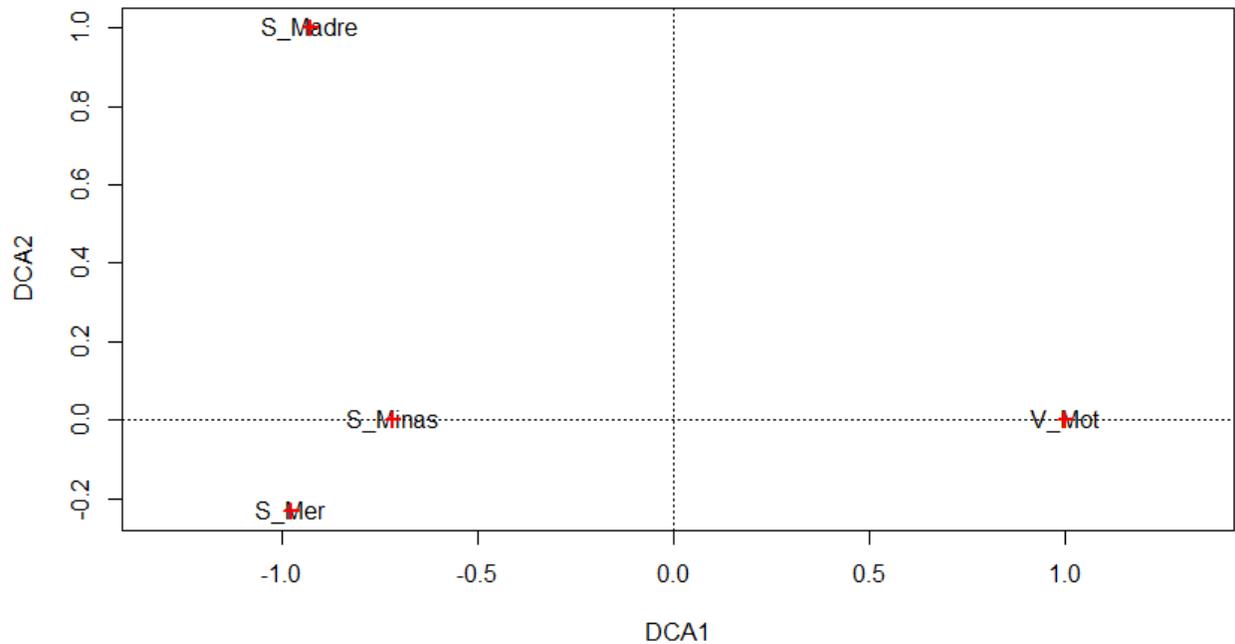
# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI–

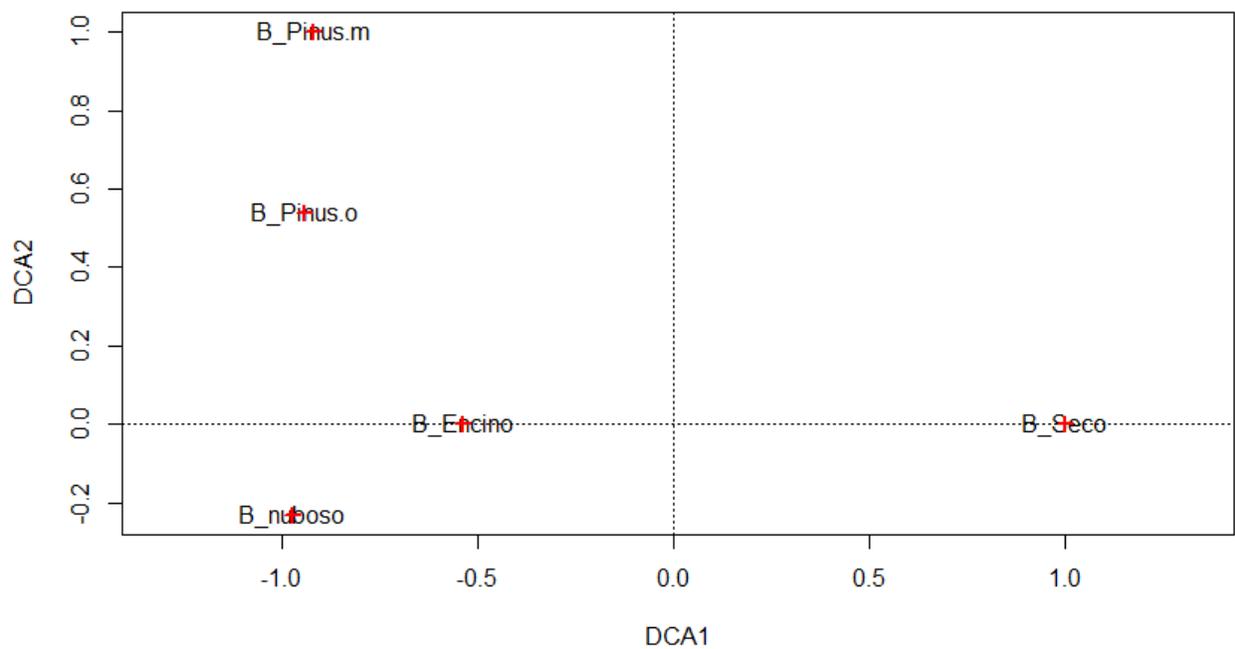
	Bosque Encino	Bosque Nuboso	<i>Pinus maximinoi</i>	<i>Pinus oocarpa</i>	Bosque seco
<i>Laccoproctus sp01</i>		X			
<b>Sternechini</b>					
<i>Chalcodermus sp01</i>					X
<i>Chalcodermus sp02</i>				X	
<i>Chalcodermus sp03</i>			X		
<i>Chalcodermus sp04</i>				X	
<b>Total de especies</b>	4	15	2	2	8

**Tabla 4.** Listado de especies de Molytinae colectadas dentro de Áreas Protegidas.

	La Union	Sierra de las Minas
<b>Anchonini</b>		
<i>Anchonus sp05</i>		X
<i>Anchonus sp06</i>		X
<i>Anchonus sp07</i>		X
<i>Anchonus sp08</i>		X
<i>Anchonus sp09</i>		X
<i>Anchonus sp10</i>		X
<i>Anchonus sp11</i>		X
<b>Cleogonini</b>		
<i>Dioprophorus sp01</i>		X
<i>Dioprophorus sp02</i>		X
<b>Conotrachelini</b>		
<i>Enomides sp01</i>	X	
<i>Laccoproctus sp01</i>		X
<i>Plumolepilius canoi</i>	X	
<b>Total de especies</b>	2	10

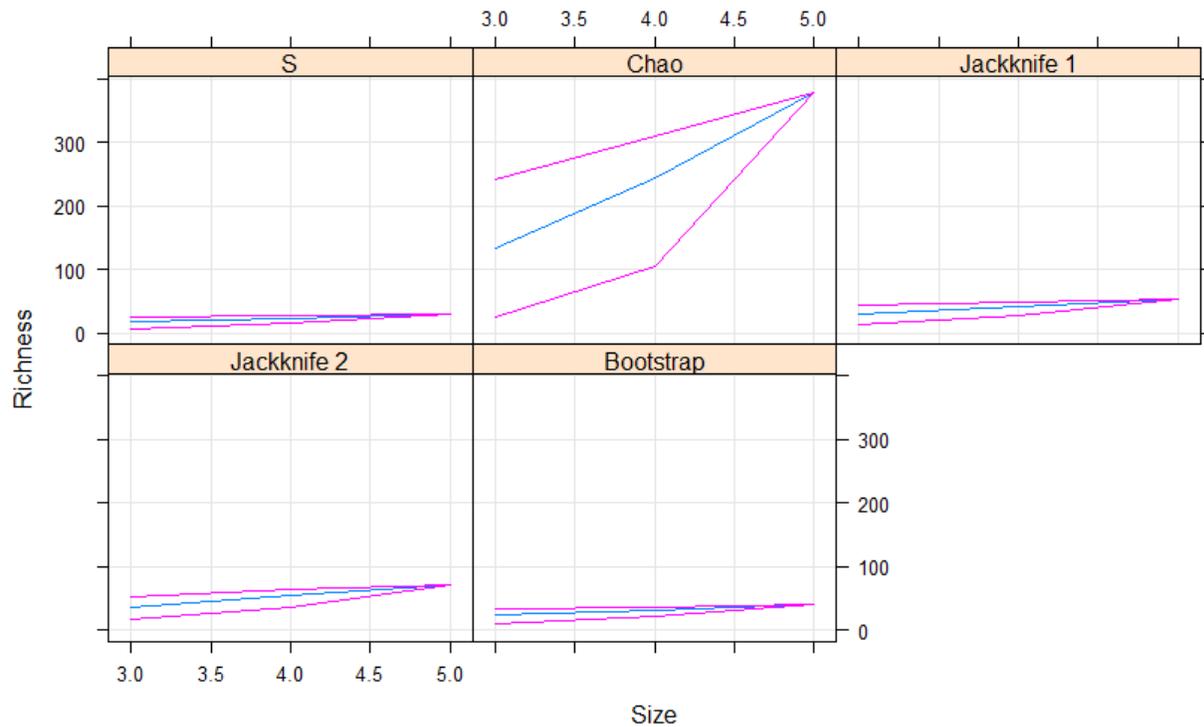


**Figura 8.** Análisis de Correspondencias Rectificada (DCA) de los Molytinae en Sierra de Las Minas (S\_Minas), Valle del Motagua (V\_Mot), Sierra Madre (S\_Madre) y Sierra del Merendón (Mer).



**Figura 9.** Análisis de Correspondencias Rectificada (DCA) de los Molytinae en los bosques secos, bosque de *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, bosque de encino y bosque nuboso.

De las áreas protegidas estudiadas dentro del departamento de Zacapa, se registran 10 especies de Molytinae para la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas y 2 especies para el Parque Regional Municipal Bosque Nuboso La Unión. De acuerdo, con los modelos



**Figura 10.** Modelos de acumulación de especies para los Molytinae en el departamento de Zacapa.

## Clave para la identificación de géneros de Molytinae de Zacapa

Con base a los 9 géneros de Molytinae registrados se elaboró una clave dicotómica para facilitar su identificación dentro del departamento de Zacapa. El uso de esta clave fuera de los límites del departamento puede conllevar al usuario a identificaciones incorrectas debido a que pueden haber otros géneros de Molytinae que no estén en el departamento de Zacapa.

1	Pronoto con pronoto estrigoso.....	2
	Pronoto liso o con puntuaciones pero sin pliegues en su superficie.....	3
2	Uñas tarsales simples.....	<i>Rhyssomatus</i>
	Uñas tarsales bífidas.....	<i>Chalcodermus</i>
3	Prosterno acanalado para la recepción del rostro.....	4
	Prosterno sin canal para la recepción del rostro.....	8
4	Canal prosternal con setas plumosas.....	<i>Plumolepilus</i>
	Canal prosternal desnudo o con setas pero nunca plumosas.....	5
5	Elitros con interestrias costadas.....	<i>Conotrachelus</i>
	Elitros sin interestrias costadas.....	6
	Elitros completamente desnudos y brillantes, dorso recurvado.....	<i>Cleogonus</i>
	Elitros con setas o escamas, sin brillo, dorso recto.....	7
7	Elitros con tubérculos conspícuos.....	<i>Laccoproctus</i>
	Elitros uniformes sin tubérculos.....	<i>Enomides</i>
8	Ojos desplazados hacia la base del rostro.....	<i>Dioptrophorus</i>
	Ojos sobre la cabeza.....	<i>Anchonus</i>

### 11.2 Discusión de resultados:

El presente listado de Molytinos comprende un esfuerzo importante por documentar la biodiversidad de Curculionidos de Zacapa. En total se encontraron 31 especies de Molytinos, dentro del estudio se incluyeron las especies de San José El Olvido que se encuentra en la frontera entre Zacapa y El Progreso y comparte el mismo fragmento de bosque nuboso con Zacapa, por lo tanto, las especies deben de ser las mismas. En el estudio realizado por Barrios (2021) sobre los Cryptorhynchinae de Zacapa se registraron 15 géneros de los cuales 4 no estaban descritos, en el presente estudio se registraron 9 géneros previamente descritos. Es importante considerar que es necesario incrementar el esfuerzo de colecta en otras áreas del departamento de Zacapa, para tener un registro más certero de la riqueza de especies de Molytinae por tipos de bosque.

La riqueza de especies de abejas encontrada en este estudio (168 especies dentro de 63 géneros) representa al 44% de las especies y al 81% de los géneros reportados para Guatemala (Enríquez y Ayala Barajas, 2014), lo que indica una alta diversidad para el departamento de Zacapa. A modo de comparación, el estudio de Enríquez y colaboradores (2007) realizado en la Ecorregión Lachúa, una de las zonas con mayor diversidad biológica de Guatemala (Unión Internacional para la Conservación

de la Naturaleza, n.d.) durante un año de colectas mensuales, reporta 140 especies de abejas. Las familias Apidae y Halictidae son las que presentan más riqueza y abundancia, en concordancia con lo encontrado en estudios de otras regiones del país (e.g. Enríquez, 2007; Enríquez, Ayala, Gonzalez, & Núñez-Farfán, 2015; Escobedo-Kenefic, Dardón, López, Martínez-López, & Cardona, 2014; Escobedo-Kenefic et al., 2020; Rodríguez, 2008). Cabe enfatizar la riqueza encontrada de la familia Colletidae, ya que las 14 especies reportadas en este estudio corresponden a aproximadamente el 60% de la riqueza conocida para el país. En el caso de las familias Megachilidae y Andrenidae, las especies representan el 32 y 10% de las especies conocidas, respectivamente. A pesar de ser menos abundantes, estas familias podrían aportar registros nuevos para el país. Algunas de las especies de la familia Megachilidae (Tabla 1) están clasificadas como “*affinis*” y requieren de una revisión taxonómica más exhaustiva, por lo que constituyen potenciales nuevos registros para Guatemala. Por otra parte, no se conocían registros anteriores del para el género *Mesoxaea*, familia Andrenidae, para Guatemala (Eunice Enríquez et al., 2012).

En cuanto a los tipos de cobertura vegetal, los valores de riqueza encontrados en bosque de pino (71 especies) y bosque de niebla (55 especies) son comparables a los encontrados en otros estudios realizados en ecosistemas de montaña. Vásquez, Yurrita, y Escobedo (2010) reportan al menos 45 especies para la cordillera volcánica. Otros estudios realizados en el altiplano agrícola de Sacatepéquez y Chimaltenango, reportan al menos 63 especies. (Escobedo-Kenefic et al., 2014, 2020). De forma similar, la riqueza encontrada en bosque seco y monte espinoso (70 y 55 especies, respectivamente) fue en conjunto de 95 especies (Tabla 1), lo cual representa aproximadamente el 70% de lo reportado por Rodríguez (2008) para la Región Semiárida del Valle del Motagua.

Estos porcentajes concuerdan con los modelos de riqueza esperada (Figura 2), donde se estima que la riqueza real del departamento de Zacapa podría ser mucho mayor a la encontrada en los muestreos. El trabajo de campo fue realizado durante los meses de julio y agosto a modo que hubiera suficiente floración y lograr colectas efectivas. Sin embargo, no se cuenta con muestreos a lo largo del año que representen completamente la estacionalidad y fenología de todas las especies. Por ejemplo, Rodríguez (2008) reporta la mayor riqueza de especies en las familias Colletidae y Andrenidae entre los meses de octubre y diciembre.

El análisis de correspondencia rectificado indica una segregación en función de las unidades geomorfológicas abarcadas (Figura 3). De forma interesante, a pesar de que las unidades con sistemas de montaña comparten características ecológicas que podrían estar definiendo la composición de las comunidades, los resultados señalan un efecto local de las formaciones de distintos orígenes geológicos. Landaverde-González y colaboradores (2018) encontraron una divergencia genética reciente de los abejorros de la especie *Bombus ephippiatus* de la Sierra de las Minas, respecto a las poblaciones de la cadena volcánica, y enfatiza en la importancia de este macizo montañoso como *hotspot* de endemismo genético a nivel genético y de especie. Por otra parte, el corredor seco del Valle

del Motagua representa una barrera ecológica que está caracterizada por su propio ensamble de especies.

El análisis de correspondencia (Figura 4) indica una segregación de la composición de especies a lo largo del eje 1, donde el bosque de neblina se diferencia de forma notoria de los bosques seco y bosques de pino. La diversidad del monte espinoso se distribuye en función del eje 2. Los bosques xerófitos son zonas de alta diversidad de abejas, incluso en comparación con las zonas húmedas tropicales, donde la diversidad biológica es mayor para otros grupos (Minckley y Radke, 2021). Los resultados de este estudio indican la existencia de comunidades de abejas altamente diversas asociadas a los bosques secos y muy secos, los cuales podrían sustentar numerosas especies solitarias y posibles especies endémicas. Por ejemplo, se registró una especie del género *Perdita* para el monte espinoso. Este género es muy diverso en los desiertos de Norteamérica, pero muy pocas veces había sido reportado para Guatemala (e.g. Rodríguez, 2008). Sin embargo, para comprobar estos supuestos se requiere de estudios que tomen en cuenta los rasgos funcionales y características de la historia natural de las especies.

Por otra parte, los bosques de niebla y de *Pinus maximinoi* no se agrupan con otras unidades de muestreo (Figura 6). Estos tipos de vegetación, característicos de ecosistemas de montaña, suelen estar asociados a la presencia de abejas sociales, como los abejorros del género *Bombus* y las abejas sin aguijón, que requieren de áreas naturales para sus sitios de anidación. Esto ha sido reportado anteriormente para remanentes de bosque inmersas en matrices de paisajes altamente intervenidos (Escobedo-Kenefic et al., 2020). Para estas abejas, a pesar de su capacidad de dispersión, el aislamiento el aislamiento causado por la deforestación podría estar impidiendo el flujo genético entre las poblaciones (Landaverde-González et al., 2018).

La diversidad de ecosistemas y ensambles de vegetación presentes en el departamento de Zacapa podrían explicar la alta diversidad de abejas encontrada en este estudio. Asimismo, los resultados señalan la existencia de comunidades de abejas cuyas composiciones podrían estar determinadas por aspectos ecológicos y geomorfológicos de la zona. Esto resalta la importancia de la conservación de las áreas naturales protegidas del departamento, que permitan no solo la disponibilidad de hábitat y recursos para el mantenimiento de las comunidades, sino que aseguren su viabilidad al facilitar la conectividad entre las poblaciones.

Con relación a las especies de Molytinae, se identificaron hasta especie a *Cleogonus rubetra* (Fabricius 1787), *Plumolepilius canoi* Barrios-Izás-Anderson 2016 y *Laccoproctus nigrinus* Anderson & O'Brien 2019. Con las especies de *Anchonus*, *Dioprophorus* y *Enomides* es probable que ninguna se encuentre descrita, sin embargo, es necesario realizar una revisión de los tipos que se encuentran en Inglaterra, Estados Unidos y Francia. Con relación a las especies de *Chalcodermus*, *Conotrachelus* y *Rhyssomatus* es necesario hacer una revisión de la colección O'Brien en la Universidad del Estado de Arizona y la Colección Nacional del Museo de Historia Natural de los Estados Unidos para su identificación.

Con relación a la riqueza de especies de Molytinae, se aprecia una mayor diversidad en los bosques de montaña, especialmente en los bosques nubosos. De acuerdo, con el estudio de Anderson y Ashe (2000) en los bosques de niebla de Honduras, estos son un importante reservorio de especies de Molytinae de la hojarasca y deben ser priorizados para su conservación. En el caso de los bosques de niebla de Zacapa, es importante mencionar que los bosques de niebla en la Reserva de Biosfera de la Sierra de Las Minas se encuentran protegidos como zona núcleo, en el caso de los bosques de niebla en la Sierra del Merendón solamente una porción se encuentra protegida por la municipalidad de La Unión, sin embargo, la porción de bosque dentro del municipio de Zacapa no se encuentra protegida formalmente.

Es importante notar también que la tasa de recambio de especies entre los diferentes tipos de bosque estudiados (bosque seco, bosque de *Pinus oocarpa*, bosque de *Pinus maximinoi*, bosque de encino y bosque de niebla) presentaron una tasa de recambio de especies del 100%, por lo que cada uno de estos ecosistemas tiene importancia para la conservación de las especies de Molytinae del departamento de Zacapa.

Con relación a la extracción de ADN y amplificación de regiones mitocondriales conservadas como COI o 28S son de gran utilidad para medir la diversidad de especies de Molytinae y abejas. La información generada con estos marcadores moleculares será de utilidad en el futuro para la Colección de Insectos del Centro Universitario de Zacapa y la colección de abejas de la Unidad de Biodiversidad del Centro de Estudios Conservacionistas para la identificación precisa de las especies que se encuentran depositadas en ambas colecciones. La incorporación de información morfológica, ecológica y molecular comprende un esfuerzo por mejorar la calidad del trabajo taxonómico bajo un enfoque de Taxonomía Integrativa (Schlick-Steiner et al., 2010).

Con respecto a la hipótesis de investigación “Los curculionidae y abejas son grupos que coevolucionaron con las Angiospermas, por lo tanto, se espera que los bosques latifoliados presenten una mayor diversidad de especies”, de acuerdo con el esfuerzo de muestreo realizado se puede apreciar una mayor diversidad de curculiónidos en bosques dominados por angiospermas que en bosques dominados por coníferas. Con relación a las abejas se puede apreciar que su riqueza es alta tanto en bosques de coníferas como en bosques latifoliados, sin embargo, hay que considerar que se realizaron colectas en áreas perturbadas que contienen una alta cantidad de angiospermas herbáceas.

Con respecto a la hipótesis “Los curculionidae y abejas al haber coevolucionado con las angiospermas se espera que la tasa de recambio de géneros sea mayor entre las diferentes composiciones vegetales que entre la Sierra de Las Minas y Sierra del Merendón en hábitats equivalentes”, con relación a los ensambles de Curculionidae, se puede apreciar que los ensambles de especies son diferentes entre la Sierra del Merendón y Sierra de Las Minas. Con relación a las abejas, se puede apreciar que debido a las capacidades de dispersión de las abejas existe una baja tasa de recambio de especies de abejas entre ambas cadenas montañosas.

## 11 Referencias

- Alonso-zarazaga, M. A., & Lyal, C. H. C. (1999). *A world catalogue of families and genera of Curculionoidea (Insecta: Coleoptera) (excepting Scolytidae and Platypodidae)*. Entomopraxis.
- Anderson, R. S. (1995). An evolutionary perspective on Diversity in Curculionoidea. *Memoirs of the Entomological Society of Washington*, 14, 103–114.
- Anderson, R. S., & Ashe, J. S. (2000a). Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera; Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity and Conservation*. <https://doi.org/10.1023/A:1008937017058>
- Anderson, R. S., & Ashe, J. S. (2000b). *Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras , Central America ( Coleoptera ; Staphylinidae , Curculionidae )*. 617–653.
- Ayala Barajas, R. (1999). Revisión de las abejas sin aguijón de México (Hymenoptera: Apidae: meliponini). *Folia Entomológica Mexicana*, 123(106), 1–123.
- Barrios-Izás, M. A. (2020). Taxonomy of the weevil genus Plumolepilius Barrios-Izás & Anderson (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae: Conotrachelini): New species from Central America. *Zootaxa*, 4768(2), 151–192. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4768.2.1>
- Barrios-Izás, M. A., Anderson, R. S., & Morrone, J. J. (2016). A taxonomic monograph of the leaf-litter inhabiting weevil genus Plumolepilius new genus (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae: Conotrachelini) from Mexico, Guatemala, and El Salvador. *Zootaxa*, 4168(1), 61–91. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4168.1.3>
- Burrini, A. G., Magnano, L., Magnano, A. R., Scala, C., & Baccetti, B. (1988). Spermatozoa and phylogeny of Curculionoidea (Coleoptera). *International Journal of Insect Morphology and Embryology*, 17(1), 1–50. [https://doi.org/10.1016/0020-7322\(88\)90029-3](https://doi.org/10.1016/0020-7322(88)90029-3)
- Crowson, R. A. (1955). *The Natural Classification of the Families of Coleoptera*. EW. Classey Ltd.
- Darlington, P. J. (1957). *Zoogeography: The geographical distribution of animals*. Wiley.
- Enriquez, E., Ayala, R., Gonzalez, V. H., & Nunez-Farfan, J. (2015). Alpha and beta diversity of bees and their pollination role on Cucurbita pepo L. (Cucurbitaceae) in the Guatemalan cloud forest. *Pan-Pacific Entomologist*, 91(3), 211–222. <https://doi.org/10.3956/2015-91.3.211>
- Enríquez, E., & Ayala, R. (2014). Impacto de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala, luego de 14 años de su conformación. *Ciencia y Conservación*, 5, 38–47.
- Enríquez, Eunice. (2007). *Polinizadores del grupo de los insectos en el Parque Nacional Laguna Lachuá y su zona de influencia a lo largo de un año*. [http://digilib.unila.ac.id/11478/16/16.BAB II.pdf](http://digilib.unila.ac.id/11478/16/16.BAB%20II.pdf)
- Enríquez, Eunice, & Ayala Barajas, R. (2014). Impacto de la Colección de Abejas Nativas de Guatemala, luego de 14 años de su conformación. *Revista Ciencia y Conservación*, 5, 38–47.
- Enríquez, Eunice, Yurrita Obiols, C. L., Ayala Barajas, R., & Griswold, T. L. (2012). Diversidad de Abejas Silvestres (Hymenoptera:Apoidea) de Guatemala. In *Biodiversidad de Guatemala* (p.

- Voll. 2, 281-301). Universidad del Valle de Guatemala.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.2166/wst.2011.079>
- Escobedo-Kenefic, N., Dardón, M., López, J., Martínez-López, O., & Cardona, E. (2014). 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. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 1(1), 13–20.
- Escobedo-Kenefic, N., Landaverde-González, P., Theodorou, P., Cardona, E., Dardón, M. J., Martínez, O., & Domínguez, C. A. (2020). Disentangling the effects of local resources, landscape heterogeneity and climatic seasonality on bee diversity and plant-pollinator networks in tropical highlands. *Oecologia*, 194(3), 333–344. <https://doi.org/10.1007/s00442-020-04715-8>
- Escobedo, N., Dardón, M., López, J., Martínez, O., & Cardona, E. (2014). Efecto de la configuración del paisaje en las comunidades de abejas (Apoidea) de un mosaico de bosque pino-encino y áreas agrícolas de Sacatepéquez y Chimaltenango, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 1(1), 13–20.
- Etter, W. (2015). Patterns of diversification and extinction. In *Handbook of Paleoanthropology, Second Edition* (pp. 351–415). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-39979-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-642-39979-4_16)
- Farrell, B. D. (1998). “Inordinate Fondness” Explained: Why Are There So Many Beetles? *Science*, 281(5376), 555–559. <https://doi.org/10.1126/science.281.5376.555>
- Ghahari, H., Legalov, A. A., & Arzanov, G. Y. (2009). An Annotated List of the Weevils ( Coleoptera : Curculionidae ) from the Arasbaran Biosphere Reserve and vicinity , Northwestern Iran. *Distribution*, 9(2), 177–182.
- Haffer, J. (1969). Speciation in amazonian forest birds. *Science*, 165(3889), 131–137. <https://doi.org/10.1126/science.165.3889.131>
- Halffter, G. (1987). Biogeography Of The Montane Entomofauna Of Mexico And Central America. *Annual Review of Entomology*. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.32.1.95>
- Halffter, Gonzalo. (1987). Biogeography of the Montane Entomofauna of Mexico and Central America. *Annual Review of Entomology*, 32(1), 95–114. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.32.1.95>
- Halffter, Gonzalo, & Morrone, J. J. (2017). An analytical review of Halffter’s Mexican transition zone, and its relevance for evolutionary biogeography, ecology and biogeographical regionalization. In *Zootaxa*. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4226.1.1>
- Hoffman, C. C. (1936). Relaciones zoogeográficas de los lepidópteros mexicanos. *Anales Del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de Mexico, Serie Zoológica*, 7, 47–58.
- Hoshiba, H., & Sasaki, M. (2008). Perspectives of multi-modal contribution of honeybee resources to our life. In *Entomological Research* (Vol. 38, Issue SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2008.00170.x>
- Jha, S., & Vandermeer, J. H. (2010). Impacts of coffee agroforestry management on tropical bee communities. *Biological Conservation*, 143(6), 1423–1431.

<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.03.017>

- Julien, M. H., Center, T. D., & Tipping, P. W. (2002). Floating Fern (Salvinia). In R. Van Driesche, S. Lyon, B. Blossey, M. Hoddle, & R. Reardon (Eds.), *Biological Control of Invasive Plants in the Eastern United States* (pp. 17–32). USDA Forest Service Publication FHTET-2002-04.
- Jurasinski, G., & Beierkuhnlein, C. (2006). Biodiversity-Assessing Vegetation Using Hexagonal Grids. *Biology And Environment Proceedings Of The Royal Irish Academy*, 411(3), 401–411. <http://dx.doi.org/10.3318/BIOE.2006.106.3.401>
- Koleff, P., Soberón, J., Patricia, T. A., Óscar, D., Golubov, F. J., Halffter, G., Claudia, A. L., Elizabeth, E. M., Munguía, M., Murguía, M., Oswaldo, A. G. N., Townsend, L. O. A., Pilar, P., Balderas, S. C., Alfaro, R. M., Martínez, C. R., Meave, J. A., Pérez-garcía, E. A., Gallardo-cruz, J. A., ... Adriana, P. (2008). *Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. I*, 323–364.
- Kuschel, G. (1995). A phylogenetic classification of Curculionoidea to families and subfamilies. *Memoirs of the Entomologica Society of Washington*, 14, 5–33.
- Landaverde-González, P., Baltz, L. M., Escobedo-Kenefic, N., Mérida, J., Paxton, R. J., & Husemann, M. (2018). Recent low levels of differentiation in the native *Bombus ephippiatus* (Hymenoptera: Apidae) along two Neotropical mountain-ranges in Guatemala. *Biodiversity and Conservation*, 27(13), 3513–3531. <https://doi.org/10.1007/s10531-018-1612-0>
- Legalov, a. a. (2006). Phylogenetic reconstruction of weevil superfamily Curculionoidea (coleoptera) using the SYNAP method. *Biology Bulletin*, 33(2), 127–134. <https://doi.org/10.1134/S1062359006020051>
- Leopold, L. B. (2010). Pleistocene climate in New Mexico. *American Journal of Science*, 249(2), 152–168. <https://doi.org/10.2475/ajs.249.2.152>
- Leprieur, F., Albouy, C., de Bortoli, J., Cowman, P. F., Bellwood, D. R., & Mouillot, D. (2012). Quantifying phylogenetic beta diversity: Distinguishing between “true” turnover of lineages and phylogenetic diversity gradients. *PLoS ONE*, 7(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042760>
- Marvaldi, a. (1997). Higher Level Phylogeny of Curculionidae (Coleoptera: Curculionoidea) based mainly on Larval Characters, with Special Reference to Broad-Nosed Weevils. *Cladistics*, 13(4), 285–312. <https://doi.org/10.1006/clad.1997.0049>
- Meynard, C. N., Devictor, V., Mouillot, D., Thuiller, W., Jiguet, F., & Mouquet, N. (2011). Beyond taxonomic diversity patterns: How do  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  components of bird functional and phylogenetic diversity respond to environmental gradients across France? *Global Ecology and Biogeography*, 20(6), 893–903. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00647.x>
- Michener, C. D. (2007a). The bees of the world, 2nd edition. *The Johns Hopkins University Press*, 992.
- Michener, C. D. (2007b). *The bees of the world* (Second edi). The John Jopkins University Press.
- Minckley, R. L., & Radke, W. R. (2021). Extreme species density of bees (Apiformes, Hymenoptera) in the warm deserts of North America. *Journal of Hymenoptera Research*, 82,

317–345. <https://doi.org/10.3897/JHR.82.60895>

- Morimoto, K. (1962). Comparative morphology and phylogeny of the superfamily Curculionoidea of Japan (Comparative morphology, phylogeny and systematics of the superfamily Curculionoidea of Japan. I). *Journal of the Faculty of Agriculture, Kyushu University*, 11(4), 331–373.
- Morrone, J. J. (2015). Halffter’s Mexican transition zone (1962–2014), cenocrons and evolutionary biogeography. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 53(3), 249–257. <https://doi.org/10.1111/jzs.12098>
- Myers, N., Mittermeyer, R. A., Mittermeyer, C. G., Da Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/35002501>
- Newbold, T., Merregalli, M., Colonnelli, E., Barclay, M., Elbanna, S., Abu Fandud, N., Flegg, F., Fouad, R., Gilbert, F., Hall, V., Hancock, C., Ismail, M., Osamy, S., Saber, I., Semida, F., & Zalat, S. (2007). Redescription of a weevil *Paramecops sinaitus* (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae) from the Sinai and an ecological study of its interaction with the Sinai milkweed *Asclepias sinaica* (Gentianales: Asclepiadaceae). *European Journal of Entomology*, 104(3), 505–515. <https://doi.org/10.14411/eje.2007.071>
- O’Brien, C. W., & Wibmer, G. J. (1982). Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America, and the West Indies (Coleoptera: Curculionoidea). *Memoirs of the American Entomological Institute (Gainesville)*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Oberprieler, R. G., Anderson, R. S., & Marvaldi, A. E. (2014). 3. Curculionoidea Latreille, 1802: Introduction, Phylogeny. In R. A. B. Leschen & R. G. Beuterl (Eds.), *Arthropoda: Insecta: Coleoptera* (pp. 285–300). Walter de Gruyter GmbH. <https://doi.org/10.1515/9783110274462.285>
- Oberprieler, R. G., Marvaldi, A. E., & Anderson, R. S. (2007). Zootaxa, Weevils, weevils, weevils everywhere. *Zootaxa*, 520, 491–520.
- Paul, E. A., Coleman, D. C., & Wall, D. H. (2015). Chapter 5 – Soil Fauna: Occurrence, Biodiversity, and Roles in Ecosystem Function. In *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (pp. 111–149). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-415955-6.00005-0>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0578-z>
- Price, P. W., Denno, R. F., Eubanks, M. D., Finke, D. L., & Kaplan, I. (2011). *Insect ecology: behavior, populations, and communities*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511975387>
- Rodríguez, G. (2008). *Patrones temporales de la diversidad y abundancia de abejas nativas (Hymenoptera: Apoidea) en la región semiárida del valle del Motagua*. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Rossetto, M., Crayn, D., Ford, A., Ridgeway, P., & Rymer, P. (2007). The comparative study of range-wide genetic structure across related, co-distributed rainforest trees reveals contrasting

- evolutionary histories. *Australian Journal of Botany*, 55(4), 416–424.  
<https://doi.org/10.1071/BT06195>
- Schlick-Steiner, B. C., Steiner, F. M., Seifert, B., Stauffer, C., Christian, E., & Crozier, R. H. (2010). Integrative taxonomy: A multisource approach to exploring biodiversity. In *Annual Review of Entomology* (Vol. 55, pp. 421–438). <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-112408-085432>
- Schneider, C., & Moritz, C. (1999). Rainforest refugia and evolution in Australia's Wet Tropics. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 266(1415), 191–196.  
<https://doi.org/10.1098/rspb.1999.0621>
- Schuster, J. C., Cano, E. B., & Reyes-Castillo, P. (2003). Proculus, giant latin American passalids: revision, Phylogeny and Biogeography. *Acta Zoológica Mexicana*, 90, 281–306.
- Sfenthourakis, S., & Panitsa, M. (2012). From plots to islands: Species diversity at different scales. *Journal of Biogeography*, 39(4), 750–759. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2011.02639.x>
- Thompson, R. T. (1992). Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera, Curculionoidea) with a key to major groups. *Journal of Natural History*, 26(4), 835–891.  
<https://doi.org/10.1080/00222939200770511>
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (n.d.). *Implementando soluciones basadas en la naturaleza para los retos de las comunidades locales de la ecorregión Lachuá*.
- Vásquez Soto, Mabel A, Yurrita Obiols, C. L., & Escobedo-Kenefic, N. (2010). *Determinación de la diversidad y distribución de las especies de abejorros (Bombus) en las áreas bióticas Chimalteca, Volcánica y Escuintleca en Guatemala*.
- Vásquez Soto, Mabel Anelisse, Yurrita Obiols, C. L., & Escobedo Kene. (2010). *Determinación de la diversidad y distribución de las especies de abejorros (Bombus) en las áreas bióticas Chimalteca, Volcánica y Escuintleca en Guatemala*.
- Vivó, J. A. (1943). Los límites biogeográficos en América y la zona cultural mesoamericana. *Revista Geográfica*, 3, 109–131.
- Whittaker, R. H. (1960). Vegetation of the Siskiyou Mountains , Oregon and California. *Ecological Monographs*, 30, 280–338.
- Willott, S. J. (2001). Species accumulation curves and the measure of sampling effort. *Journal of Applied Ecology*, 38(2), 484–486. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00589.x>
- Wilmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton University Press.
- Woodburne, M. O. (2010). *The Great American Biotic Interchange : Dispersals , Tectonics , Climate , Sea Level and Holding Pens*. 245–264. <https://doi.org/10.1007/s10914-010-9144-8>
- Zhang, Q., Hou, X., Li, F. Y., Niu, J., Zhou, Y., Ding, Y., Zhao, L., Li, X., Wenjing, M., & Kang, S. (2014). Alpha, beta and gamma diversity differ in response to precipitation in the Inner Mongolia Grassland. *PLoS ONE*, 9(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093518>

## 12 Aspectos éticos y legales (si aplica)

Forma LCA

**CONSEJO NACIONAL DE AREAS PROTEGIDAS (CONAP)**  
**GUATEMALA, C.A.**

Serie **A** N° **004013**

**LICENCIA DE COLECTA O APROVECHAMIENTO DE VIDA SILVESTRE**

1. Nombre o razón social: MANUEL ALEJANDRO BARRIOS IZÁS  
 Dirección: 12 CALLE A 14-93 ZONA 01 BARRIO LA LAGUNA, ZACAPA  
 Teléfono: 5111-8716 Identificación: 2295 38290 0101

2. Tipo de colecta: comercial \_\_\_\_\_ científica xxx aficionada \_\_\_\_\_

3. No. de registro: I-001-2020

4. Especies a coleccionar:

ESPECIES	CANTIDAD	FORMA
<i>ARTRÓPODO</i>	<i>10,000</i>	<i>ESPECÍMENES</i>
VEGETACIÓN (angiospermas y gimnospermas)	1,000	MUESTRAS BOTÁNICAS
..... ULTIMA LINEA .....		

5. Ubicación de la colecta o aprovechamiento: TODA LA REPUBLICA DE GUATEMALA

6. Número de registro de la propiedad: \_\_\_\_\_

7. Técnicas de colecta autorizadas: COLECTA MANUAL, TRAMPA DE LUZ, MANTA DE GOLPEO, CERNIDORES HOJARASCA, ETANOL, MALAISE, PITFALL Y PLATOS DE COLOR

8. Nombre de colector(es) autorizado(s) e identificación: \_\_\_\_\_

9. Localidad de traspaso de material coleccionado: \_\_\_\_\_

## 13 Vinculación

Se realiza vinculación con el Consejo Nacional de Áreas Protegidas, específicamente con la Unidad de Conservación y Valoración de la Biodiversidad. Los datos de los especímenes localizados en la colección de insectos de Zacapa, se suben a la plataforma del Portal de Biodiversidad de Guatemala administrado por la Universidad del Estado de Arizona <https://biodiversidad.gt/portal/>.

## 14 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

La estrategia de difusión se realiza a través de publicaciones científicas, los resultados del presente proyecto se presentarán a una revista indexada. Adicionalmente, se reciben visitas a las colecciones científicas de otras universidades en donde se presenta el trabajo que se realiza con el financiamiento de los donantes que apoyan al CUNZAC. Así mismo, se tuvo recientemente una entrevista en “Hablando con Chatía” que es un programa de difusión local en línea en el cuál se habló sobre los proyectos que apoya la Dirección General de Investigación.

## 15 Aporte de la propuesta de investigación a los ODS:

El presente proyecto contribuyó a los siguiente ODS:

15. Vida de Ecosistemas Terrestres: Con relación a este objetivo el proyecto contribuyó a generar información biológica de utilidad para los planificadores (ej. Municipalidades, SEGEPLAN u ONGS) o bien para instituciones encargadas de velar por la preservación del medio ambiente (ej. MARN y CONAP). Así mismo, se creó una colección de referencia que se encuentra depositada en el Centro Universitario de Zacapa y en el Centro de Estudios Conservacionistas, ambos de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

## 16 Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Navil Dunzayad Ventura Saenz	Auxiliar de Investigación II	20200722	Si	

## 17 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

<b>Manuel Alejandro Barrios Izás</b> <b>Nombre del coordinador del proyecto de investigación</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 25/02/2022	

## 18 Aval del Director(a) del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

<b>Manuel Alejandro Barrios Izás</b> <b>Vo.Bo. Nombre y cargo de quien da el aval al informe</b>	<b>Firma</b>
Fecha: 25/02/2022	

## 19 Visado de la Dirección General de Investigación

<b>Ing. Agr. Julio Rufino Salazar</b> <b>Vo.Bo. Nombre Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación</b>	<b>Firma</b>
Fecha: dd/mm/año	

# Informe final proyecto de investigación 2021

Dirección General de Investigación –DIGI-

<p><b>Ing. Agr. Julio Rufino Salazar</b> <b>Vo.Bo. Nombre Coordinador General de</b> <b>Programas Universitarios de Investigación</b></p>	<p><b>Firma</b></p>
<p>Fecha: dd/mm/año</p>	