



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA

ÁREA ACADÉMICA DE BIOLOGÍA

LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

**FAUNA DE COLEÓPTEROS SCARABAEIDAE (INSECTA: COLEOPTERA) EN TRES
SITIOS DE UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL MUNICIPIO DE LA MISIÓN,
HIDALGO, MÉXICO**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA**

Presenta

JOSÉ ALEXIS LORA DÍAZ

DIRECTOR:

DR. JUAN MÁRQUEZ LUNA

MINERAL DE LA REFORMA, HIDALGO 2021



Mineral de la Reforma, Hgo., a 26 de julio de 2021

Número de control: ICBI-D/676/2021
 Asunto: Autorización de impresión.

MTRO. JULIO CÉSAR LEINES MEDÉCIGO
DIRECTOR DE ADMINISTRACIÓN ESCOLAR DE LA UAEH

Con fundamento en lo dispuesto en el Título Tercero, Capítulo I, Artículo 18 Fracción IV; Título Quinto, Capítulo II, Capítulo V Fracción IX del Estatuto General de nuestra Institución. Por este medio le comunico que el Jurado asignado al Pasante de la Licenciatura en Biología José Alexis Lora Díaz, quien presenta el trabajo de titulación "Fauna de coleópteros Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera) en tres sitios de un gradiente altitudinal en el municipio de La Misión, Hidalgo, México", después de revisar el trabajo en reunión de Sinodales ha decidido autorizar la impresión del mismo, hechas las correcciones que fueron acordadas.

A continuación, firman de conformidad los integrantes del Jurado:

Presidente:	Dr. Ignacio Esteban Castellanos Sturemark	
Secretario:	Dr. Julián Bueno Villegas	
Vocal:	Dr. Juan Márquez Luna	
Suplente:	Dra. Ana Paola Martínez Falcón	

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

Atentamente
 "Amor, Orden y Progreso"

Dr. Otilio Arturo Acevedo Sandoval
 Director del ICBI



Ciudad del Conocimiento
 Carretera Pachuca-Tulancingo km 4.5 Colonia Carboneras
 Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. C.P. 42184
 Teléfono: +52 (771) 71 720 00 ext. 2231 Fax 2109
 direccion_icbi@uaeh.edu.mx

www.uaeh.edu.mx

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, que, sin su apoyo, cariño y su enorme sacrificio no hubiese logrado esto. Gracias a ustedes hoy pude culminar una meta en mi vida, los quiero muchísimo. A mis abuelos personas muy importantes en mi vida, las cuales siempre me ayudaron, aconsejaron y siempre han estado conmigo. A mis tíos, en especial a mi tío Alejandro una persona la cual quiero mucho y que le estaré agradecido para toda la vida. En general a toda mi familia.

Agradezco a mi director de tesis, Dr. Juan Márquez Luna por su gran apoyo en la realización de este trabajo, por su asesoría y correcciones de la investigación, y que con su apoyo moral, confianza brindada y conocimientos otorgados se pudo lograr este trabajo.

A la Dra. Ana Paola Martínez Falcón por su comprensión y gran ayuda en la realización de procedimientos para la obtención de resultados en este trabajo de investigación.

A la Mtra. Julieta Asiain, por su amabilidad y ayuda brindada para mejorar la investigación. Gracias por ser parte de este trabajo.

Al Dr. Julián Bueno y al Dr. Ignacio Castellanos por tomarse el tiempo y participar en la revisión de este trabajo, por sus observaciones y sugerencias que hicieron de esta investigación algo mejor.

A mis amigos, parte importante de esta etapa, los cuales formaron parte de mi durante esta gran aventura llamada universidad.

CONTENIDO

1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	6
3. ANTECEDENTES	11
3.1 Estudios de escarabajos en el estado de Hidalgo	11
3.2 Algunos estudios de escarabajos fuera del estado de Hidalgo	12
4. JUSTIFICACIÓN	14
5. OBJETIVOS	15
5.1 Objetivo general	15
5.2 Objetivos específicos	15
6. MATERIAL Y MÉTODO	16
6.1 Área de estudio	16
6.2 Sitios de muestreo	18
6.3 Trabajo de campo	24
6.4 Análisis taxonómico	26
6.5 Análisis de datos	27
7. RESULTADOS	29
7.1 Listado taxonómico	29
7.2 Diagnósis de especies	31
7.3 Resultados ecológicos	52
8. DISCUSIÓN	66
8.1 Riqueza y abundancia de Scarabaeidae en el gradiente altitudinal.	66
8.2 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por sitio de colecta.	70
8.3 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por tipo de trampa.	73
8.4 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por épocas del año.	75
8.5 Comparación con estudios similares en Hidalgo	76
8.6 Comparación con estudios similares fuera de Hidalgo	77
9. CONCLUSIONES	81
10. LITERATURA CITADA	82

Índice de Figuras

Figura 1. Mapa del estado de Hidalgo y del municipio de La Misión con los tres sitios de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal, sitio alto marcado en el mapa con color azul, sitio medio con color amarillo y sitio bajo con color verde (mapa modificado de INEGI, 2010, 2018)	17
Figura 2. Panorámica del cerro El Divisadero, tomada desde la comunidad de Santa Inés, Landa de Matamoros, Querétaro	18
Figura 3. Mapa con relieve y distribución espacial de los tres sitios de muestreo del gradiente altitudinal dentro del municipio de La Misión (imagen tomada de MAP[N]ALL, 2020)	19
Figura 4. Gradiente altitudinal de la zona de estudio donde se representan los tres sitios de muestreo a distinta altitud (dibujo realizado en AutoCAD, 2017)	21
Figura 5. Panorámica del sitio alto (1,770 msnm) de colecta, La Presa	22
Figura 6. Panorámica del sitio medio (1,210 msnm) de colecta, El Divisadero	22
Figura 7. Panorámica del sitio bajo (750 msnm) de colecta, Las Trojas	23
Figura 8. Trampas NTP-80 cubiertas con rocas instaladas en dos sitios de muestreo	25
Figura 9. Coprotrampas instaladas en dos sitios de muestreo	25
Figura 10. Vista dorsal de algunas de las especies de escarabajos capturadas en el gradiente de estudio	51
Figura 11. Curvas de acumulación de especies de la familia Scarabaeidae obtenidas con base en estimadores no paramétricos. A) sitios alto, B) sitio medio y C) sitio bajo	55

Figura 12. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos para cada uno de los tres sitios de muestreo56

Figura 13. Escalamiento multidimensional (MDS) de las muestras con base en la similitud en su composición de especies de escarabeidos utilizando el índice de Bray-Curtis58

Figura 14. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos entre los dos tipos de trampas utilizadas61

Figura 15. Riqueza de especies y abundancia de organismos colectados en cada época de muestreo. En color rojo = riqueza y color azul = abundancia.....63

Figura 16. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos entre las dos épocas de colecta64

Figura 17. Escalamiento multidimensional (MDS) de las muestras con base en la similitud en su composición de especies de escarabeidos utilizando el índice de Bray-Curtis65

Índice de Tablas

Tabla 1. Riqueza y abundancia por subfamilias de Scarabaeidae colectadas a lo largo del gradiente altitudinal51

Tabla 2. Especies de la familia Scarabaeidae, hábitos alimenticios y tipo de trampa de captura. Para las morfoespecies no identificadas se les asignó el hábito alimenticio de acuerdo a las características generales del género (NTP = necrotrampa y CTP = coprotrampa)59

1. RESUMEN

Se estudió la abundancia, riqueza y diversidad de especies de Scarabaeidae en un gradiente altitudinal en el municipio de La Misión, Hidalgo. Se realizaron muestreos durante la época de sequía y la de lluvias en tres sitios con diferente altitud (sitio alto: 1,770 m, sitio medio: 1,210 m, y sitio bajo: 750 m), mediante el uso de 48 trampas cebadas con carroña y 36 trampas cebadas con excremento. Se colectaron 3,428 individuos que pertenecen a 28 especies, 16 géneros y cuatro subfamilias. Scarabaeinae fue la subfamilia con mayor riqueza de especies y abundancia de individuos. Las especies con mayor abundancia fueron *Sisyphus submonticolus* Howden, 1965 con 817 individuos, *Canthon cyanellus* LeConte, 1859 con 698 y *Dichotomius amplicollis* Harold, 1869 con 635 individuos. Diez de las 28 especies se colectaron en los tres sitios del gradiente, mientras que 25 especies se registran por primera vez para La Misión. La mayor riqueza de especies se presentó en el sitio de menor altitud, en las trampas cebadas con excremento y en la época de lluvias donde se presentó una mayor actividad. Se observaron diferencias significativas en la riqueza de especies entre las dos épocas de recolecta, entre los tipos de trampa y entre el sitio bajo con respecto a los sitios alto y medio. Los porcentajes de disimilitud de la comunidad de escarabeidos entre épocas fue alta (0.64) con 11 especies compartidas, y entre tipos de trampa fue baja (0.21) con 22 especies compartidas. Mientras que la mayor disimilitud se dio entre los sitios alto y medio y los sitios alto y bajo (0.50 para ambos). La menor disimilitud fue entre los sitios medio y bajo (0.36). El recambio de especies estuvo influenciado por las condiciones ambientales a lo largo del gradiente, los hábitos alimenticios de cada una de las especies y la disponibilidad de recursos durante cada época.

2. INTRODUCCIÓN

Los estudios enfocados a la diversidad biológica en gradientes de altitud, permiten inferir la variabilidad de la composición, riqueza y abundancias de los distintos grupos de flora y fauna que conforman a una comunidad o ecosistema (Carrero et al., 2013). Se sabe que muchas especies de insectos están ampliamente distribuidas a lo largo de gradientes de elevación, donde las poblaciones que viven en extremos de altitud superior e inferior experimentan diferentes condiciones ambientales, principalmente del clima local. Los organismos se ven obligados a responder a los empinados gradientes ambientales que definen su hábitat (parámetros físicos individuales) que varían a lo largo del gradiente altitudinal (Hodkinson, 2005).

Parámetros como precipitación, tasa de lapso de temperatura, presión parcial de gases respiratorios, velocidad del viento e incidencia solar, condicionan a las especies a lo largo de un gradiente altitudinal, teniendo un efecto directo e indirecto en estas. Estos parámetros representan un reto en el vuelo para los insectos, generan cambios en la fecundidad, en el tamaño corporal, coloración de cuerpo de acuerdo a la incidencia solar y en el crecimiento de plantas hospederas de estos mismos. La tolerancia térmica y la capacidad de termorregular de algunas de las especies marcan un límite de distribución altitudinal superior o inferior, aunque sea documentado que algunas especies de insectos poseen una banda de tolerancia más amplia, por ejemplo, los escarabajos peloteros africanos (Hodkinson, 2005).

La altitud no solo afecta a la riqueza de especies sino también la composición de especies de insectos, algunos patrones altitudinales observados son en parte del resultado de interacciones mutualistas ente especies, por lo que no es sorprendente que haya poca consistencia en las tendencias altitudinales en la riqueza de especies registradas para diferentes comunidades de insectos (Hodkinson, 2005).

Los hábitats de montaña suelen ser algo complejos, especialmente en áreas con actividades antropogénicas como recreación o pastoreo, donde genera un mosaico de diferentes tipos de hábitats con su propia vegetación o microclima particular (Hodkinson, 2005).

Arthropoda posee más de 1.5 millones de especies descritas, es el phylum con el mayor número de especies conocidas dentro del reino Animal, pues por sí solo representa aproximadamente el 80% del número total de especies de este reino (Zhang, 2013).

En el orden Coleoptera se han descrito alrededor de 392,415 especies, incluyendo 2,928 ya extintas, como parte de las 1,070,781 especies de insectos, lo que representa entre el 36 y 40% de todos los insectos, por lo cual es el grupo biológico de mayor diversidad en el mundo (Zhang, 2013). Entre las características más distintivas del orden están: dos pares de alas, el par anterior recibe el nombre de élitros, que han sido modificadas como una cubierta sólida para proteger el abdomen y las alas posteriores que son membranosas y útiles para volar, el aparato bucal de tipo masticador con mandíbulas desarrolladas, y un tipo de metamorfosis completa (Márquez, 2004).

Cabe mencionar que los coleópteros cumplen roles ecológicos muy importantes, éstos establecen asociaciones muy estrechas con plantas herbáceas, arbustos y árboles, alimentándose de diversos órganos de estos hospederos. También existen los coleópteros saprófagos, los cuales se alimentan de madera descompuesta y de animales muertos. Otros son coprófagos, como los escarabajos peloteros, quienes trasladan esta materia hacia sus nidos como alimento para sus larvas. Esta acción permite la eliminación de tales sustratos y la fertilización del suelo. El humano considera beneficios a aquellos coleópteros que se alimentan de plantas indeseables o malezas; mientras que considera plaga a aquellos que dañan cultivos y bosques, o cuando afectan de manera adversa los valores ecológicos, sociales y económicos (Beck y Ortiz, 2009). Los coleópteros pueden destruir grandes extensiones de cultivos agrícolas que afectan la economía de las personas, como son el maíz, trigo, papa, arroz, chile, jitomate y cebolla; o árboles que son valorados por su

madera o sus frutos como: encinos, pinos, liquidámbar, manzanos, perales, entre otros (Morón, 2004). Su importancia médica radica en que pueden afectar la salud humana, provocando irritación en la piel o el surgimiento de ronchas, aunque son escasas las especies que llegan a ocasionar este tipo de daño. En cuanto a la importancia cultural está presente en Egipto, en donde un tipo de escarabajo, al que ellos le han nombrado “sagrado” lo consideran un Dios, indica las épocas de escasez y abundancia de recursos alimenticios, este hecho se observa en los escarabajos que tienen una forma diferente de coleccionar y transportar su alimento en cada época (Márquez, 2004).

Por su parte, Scarabaeidae es una de las familias de coleópteros que comprende 429 géneros y 9,773 especies en el mundo (Morón, 2006). Está integrada por las subfamilias Scarabaeinae, Aphodiinae, Geotrupinae, Ochodaeinae, Hybosorinae, Orphinae y Ceratocanthinae (Morón, 2003). En México se encuentran alrededor de 461 especies descritas pertenecientes a 64 géneros; mientras que en Hidalgo se conocen 106 especies (Márquez et al., 2017). Los escarabeidos son conocidos como “toritos”, “cornudos” o “estercoleros” (Morón, 2003), éstos forman parte de los coleópteros lamelicornios o superfamilia Scarabaeoidea, debido a que sus especies presentan antenas lameladas en las cuales los últimos tres a cinco artejos tienen forma de laminillas.

Los escarabeidos iniciaron su carrera evolutiva durante el periodo Triásico de la era Mesozoica, junto a los dinosaurios. A pesar de la extinción de los grandes saurios, los escarabajos han sobrevivido de manera exitosa, separándolos por más de 65 millones de años de existencia. Actualmente los escarabajos pueden vivir en casi cualquier ecosistema terrestre, en áreas silvestres o áreas de cultivo y desde el nivel del mar hasta zonas montañosas de más de 4000 m de altitud. El suelo, el estiércol, los troncos o las flores son algunos de los hábitats donde pueden vivir estos organismos, desarrollando una función ecológica en particular (Morón, 2004).

Las especies de Scarabaeidae utilizan el excremento (coprófagos) y organismos muertos (necrófagos) para alimentarse, son responsables de la descomposición de la materia orgánica,

evitando con ello el aumento de poblaciones de moscas y propagación de posibles enfermedades médico-veterinarias (Castillo y Reyes-Castillo, 2003). La asociación con el excremento y/o carroña y otros vertebrados, su especial modo de reproducción, así como múltiples estrategias de aprovechamiento del excremento para su alimentación y reproducción son los principales distintivos biológicos de esta familia (Medina et al., 2001). La diversidad de escarabeidos es considerablemente mayor en los bosques tropicales, y disminuye en ambientes xerófilos y en el bosque mesófilo de montaña (Morón, 2003).

Dentro de esta familia, los escarabajos coprófagos (Scarabaeinae) son un gremio bien definido e importante en el proceso de reciclaje de nutrientes de los ecosistemas, y que pueden verse afectados por las alteraciones medioambientales (Halfpeter, 1991). La ecología de varios escarabajos coprófagos, está basada principalmente en la explotación competitiva de un recurso alimenticio rico nutricionalmente, que es el excremento de grandes vertebrados, en especial mamíferos omnívoros y herbívoros, ya que éste constituye la principal fuente alimenticia de larvas y adultos (Halfpeter y Favila, 1993). Este recurso resulta atractivo para los escarabajos debido a su alto contenido en nitrógeno y fósforo, elementos necesarios para diferentes procesos metabólicos. Además, participan en la aireación del suelo, dispersión secundaria de semillas y como agentes de control biológico de parásitos presentes en heces (Hanski y Cambefort, 1991).

Estos organismos se caracterizan por tener una cabeza proporcionalmente grande, el cuerpo es robusto y compacto, en ocasiones deprimido o un poco alargado. Los estigmas respiratorios de los últimos tres segmentos abdominales están colocados sobre la región membranosa que corresponde a los pleuritos, o la unión de éstos con los extremos laterales de los esternitos, condición denominada laparosticti, y en la gran mayoría de las especies estos estigmas están cubiertos por el borde lateral de los élitros cuando están en posición de reposo. Los tres pares de patas tienen cinco artejos tarsales, condición pentámera, aunque las especies de la tribu Phanaeini

carecen de uñas y los protarsos de los machos están ausentes. Presentan una amplia gama de colores, que incluyen tonos completamente metálicos. Su longitud varía entre 1.5 y 67.0 mm (Morón, 2003).

En ocasiones el dimorfismo sexual es marcado, sobre todo cuando hay un desarrollo de proyecciones cefálicas y torácicas en forma de cuernos, en la hipertrofia de las patas protorácicas, o en diferencias notables de coloración, textura, brillo o cubierta setífera del tegumento. También es común la existencia de gradientes de polimorfismo asociado con las estructuras dimórficas o hipertrofiadas, en las cuales aparecen machos con tallas muy pequeñas, con caracteres dimórficos incipientes, hasta machos con tallas muy grandes y estructuras dimórficas muy llamativas y espectaculares (Morón, 2003).

La importancia de un estudio de escarabeidos en el municipio de La Misión; recae en sus relieves montañosos que forman parte de la provincia biogeográfica de la Sierra Madre Oriental (SMO) donde se presentan diferentes altitudes, tipos de vegetación y fauna asociada. Aunado a lo anterior, son nulos los estudios sobre coleópteros Scarabaeidae en el municipio y solo se cuenta con algunos registros de especies pertenecientes a las subfamilias Aphodiinae y Scarabaeinae todas reportadas en el libro Biodiversidad del estado de Hidalgo, en el capítulo sobre la familia Scarabaeidae (Márquez et al., 2017). La mayoría de registros de coleópteros para el municipio pertenecen a Staphylinidae, una de las familias mejor conocidas para La Misión, la cual otorga así al municipio la posición número 13 en riqueza de especies dentro de los 84 municipios pertenecientes al estado de Hidalgo (Márquez y Asiain, 2017).

3. ANTECEDENTES

3.1 Estudios de escarabajos en el estado de Hidalgo

En México uno de los primeros estudios con necrotrampas fue publicado por Morón y Terrón (1984) donde se describe por primera vez la trampa NTP-80 (necrotrampa permanente modelo 1980), la cual fue diseñada por los mismos autores. La trampa se diseñó de la siguiente manera: tres piezas que incluye un recipiente colector de plástico con 700 ml de una mezcla de 95 partes de etanol al 70% y cinco partes de ácido acético glacial, un embudo y un plato sopero de plástico invertido que cumplía la función de tapa evitando la entrada de lluvia y hojarasca, y además sostiene un recipiente de metal que contiene el cebo, y se entierra a nivel del suelo. La trampa fue diseñada para el estudio de insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo.

Morón y Terrón (1984) utilizaron trampas NTP-80 para analizar la entomofauna necrófila establecida en un transecto altitudinal que comprende un bosque tropical a 650 m, un bosque mesófilo de montaña muy perturbado a 1120 m y un bosque mesófilo de montaña poco perturbado a 1550 m, ubicados en Otongo y Tlanchinol, Hidalgo. Obtuvieron 28 muestras mensuales formadas por 71,034 insectos, distribuidos en 58 familias de 11 órdenes, entre los que se destacan Coleoptera, Diptera, Collembola e Hymenoptera, así como 11,613 Myriapoda, Arachnida y Acarida. Se considera que el 83% de éstos tienen hábitos necrófilos o saprófilos de diversas categorías.

Uno de los trabajos más importantes en cuanto estudios de escarabeidos en gradientes altitudinales en el estado de Hidalgo es el de Halffter et al. (2008), quienes realizaron un análisis biogeográfico de Scarabaeinae y Geotrupinae a lo largo de un transecto altitudinal desde 2,960 hasta 120 msnm desde la Sierra de Pachuca (Hidalgo), pasando por cinco paisajes diferentes hasta llegar a la zona de la Huasteca en Tempoal (Veracruz) con una extensión de 150 km. Obtuvieron tres especies de la subfamilia Geotrupinae y 48 especies de la subfamilia Scarabaeinae.

Ortega (2010) realizó un estudio de comunidades de escarabajos coprófagos en el municipio de Jacala de Ledezma, donde obtuvo como resultado un total de 29 especies de 11 géneros, pertenecientes a las subfamilias Aphodiinae y Scarabaeinae. A pesar que el estudio no se llevó a cabo en un gradiente altitudinal, este es importante por la cercanía de ambos municipios.

3.2 Algunos estudios de escarabajos fuera del estado de Hidalgo

Escobar et al. (2007) evaluaron el efecto de factores ambientales y biogeográficos sobre la diversidad de conjuntos de escarabajos peloteros (Scarabaeinae) a lo largo de tres gradientes altitudinales en la región neotropical. Dos gradientes se ubican en los Andes del norte (el Volcán Chiles y la Cuenca del río Cusiana) y uno en la Zona de Transición Mexicana, en la montaña Cofre de Perote. El muestreo se realizó en dos tipos de hábitats contrastantes (áreas boscosas y pastos inducidos para el ganado) que se encuentran a lo largo de cada uno de los tres gradientes de altitud (volcán Chiles=37 especies, Cofre de Perote=40 especies y río Cusiana=49 especies. Los escarabajos fueron capturados con trampas de caída enterradas (arriba al ras del suelo) con dos tipos de cebo (excrementos y carroña). El cebo estaba envuelto en muselina y suspendido de un alambre justo encima de la trampa. Para los tres gradientes el número de especies y de individuos fue similar tanto en bosques como en pastos, mientras que la composición de especies fue diferente entre hábitats. El número de especies disminuyó al aumentar la altitud en los tres gradientes.

Otro de los trabajos interesantes por el número de especies capturadas llevado a cabo en el estado de Veracruz fue el realizado por Deloya et al. (2007), quienes durante 16 meses entre abril del 2002 a julio del 2003 realizaron colectas en el centro de Veracruz, en tres fragmentos de bosque mesófilo de montaña, tres cafetales bajo sombra, un cafetal sin sombra, un acahual y un pastizal, establecidos en un gradiente altitudinal (1,000-1,400 m), con puntos de muestreo cada 200 m. Obtuvieron 9,982 especímenes de Scarabaeidae y Trogidae que representan a 21 géneros y 50

especies. Se observó que a mayor altitud existe una menor riqueza específica, a los 1,000 m coexisten 36 especies, entre los 1,200-1,300 m 27 especies y 1,400 m 26 especies.

Deloya et al. (2013) estudiaron la fauna necrófila de Scarabaeidae y Trogidae en La Sierra del Alquitrán, considerado para ellos como una zona biológicamente importante en el estado de Guerrero. Las partes medias y altas de la sierra están cubiertas de bosque de pino o pino-encino y las zonas de baja altitud por bosque tropical caducifolio. Con un esfuerzo de muestreo de un año y 192 muestras, capturaron 17 especies para Scarabaeidae.

Trujillo-Miranda et al. (2016) estudiaron un gradiente de altitud del cerro de Chacateca ubicado en el Valle de Zapotitlán dentro de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán al sureste del estado de Puebla. La vegetación del Valle se caracteriza principalmente por matorral xerófilo, con un clima semiárido o seco, con una temperatura media anual de 21.1°C. Analizaron la abundancia, riqueza y diversidad de la fauna de Scarabaeoidea. El método de muestreo se dividió en dos épocas (de sequía y lluvias), y dividieron su gradiente en tres sitios entre los 1,858 y los 2,319 msnm, cada uno con diferentes tipos de vegetación y suelo. Para el muestreo utilizaron necrotrampas, coprotrampas y otros tipos de trampas (trampa de luz y trampa de fruta). Se recolectaron 1,300 individuos de 25 especies incluidas en 16 géneros y seis familias de Scarabaeoidea: Scarabaeidae, Melolonthidae, Cetoniidae, Trogidae, Passalidae y Geotrupidae. Los autores registraron cambios significativos de abundancia y diversidad entre las dos épocas, encontrando mayor diversidad en época de secas y una similitud baja entre las comunidades. Se presentó una mayor riqueza en el sitio de mayor altitud y una menor en el sitio más bajo.

4. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se enfoca en estudiar la fauna de Scarabaeidae en un gradiente altitudinal en el municipio de La Misión, debido a que en dicho lugar los estudios de diversidad de escarabeidos son nulos. Además, las características geográficas hacen del municipio un lugar con diferentes altitudes y en consecuencia las características de la flora y fauna varía en diferentes puntos. Así, este trabajo permitirá conocer un poco de la riqueza de especies de Scarabaeidae y ver cómo ésta se encuentra en comparación con otros gradientes y municipios del estado de Hidalgo. Los resultados que se obtengan permitirán aumentar el grado de conocimiento biológico del municipio y mostrar que este es un lugar interesante para realizar estudios faunísticos, no solo de escarabajos, sino de otros grupos biológicos.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Conocer la diversidad de la familia Scarabaeidae en un gradiente altitudinal del municipio de La Misión, Hidalgo, mediante colectas sistemáticas realizadas en tres localidades ubicadas a diferentes altitudes y con diferentes condiciones de cobertura vegetal.

5.2 Objetivos específicos

5.2.1. Elaborar un listado taxonómico de Scarabaeidae de en un gradiente altitudinal en el municipio de La Misión, Hidalgo.

5.2.2. Proporcionar las características diagnósticas de las especies colectadas.

5.2.3. Medir la riqueza de especies y la abundancia de organismos de la familia Scarabaeidae en cada uno de los tres sitios de muestreo del gradiente altitudinal.

5.2.4. Analizar la composición de especies y la disimilitud entre los tres sitios de muestreo del gradiente altitudinal.

5.2.5. Medir la riqueza de especies y abundancia de organismos de la familia Scarabaeidae para cada época y tipo de trampa.

5.2.6. Analizar la composición de especies y la disimilitud para cada época y tipo de trampa.

6. MATERIAL Y MÉTODO

6.1 Área de estudio

El trabajo se llevó a cabo en el municipio de La Misión, estado de Hidalgo, el cual se encuentra ubicado entre los paralelos 20° 57' y 21° 11' de latitud norte; los meridianos 98° 57' y 99° 11' de longitud oeste; a una altitud entre 200 y 2,200 m, éste colinda al norte con el estado de Querétaro y los municipios de Pisaflores y Chapulhuacán; al este con los municipios de Chapulhuacán, Tepehuacán de Guerrero y Tlahuiltepa; al sur con los municipios de Tlahuiltepa y Jacala de Ledezma; al oeste con el municipio de Jacala de Ledezma y el estado de Querétaro (Fig. 1) (INEGI, 2009).

El municipio ocupa el 1.12% de la superficie del estado y cuenta con 84 comunidades (pueblos). Éste se encuentra en la provincia biogeográfica de la Sierra Madre Oriental (SMO), la subprovincia Carso Huasteco y en el sistema de topoformas de la Sierra. Cuenta con un rango de temperatura entre los 6-24°C. En cuanto al uso de suelo, el 31.0% es para agricultura, el 0.19% es zona urbana, los bosques ocupan el 50.81% los pastizales el 14.0% y la selva el 4.0% (INEGI, 2009).

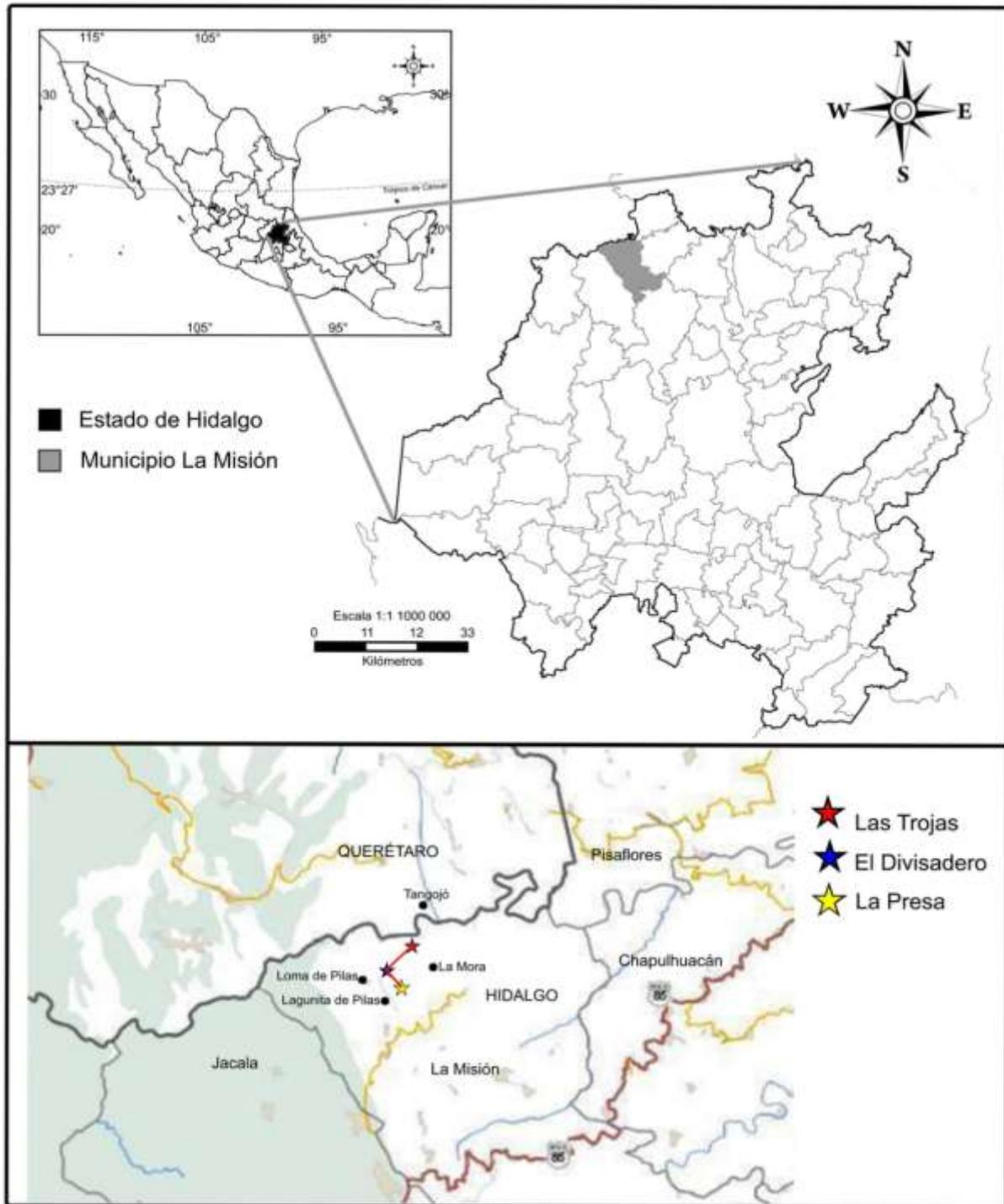


Figura 1. Mapa del estado de Hidalgo y del municipio de La Misión con los tres sitios de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal. Sitio alto marcado con color amarillo, sitio medio con color azul y sitio bajo con color rojo (mapa modificado de INEGI, 2010, 2018).

6.2 Sitios de muestreo

La localidad de estudio se ubica en el cerro El Divisadero al norte del municipio de La Misión, el gradiente inicia desde la parte alta de dicho cerro, hacia la parte baja cerca del río Moctezuma, que divide al estado de Hidalgo y Querétaro (Figs. 2 y 3).

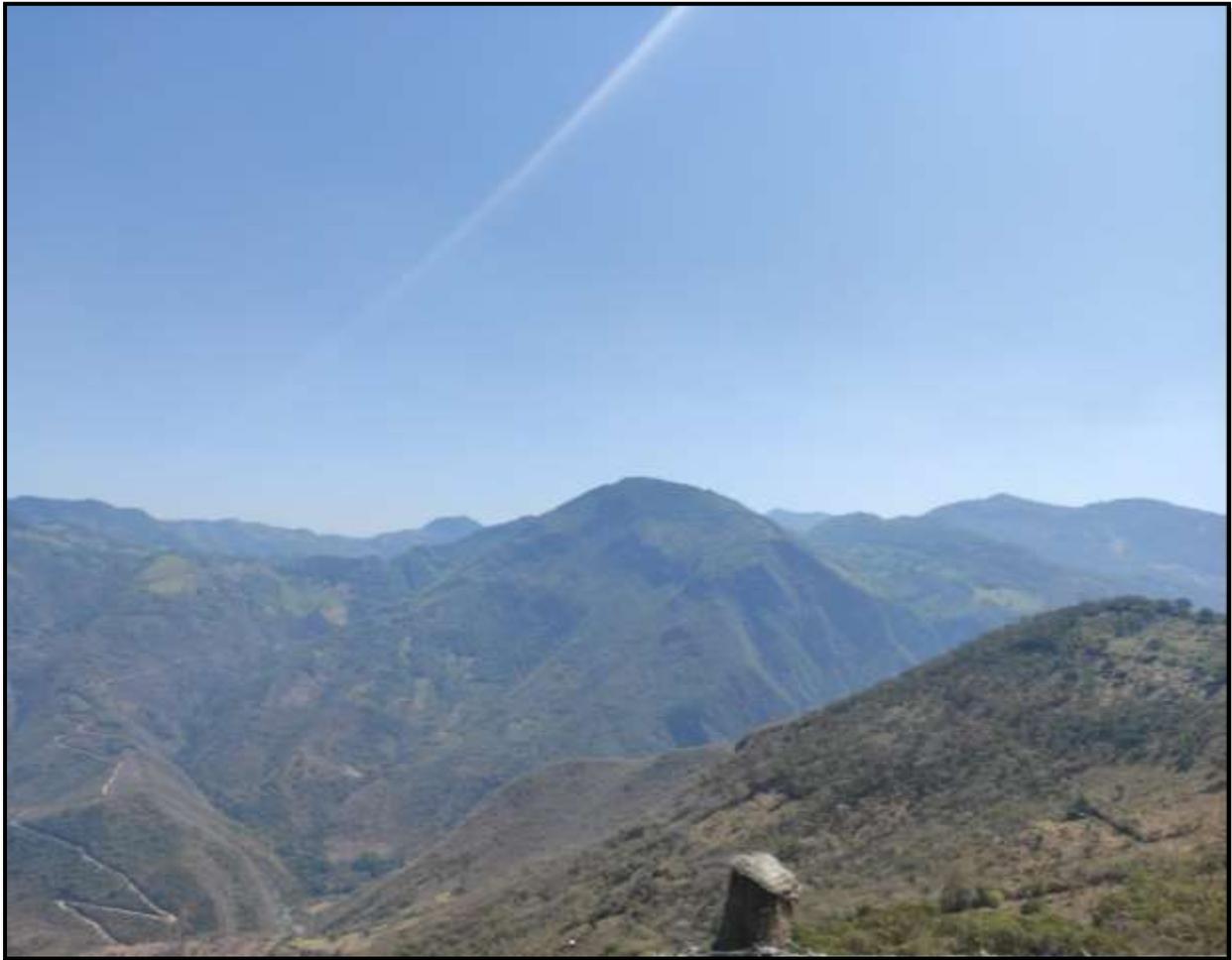


Figura 2. Panorámica del cerro El Divisadero, tomada desde la comunidad de Santa Inés, Landa de Matamoros, Querétaro. Donde se observa a la izquierda la carretera que va del municipio de La Misión al río Moctezuma. (foto tomada por J. A. Lora Díaz).



Figura 3. Mapa con relieve y distribución espacial de los tres puntos de muestreo del gradiente altitudinal dentro del municipio de La Misión (imagen tomada de MAP[N]ALL, 2020). En la parte superior se ubica la comunidad de Tangojo que pertenece al municipio de Landa de Matamoros del estado de Querétaro. A la izquierda se observan las comunidades de Loma de Pilas y Escrito de Pilas, a la derecha se ubica la comunidad de La Mora, todas estas comunidades pertenecientes al municipio de La Misión. El gradiente se divide en tres sitios de muestreo: sitio alto, “La Presa” (1), ubicado a 1,770 m de altitud; sitio medio, “El Divisadero” (2), ubicado a 1,210 m de altitud; y sitio bajo, “Las Trojas” (3) que se encuentra a 750 m de altitud.

El sitio de muestreo a mayor altitud se conoce como La Presa, se denominará en adelante como “sitio alto”. Se ubica a 1,770 msnm y en las coordenadas geográficas N 21°7’38” y W 99°6’53”. Se caracteriza por poseer un tipo de vegetación de bosque de encino, pues estos árboles son los más dominantes, el sitio posee un clima más frío con respecto a los demás, en época de lluvia hay presencia de neblina en este punto y presenta un clima más templado. El estrato arbóreo bajo está compuesto principalmente por pteridofitas (helechos) y briofitas (musgos), el suelo es

muy rocoso. Las plantas epífitas abundantes son bromelias y hay presencia de heces de ganado bovino debido a que algunas temporadas éste se introduce en el sitio (observaciones personales) (Figs. 4 y 5).

El sitio de muestreo ubicado a una altitud intermedia (1,210 msnm) se conoce como El Divisadero y será nombrado en adelante como “sitio medio”. Éste se ubica en las coordenadas N 21°08' 15" y W 99°07'08" donde la cobertura vegetal está compuesta por algunos encinos de tamaño mediano, en el estrato arbóreo bajo se pueden encontrar cícadras y la presencia de briofitas y helechos es reducida. En cuanto a la topografía del sitio, es diferente al sitio alto debido a que se ubica en las orillas de un risco, el suelo es un poco rocoso, y el clima es un poco más cálido con respecto al sitio alto (observaciones personales) (Figs. 4 y 6).

El tercer sitio de muestreo se encuentra a menor altitud (750 msnm) se conoce como Las Trojas y en adelante será referido como “sitio bajo”. Éste es el sitio más bajo, a una altitud de 750 msnm, se ubica en las coordenadas N 21°8'26" y W 99°6'50". La cobertura vegetal en general es más baja en comparación con los dos sitios anteriores, más parecido a un bosque tropical caducifolio, el suelo es más uniforme y no se aprecian muchas rocas. Aquí la mayoría de la vegetación la conforman árboles de poca altura. El sitio tiene un clima más cálido seco (observaciones personales) (Figs. 4 y 7).

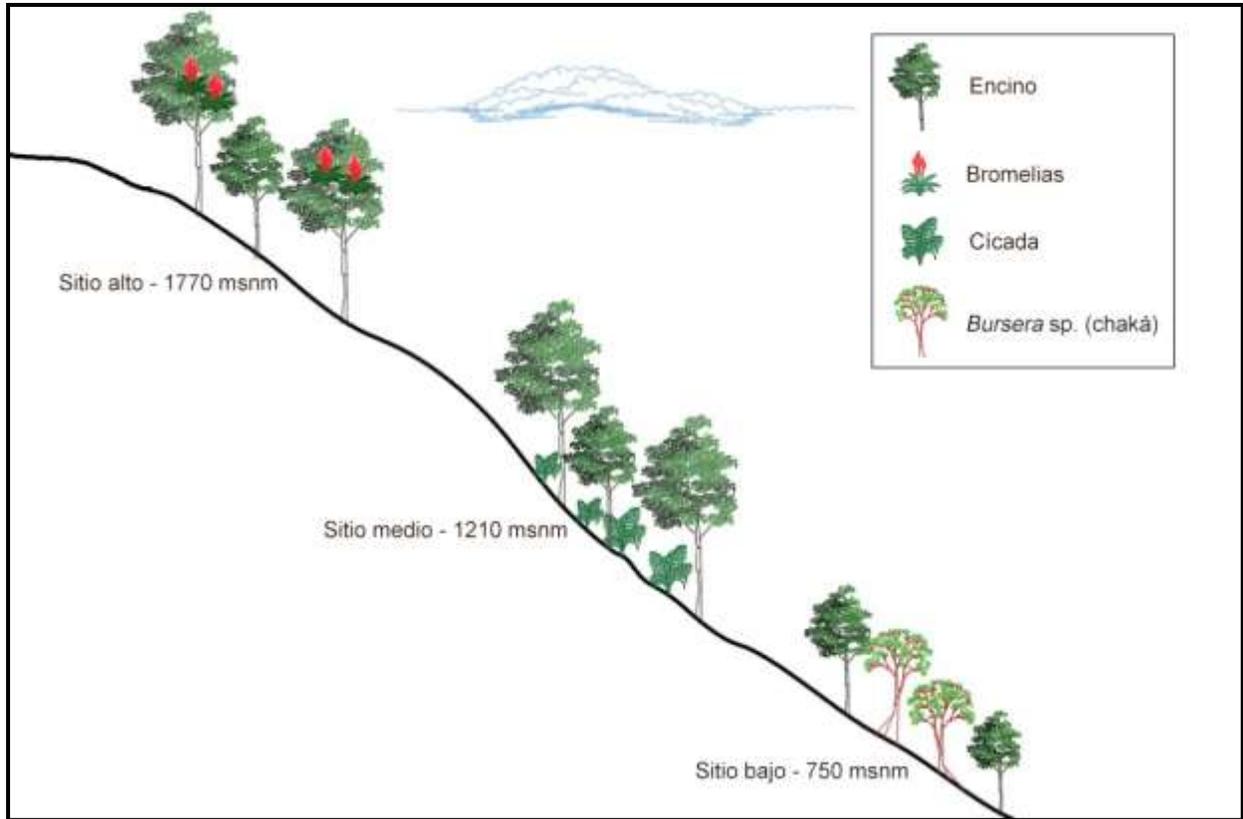


Figura 4. Gradiente altitudinal de la zona de estudio donde se representan los tres sitios de muestreo con el rango de altitud. En cada sitio de muestreo se observa un poco de la flora característica (dibujo realizado en AutoCAD, 2017).



Figura 5. Panorámica del sitio alto (1,770 msnm) de colecta, La Presa (foto tomada por J. A. Lora Díaz).



Figura 6. Panorámica del sitio medio (1,200 msnm) de colecta, El Divisadero (foto tomada por J. A. Lora Díaz).



Figura 7. Panorámica del sitio bajo (750 msnm) de colecta, Las Trojas (foto tomada por J. A. Lora Díaz).

Para este estudio se utilizaron necrotrampas modelo NTP-80 y coprotrampas (Figs. 8 y 9). *"Las necrotrampas han sido muy utilizadas en la colecta y estudio de una gran diversidad de insectos necrófagos mexicanos debido a su diseño permite coleccionar de manera sistemáticas por largos periodos de tiempo, ya que pueden permanecer en campo por más de un mes, y el cebo utilizado puede ser calamar o pulpo, los cuales atraen una gran diversidad de organismos. Se instala armada a nivel de suelo, el bote incluye alcohol etílico al 70% como conservador, la tapa lleva atornillado un frasco pequeño de plástico con perforaciones donde se introduce el cebo, también lleva dos o tres ventanitas un poco debajo de la tapa, y se entierra a nivel de las ventanitas; además toda la trampa es rodeada por piedras, con una en la parte superior en forma de tapa, para dar protección ante mamíferos que buscan el cebo, de la entrada de agua por lluvias y de la vista del hombre "* (Márquez, 2005, pág. 392). Las coprotrampas pueden ser iguales a cualquier

necrotrampa, pero el cebo debe ser excremento. El tipo de excremento más utilizado es de caballo, pero puede ser de cualquier otro animal o de humano (Márquez, 2005).

Para este muestreo no se utilizó la coprotrampa convencional por razones de tiempo, ya que esto implicaba dejarlas instaladas en campo como máximo una semana y posteriormente recoger las muestras. Sin embargo, no fue posible regresar por ellas en ese periodo de tiempo. Por lo anterior se tomó la opción de dejarla por un periodo de un mes, al igual que las NTP-80, de tal manera que coincidieran las fechas de instalación y recuperación de ambos tipos de trampa. A las coprotrampas se le realizaron las siguientes modificaciones para que los ejemplares colectados se conservaran adecuadamente hasta su recuperación (Fig. 9): el recipiente fue de mayor tamaño para una mayor cantidad de líquido conservador (alcohol etílico al 75% y anticongelante) y evitar la descomposición del material, se le instaló un pequeño techo para evitar que se llenara de agua de lluvia que pudiera descomponer los ejemplares o incluso derramarse fuera de ella.

6.3 Trabajo de campo

Con el uso de necrotrampas, se realizaron ocho muestreos mensuales, divididos en dos épocas, en temporada de sequía: de febrero a mayo del 2019, y temporada de lluvias: de junio a septiembre del mismo año (Nexos, 2021). Durante cada evento de muestreo se usaron un total de seis trampas NTP-80 cebadas con calamar, dos en cada punto de muestreo. Además, se instalaron nueve coprotrampas en total, tres por punto de muestreo cebadas con excremento de caballo, el excremento se seleccionó de manera que estuviera libre de larvas de dípteros (moscas) y en un estado fresco. En el caso de las coprotrampas, se inició el muestreo a partir del mes de junio, realizando así un total de cuatro muestreos mensuales (junio a septiembre). Lo anterior resultó en un total de cinco trampas por sitio, dos cebadas con carroña y dos con excremento. Ambos tipos de trampas fueron separadas entre sí por 50 m, en cada uno de los tres sitios de muestreo del

gradiente. Los dos tipos de trampas se mantuvieron instaladas un mes, al final de este periodo se recuperó cada muestra y se volvió a colocar la misma cantidad de cebo (calamar y excremento), y líquido conservador. Este muestreo con necrotrampas y coprotrampas tiene la finalidad de coleccionar especies de escarabeidos de hábitos necrófagos, copronecrófagos y coprófagos (Márquez, 2005).



Figura 8. Trampas NTP-80 cubiertas con rocas instaladas en dos sitios de muestreo (se les coloca rocas para evitar que sean saqueadas por algún animal carroñero) (foto tomada por J. A. Lora Díaz).



Figura 9. Coprotrampas instaladas en dos sitios de muestreo, donde se puede observar el uso de un recipiente de plástico que tiene la función de un domo para evitar que en épocas de lluvia se laven las trampas y se pierdan las muestras (foto tomada por J. A. Lora Díaz).

Para la obtención de datos complementarios se realizaron muestreos directos durante el mes de junio en diferentes tipos de excrementos encontrados a lo largo del gradiente. El muestreo se llevó a cabo con la ayuda de un “machete”, el cual se utilizó como herramienta para levantar la boñiga de vaca y caballo, para así poder excavar debajo del suelo. Cabe resaltar que la boñiga se seleccionó en un estado húmedo.

6.4 Análisis taxonómico

El material biológico recolectado se llevó al laboratorio de Sistemática Animal del Centro de Investigaciones Biológicas (CIB), en la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH). Para el manejo de los ejemplares en el laboratorio, se llevó a cabo una limpieza de las muestras y el contenido de cada una se vació en cajas Petri, con ayuda de pinzas entomológicas y un microscopio estereoscópico se separaron los escarabeidos de los demás coleópteros e insectos colectados. Una vez separados los escarabeidos por morfoespecies se colocaron en frascos con alcohol al 70% con sus etiquetas de datos de colecta para su posterior montaje. Para la identificación taxonómica se hizo uso de las claves dicotómicas de Delgado et al., (2000), Morón et al., (2013) y mediante la comparación con ejemplares previamente identificados de la colección de Coleoptera del CIB (CC-UAEH).

El criterio de clasificación taxonómica que se siguió es el de Morón (2003) y los taxa se ordenaron alfabéticamente en el listado taxonómico. Una vez identificados todos los Scarabaeidae recolectados, se registraron en una base de datos en Microsoft Excel, donde se incluye: clave del sitio, nombre del sitio, altitud, fecha, tipo de trampa, número de trampas, clave de la trampa, especie y abundancia.

Se realizó una diagnosis de cada especie colectada, que incluye los caracteres más importantes y distintivos de cada especie reportados en literatura especializada (Darling y Génier,

2018, Dellacasa et al., 2012, Edmonds y Zidek, 2010, Génier, 2009 Solís y Kohlmann, 2013 y Morón, 2003), así como sus registros estatales en México, registros nacionales fuera del país y los registros municipales en el estado de Hidalgo (se escribe en negritas La Misión cuando es primer registro para el municipio). Se incluyeron comentarios taxonómicos para aquellas especies que lo ameritaba, que cuentan con escasa información publicada al respecto y pocos datos biológicos.

6.5 Análisis de datos

Para el análisis ecológico, se registró el número de especies obtenidas (riqueza específica) y el número total de organismos (abundancia) para cada sitio, época y tipo de trampa. La eficiencia de muestreo de escarabeidos fue evaluada mediante el uso de dos estimadores no paramétricos, Chao 1 y ACE basados en el número de muestreos a través del programa EstimateS V.9.1.0 (Colwell, 2013), estos estimadores se eligieron porque utilizan datos de abundancias y no incidencia. Las diferencias de riqueza y diversidad entre sitios, épocas y tipos de trampa se analizaron mediante rarefacción (curvas de acumulación basadas en individuos), $q0$ (riqueza de especies) y $q1$ (diversidad ecológica que se estima mediante la exponencial de Shannon). El análisis se realizó en el programa iNEXT (Hsieh et al., 2016).

Exponencial de Shannon

$$1D = \exp[-\sum pi \times \ln(pi)]$$

Donde pi es la abundancia relativa de la especie i , es decir, la abundancia de la especie i dividida entre la suma de las abundancias de las S especies que componen la comunidad; $\ln(pi)$ es el logaritmo en base b de pi ; y la sumatoria (Σ) se extiende a las S especies.

Se hizo un análisis de PERMANOVA para detectar diferencias significativas entre la composición para sitios, épocas y trampas. Se utilizó el índice de similitud de Bray-Curtis basado en abundancias para realizar los MDS (Escalamiento Multidimensional) con Bootstrap usando

PRIMER v7 (Clarke and Gorley, 2015) que es un análisis que mide la identidad de las especies entre comunidades.

Índice de similitud de Bray-Curtis

$$\text{Simi} = 2jN / (aN + bN)$$

Donde aN = el número de individuos del sitio A, bN = al número de individuos en el sitio B, y jN = la suma de la menor de las abundancias de las especies registradas en ambos sitios.

Posteriormente, se analizaron los datos utilizando el método de Baselga (2010), el cual separa la diversidad β total en dos componentes, el recambio (turnover) entre las especies como resultado de la diferenciación de la identidad de las especies presentes en dos sitios y los cambios debidos a las diferencias en riqueza entre dos sitios (Calderón-Patrón y Moreno, 2019). Este método permite diferenciar qué componente es el que influye en la diversidad beta entre sitios, épocas y tipos de trampas. Para ello, calcula el índice de disimilitud de Jaccard y pondera la proporción de cada componente de beta para los sitios, épocas y tipos de trampa. Los análisis se llevaron a cabo con el software R versión 3.4.4 (R Development Core Team, 2015).

7. RESULTADOS

En la zona de estudio, que incluye los tres sitios del gradiente altitudinal, se colectaron un total de 3,428 individuos que pertenecen a 28 especies, 16 géneros y cuatro subfamilias de Scarabaeidae que se enlistan a continuación.

7.1 Listado taxonómico

Lista taxonómica de Scarabaeidae de un gradiente altitudinal en La Misión, Hidalgo (ordenados alfabéticamente).

Subfamilia Aphodiinae

Tribu Aphodiini

Gonaphodiopsis deloyai Dellacasa et al., 2012

Haroldiellus sallei Harold, 1863

Tribu Eupariini

Ataenius sp.

Subfamilia Ceratocanthinae

Tribu Ceratocanthini

Cerotocanthus sp.

Subfamilia Hybosorinae

Anaides laticollis Harold, 1863

Subfamilia Scarabaeinae

Tribu Ateuchini

Uroxys deavilai Delgado & Kohlmann, 2004

Tribu Canthonini

Subtribu Canthonina

Canthon cyanellus LeConte, 1859

Canthon imitator Brown, 1946

Canthon indigaceus LeConte, 1866

Canthon) circulatus Harold, 1868

Canthon sp.

Deltochilum gibbosum Bates, 1887

Deltochilum mexicanum Burmeister, 1848

Deltochilum scabriusculum Bates, 1887

Subtribu Sisyphina

Sisyphus submonticolus Howden, 1965

Tribu Coprini

Subtribu Coprina

Copris incertus Say, 1835

Copris sp.

Tribu Dichotomiini

Subtribu Dichotomiina

Dichotomius amplicollis Harold, 1869

Ontherus mexicanus Harold, 1868

Tribu Eurysternini

Eurysternus magnus Castelnau, 1840

Eurysternus mexicanus Harold, 1869

Tribu Onthophagini

Onthophagus cyanellus Bates, 1887

Onthophagus incensus Say, 1835

Onthophagus lecontei, Harold, 1871

Onthophagus sp. cercano a *lecontei*

Tribu Phanaeini

Subtribu Phanaeina

Coprophanaeus corythus Harold, 1863

Coprophanaeus pluto Harold, 1863

Phanaeus amethystinus Harold, 1863

7.2 Diagnósis de especies

Subfamilia Aphodiinae, tribu Aphodiini, *Gonaphodiopsis deloyai* Dellacasa et al., 2012

Diagnósis. Longitud del cuerpo 4.0-4.5. Coloración marrón rojizo en todo el cuerpo. Cabeza con epistoma débilmente convexa, densa y uniforme; clípeo débilmente sinuoso en el medio, redondo en los lados. Pronoto transversal, moderadamente convexo, doblemente perforado con puntuación densa y casi uniforme dispersa por todas partes. Escutelo alargado, algo deprimido lateralmente, finamente perforado en la mitad basal. Élitros alargados ligeramente ensanchados posteriormente; interestrías débilmente convexas en el disco, algo más convexas en el declive pre apical (Dellacasa et al., 2012).

Distribución geográfica: en México se conoce de Oaxaca, Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Dellacasa et al., 2012). En Hidalgo se ha registrado de Tlanchinol y **La Misión** (Minor, 2017).

Tribu Aphodiini, *Haroldiellus sallei* Harold, 1863

Diagnósis. Longitud del cuerpo 4.5-5.5 mm. Cuerpo ovalado, robusto y con una coloración marrón oscuro. Presenta un clípeo carente de dientes y flecos setales. Estrías elitrales profundas, gruesas y punteadas. Superficie dorsal protibial con hileras indistintas de puntuaciones (Rivera-Gasperín y Escobar-Hernández, 2020).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Pueblas, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Querétaro, Quintana Roo, Yucatán y Zacatecas (Cabrero-Sañudo et al., 2010). En Hidalgo se ha registrado de Jacala de Ledezma, **La Misión**, Metztitlán y Molango de Escamilla (Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Costa Rica, Guatemala y Nicaragua (Deloya et al., 2016).

Datos biológicos: es una especie de hábitos coprófagos y actividad nocturna (Deloya et al., 2016).

Tribu Eupariini, *Ataenius* sp.

Diagnosis (con base en los caracteres diagnósticos del género). Longitud del cuerpo 3.0-4.8 mm. Cabeza convexa, lisa o punteada, raramente tuberculada o con carenas transversas; margen anterior del clípeo redondeado, angulado o dentado. Pronoto sin depresiones transversas y engrosamientos o carinas; pigidio parcialmente expuesto, con o sin surco basal para recibir a los dientes ventrales de los ápices elitrales; metatibias sin carenas transversas y ligeramente arqueada, ángulo apical externo siempre prolongado y frecuentemente espiniforme; artejos tarsales usualmente largos, nunca cortos y triangulares en vista lateral; metatarsos con pocas sedas ventrales (Deloya, 1994).

Tribu Ceratocanthini, *Ceratocanthus* sp.

Diagnosis (con base en los caracteres diagnósticos del género). Longitud del cuerpo 2.5-9.1 mm. Ojos alargados y moderadamente grandes. Dorso brillante en ocasiones con reflejos metálicos. Margen anterior del clípeo obtusamente angulado en su parte media. Pronoto siempre convexo, sin tubérculos en el disco. Élitros glabros, con o sin estrías en el centro del disco, frecuentemente con varios intervalos regulares elevados cerca del margen lateral o del ápice. Protibias con dos o tres dentículos apicales, meso y metatibias aplanadas. Cuando se doblan ventralmente forman una esfera compacta casi perfecta (Howden, 2003).

Subfamilia Hybosorinae, *Anaides laticollis* Harold, 1863

Diagnosis. Longitud del cuerpo 5.9-8.1 mm. Color pardo oscuro a pardo grisáceo o rojizo; la mayor parte del tegumento es poco brillante, pero las quillas destacan por su brillo. Pronoto con dos quillas longitudinales centrales muy notables. Entre la sutura elitral y la quilla húmero-apical

existen indicios de tres quillas longitudinales, una de las cuales termina en un notable abultamiento sobre el callus apical. Protibias con tres dentículos en el borde externo y 8-9 dentículos muy pequeños intercalados o sinuados en la porción basal (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca y Veracruz (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, **La Misión**, Tepehuacán de Guerrero y Xochicoatlán (Morón, 2003; Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, y Panamá (Ocampo et al., 2006).

Datos biológicos: es una especie de hábitos copro-necrófagos, ya que se le conoce por alimentarse de estiércol y carroña (Ocampo et al., 2006).

Subfamilia Scarabaeinae, tribu Ateuchini, *Uroxys deavilai* Delgado y Kohlmann, 2007

Diagnosis. Longitud del cuerpo 2.9-4.3 mm, anchura máxima 1.8 y 2.6 mm. Forma oval, con una coloración dorsal del cuerpo que va de café-rojiza a obscura-negra. Dorsalmente el cuerpo es muy liso, sin puntuaciones evidentes y sin sedas. Cabeza con el clípeo bidentado, separado por una escotadura en forma de V muy abierta, dientes pequeños y curvos. Superficie dorsal de la cabeza muy fina. La base del clípeo punteada. Élitros moderadamente convexos, muy débilmente punteados, con una pequeña protuberancia humeral, estrías poco profundas y evidentes; ápices elitrales aplanados, proyectándose más allá del pigidio. Protibias alargadas con margen interno sinuado (Solís y Kohlmann, 2013).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Chiapas, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Oaxaca, Quintana Roo, Veracruz y Yucatán (Delgado y Kohlmann, 2007). En Hidalgo se ha registrado de Huautla, **La Misión** y San Felipe Orizatlán (Halfpter et al., 2008, Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Colombia, Costa Rica, Honduras, Guatemala, Nicaragua y Panamá (Delgado y Kohlmann, 2007).

Comentarios taxonómicos: *Uroxys* es un género muy heterogéneo, con posibilidades de ser un grupo polifilético, con la necesidad de una revisión global de todas las especies que lo conforman. Anteriormente el género era ubicado en la tribu Dichotomiini, pero a raíz de análisis filogenéticos se propone un nuevo esquema de clasificación donde el género queda dentro de la tribu Ateuchini (Solís y Kohlmann, 2013).

Datos biológicos: es una especie de hábitos copronecrófagos, ya que se ha colectado tanto en trampas con excremento como con carroña en descomposición (Delgado y Kohlmann, 2007).

Tribu Canthonini, subtribu Canthonina, *Canthon cyanellus* LeConte, 1859 (Fig. 10A)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 6.8-10.0 mm. Cuerpo de forma elíptica, borde cefálico anterior cuadridentado; los dos dientes centrales de forma triangular, agudos y evidentes, los dientes laterales también triangulares, pero más anchos y menos agudos. Parte anterior de la cabeza, sobre todo los dientes centrales, recurvada hacia arriba; base de los dientes notablemente deprimida. Ángulos anteriores del pronoto no muy agudos y amplios. Élitros con estriación fina, pero claramente visible, la estría humeral puede estar aquillada. Separación entre el pigidio y propigidio marcada, por ser el propigidio más alto y forma una leve quilla (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Colima, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Huautla, Huejutla de Reyes, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Pacula, Pisaflores, San Felipe Orizatlán y Tepehuacán de Guerrero (Halffter et al., 2008; Márquez et al., 2017; Ortega, 2010). Fuera de México se registra de Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Trinidad y Venezuela (CRBio, 2020).

Datos biológicos: es una especie rodadora, neotropical y de hábitos coprófagos. Ésta emerge en el campo en época de lluvia, entre mayo y septiembre. Después de 20 a 30 días, el

macho y la hembra cooperan para la elaboración y cuidado del nido. Posee tres estadios larvales, el primer estadio larval dura dos días, el segundo cinco días y el tercero dos días (Hernández-Martínez y Martínez, 2003).

Canthon imitator Brown, 1946

Diagnosis. Longitud del cuerpo 10.3-16.5 mm. Superficie dorsal de color negro con leves tonalidades azuladas, moradas o verdosas, pero con granulación brillante. Cabeza, pronoto y élitros con granulación densa; los gránulos en algunos casos están aplanados. Presenta un clipeo bidentado, los dos dientes clipeales sólo sobresalen en forma poco acentuada, pero la escotadura entre ellos está muy marcada. Ángulos anteriores del pronoto muy agudos, bordes laterales en forma de ángulo obtuso de ápice redondeado, ángulos posteriores no redondeados, obtusos, muchas veces con el ápice aguzado. Propigidio separado del pigidio por una pequeña depresión transversal que produce la impresión de una quilla poco marcada (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Durango, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, Tamaulipas, San Luis Potosí y Sonora (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Atotonilco el Grande, Cuauhtepac de Hinojosa, Eloxochitlán, Epazoyucan, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Metztlán, Metzquitlán, Mineral del Monte, Molango, Pacula, Zacualtipán y Zimapán (Halfpter et al., 2008; Márquez et al., 2017; Ortega, 2010). Distribución fuera de México: Estados Unidos (Morón, 2003).

Datos biológicos: es una especie rodadora, de actividad diurna y hábitos coprófagos, la cual se distribuye hasta los límites de la región Neártica (Halfpter, 2003).

Canthon indigaceus LeConte, 1866

Diagnosis. Longitud del cuerpo 7.8-12.5 mm. Cuerpo de forma oval, convexa, sobre todo el pronoto muy convexo. Presenta una coloración brillante verde, azul-verdosa o azul. Excepcionalmente el punteado del pronoto es muy marcado, generalmente no lo está; élitros con

punteado fino, poco marcado. Borde cefálico anterior bidentado. Ángulos anteriores del pronoto muy agudos, pero amplios; bordes laterales redondeados, forman un amplio ángulo obtuso. Élitros con impresiones escutelares poco marcadas, limitadas a la base de la sutura elitral. Estriación fina, pero claramente visible. Separación entre pigidio y propigidio en forma de quilla claramente visible (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Ciudad de México, Chiapas, Colima, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Veracruz y Yucatán (Delgado y Márquez, 2006; Márquez et al., 2017). En Hidalgo se ha registrado de Atlapexco, **La Misión**, San Felipe Orizatlán, Tepehuacán de Guerrero y Tlanchinol (Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra desde Estados Unidos y Panamá (Delgado y Márquez, 2006).

Datos biológicos: es una especie rodadora, de actividad diurna y hábitos coprófagos (Bastos-Estrella et al., 2012; Martínez et al., 2019).

Canthon circulatus Harold, 1868

Diagnosis. Longitud del cuerpo 4.0-5.0 mm. Coloración de la parte dorsal de color azul, verde oscuro o negro. Superficie ventral del metaesternón y de los fémures de color similar al de la superficie dorsal, abdomen más oscuro que el metaesternón. Pronoto y élitros poco brillantes. Puntuación de la cabeza y pronoto abundante, fina y homogénea, menos marcada en la cabeza. Tibias de color castaño (Rivera-Cervantes y Halffter, 1999).

Distribución geográfica: en México se conoce de Hidalgo, Oaxaca, San Luis Potosí y Veracruz (Rivera-Cervantes y Halffter, 1999). En Hidalgo se ha registrado de Atlapexco, Chapulhuacán, Huautla, **La Misión**, San Felipe Orizatlán, Tepehuacán de Guerrero y Molango (Márquez et al., 2017; Rivera-Cervantes y Halffter, 1999).

Datos biológicos: es una especie rodadora, de actividad diurna y hábitos coprófagos (Rivera-Cervantes y Halffter, 1999).

Canthon sp.

Diagnosis (con base en la observación de dos individuos machos). Longitud del cuerpo 4.7-4.8 mm, cabeza y pronoto verde brillante. Clípeo con dos dientes centro-apicales algo elevados, con la sutura media en forma de V; línea por debajo de los dientes no distinguible. Mitad de la cabeza con puntuación densa y un poco rugosa; mitad posterior con puntuación más dispersa y superficie con tenue microescultura chagrinada. Región central de la cabeza con tres abultamientos en posición triangular, con el central más grande que los laterales. Pronoto con puntuación densa y homogéneamente distribuida, superficie lustrosa que contrasta con lo opaco de los élitros debido a su microescultura chagrinada densa. Élitros más oscuros (tonalidad verde o azul oscura) con siete suturas claramente visibles, con algunas puntuaciones sobre ellas; anchura máxima elitral 2.9-3.0 mm. Tibias de las patas anteriores con tres espinas grandes de forma triangular en la mitad apical del margen externo; ápice tibial menos recto, con el espolón apical corto y delgado. Pigídio con microescultura como en los élitros y puntuaciones dispersas.

***Deltochilum gibbosum* Bates, 1887 (Fig. 10B)**

Diagnosis. Longitud del cuerpo 22.0-28.0 mm. Clípeo cuadridentado, ángulos protorácicos agudos, bien marcados, pero no salientes; entre estos ángulos y los laterales, el borde es casi recto y con una curva regular entre los ángulos laterales y los posteriores. Pronoto con punteado denso y marcado, con algunos gránulos entre los puntos. Interestrías elitrales con punteado fuerte y denso, estrías bien marcadas. En machos los discos con una fuerte gibosidad, metaesternón con dos tubérculos en su parte posterior (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Puebla, Querétaro, Sinaloa, San Luis Potosí, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, Huautla, La Misión, San Felipe Orizatlán y Tepehuacán de Guerrero (Halfpter et al., 2008; Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Nicaragua (Morón, 2003).

Datos biológicos: es una especie rodadora de hábitos necrófagos (Cancino-López et al., 2014).

Deltochilum mexicanum Burmeister, 1848

Diagnosis. Longitud del cuerpo 19.0-24.0 mm. Cuerpo alargado, poco convexo. Clípeo bidentado, la maza antenal de color amarilla (en otras especies mexicanas el color de la maza antenal es café oscuro o negra), ángulos anteriores del pronoto agudos, salientes; ángulos laterales rectos, ángulos posteriores prolongados hacia atrás, dentiformes. Borde lateral del pronoto escotado entre los ángulos anteriores y los laterales; borde posterior bisinuado a cada lado de la línea media que en ejemplares grandes se prolonga en ángulo. Élitros redondeados, estrías finas y punteadas, puntos no umbilicados; interestrías con arrugas transversales finas, con un punteado fino y granulación entremezclados; disco elitral de los machos giboso (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Durango, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro y Veracruz (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de, Chapulhuacán, Juárez Hidalgo, La Misión, Molango, Tepehuacán de Guerrero, Tlahuiltepa, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán (Halfpter et al., 2008; Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Panamá y Perú (Huerta et al., 2016).

Datos biológicos: es una especie rodadora, de actividad nocturna y hábito necrófago (Cancino-López et al., 2014; Huerta et al., 2016).

Deltochilum scabriusculum Bates, 1887 (Fig. 10C)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 21.0-27.0 mm. Coloración negro brillante. Cuerpo ovalado. Clípeo con dos dentículos. Pronoto transversal, con dos ángulos anteriores bien marcados, ligeramente sinuado entre los ángulos laterales y los posteriores, presenta un punteado más disperso y fino hacia el frente. Élitros con superficie rugosa, rugosidades brillantes, y entre ellas con zonas mates con grandes puntos. Tarsos anteriores gruesos y cortos (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Veracruz (Génier, 2012; Márquez et al., 2017). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, Huautla, **La Misión**, San Felipe Orizatlán y Tepehuacán de Guerrero (Delgado y Márquez, 2006; Márquez et al., 2017; Morón y Márquez, 2012). Fuera de México se registra de Belice, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos y Guatemala (Génier, 2012).

Datos biológicos: es una especie rodadora, de actividad nocturna y hábitos coprófagos (Bastos-Estrella et al., 2012).

Subtribu Sisyphina, ***Sisyphus submonticolus*** Howden, 1965 (Fig. 10D)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 7.8-9.6 mm. Pronoto con punteado amplio y difuso. Disco del pronoto con un surco longitudinal amplio y depresiones oblicuas poco profundas pero notables. Superficie de los élitros con estrías longitudinales claramente marcadas por puntos setíferos crenuloides. Metatibias con una hilera de 8-9 dentículos notables en el borde inferior (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Durango, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Puebla y Sinaloa (Morón et al., 2000). En Hidalgo se ha registrado de Jacala de Ledezma, **La Misión**, Pacula, San Felipe Orizatlán y Tepehuacán de Guerrero (Márquez et al., 2017).

Datos biológicos: es una especie que se alimenta de excremento, aunque también se han colectado con necrotrampas (Zunino, 2017), por lo que se puede considerar como una especie copro-necrófaga.

Tribu Coprini, subtribu Coprina, *Coprís incertus* Say, 1835

Diagnosis. Longitud del cuerpo 12.0-20.0 mm. Cuerno frontal en machos con una longitud de aproximadamente igual a la distancia interocular en individuos bien desarrollados. Tubérculo secundario detrás del cuerno cefálico con una inclinación hacia adelante, prominencias cónicas prono-laterales. Protibias con cuatro dentículos en el borde externo, aunque el proximal es muy pequeño y con un espolón expandido distalmente. En hembras el cuerno cefálico es truncado y apicalmente excavado en individuos desarrollados. Élitros con ocho estrías visibles, abdomen con seis esternitos visibles, no fusionados o sobrepuestos (Morón, 2003; Darling y Génier, 2018).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Chiapas, Colima, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (SNIB-CONABIO, 2018; Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Atlapexco, Chapulhuacán, Epazoyucan, Huautla, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Lolotla, Molango, Pisaflores, San Bartolo Tutotepec, San Felipe Orizatlán, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Zacualtipán y Zimapán (Halffter et al., 2008; Márquez et al., 2017; Darling y Génier, 2018). Fuera de México se registra de Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú (Darling y Génier, 2018; SNIB-CONABIO 2018).

Comentarios taxonómicos: el complejo de especies de *Coprís incertus* incluye *Coprís incertus*, *C. laeviceps* Harold 1862 y *Coprís lugubris* Boheman, 1858. En los últimos años se ha revisado la organización del complejo de especies de *C. incertus* y se ha propuesto un nuevo complejo de especies, el complejo *C. laeviceps*, que incluye a *C. davidi* Darling & Génier, 2018,

C. igualensis Warner, 1990 y *C. laeviceps*, que anteriormente era incluido en el complejo de *C. incertus* (Darling y Génier, 2018).

Datos biológicos: es una especie cavadora, de actividad nocturna, con hábitos coprófagos y de distribución neotropical. Las hembras son las encargadas de elaborar el nido y cuidarlo hasta que la progenie emerge (Cruz y Huerta, 1998).

***Copris* sp.**

Diagnosis (con base en dos ejemplares machos observados). Longitud del cuerpo 13.2-14.6 mm. Cabeza con puntuaciones anchas y densas, excepto alrededor del cuerno frontal donde son menos densas; cuerno frontal largo, delgado, algo rugoso en su parte basal-interna y un poco recurvado hacia atrás; sin cuerno pequeño detrás del frontal, ni ningún otro cuerno; margen anterior del labro poco recurvado, casi recto. Pronoto con dos proyecciones centrales más o menos romas y dirigidas hacia adelante, moderadamente elevadas; sin proyecciones a los lados de las centrales, pero sí con una zona hundida a manera de hueco en cada lado; esquinas anteriores agudas, aplanadas, con los márgenes no aserrados; con carena lateral tenuemente desarrollada, no tan claramente visible (por ejemplo, como en *C. armatus*); con puntuaciones anchas y densas en la mayor parte del pronoto. Anchura máxima elitral 7.1-7.6 mm y las ocho estrías elitrales cubiertas con puntuaciones anchas. Pigidio con puntuaciones anchas moderadamente densas, con sus márgenes carenados. Edéago 3.5 mm de longitud, zona apical ligeramente inclinada respecto a la parte basal, parámetros con forma aplanada-alargada; ápice del edéago con un pequeño pico.

Nota: hembras desconocidas (no colectadas). Esta especie no corresponde con ninguna de las cuatro especies registradas para Hidalgo por Márquez et al. (2017), pues se comparó con cada una de ellas. No fue posible su identificación a nivel de especie por la carencia de una mejor representación de especies mexicanas de este género en la colección de referencia (CC-UAEH), la carencia de claves y el atraso que ha provocado la pandemia para recibir la ayuda por parte de un

especialista en el grupo. Al menos se consultó el estudio de Darling y Génier (2018) que analiza las especies del complejo *incertus* y debido a la ausencia de un pequeño cuerno cefálico por detrás del cuerno central principal, así como de una parte aserrada en la esquina anterior del pronoto, se descarta su inclusión en este grupo de especies.

Tribu Dichotomiini, subtribu Dichotomiina, *Dichotomius amplicolis* Harold, 1869

Diagnosis. Longitud del cuerpo 15.5-22.5 mm. Cuerpo de color pardo oscuro a negro. Cabeza y pronoto con puntuaciones no muy diferentes. Machos con protuberancia trituberculada en el área central de la cabeza, siendo la central más elevada que las laterales, truncada y excavada en su parte central; las hembras y machos pocos desarrollados presentan una quilla frontal con cuatro dientes, los centrales más elevados que los laterales. El macho presenta un pronoto casi vertical y plano en su parte anterior, con fosetas laterales; en las hembras y machos desarrollados es redondeada. Élitros con ocho estrías (incluyendo la supraepipleural) finas, marcadas y con punteado a veces crenulado, puntos muy separados y anchura elitral máxima de 9.0-13.5 mm La superficie elitral varía en la intensidad de la microtextura chagrinada (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Chiapas, Chihuahua, Guerrero, **Hidalgo**, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Sinaloa y Veracruz (Morón, 2003). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, Huautla, **La Misión**, Otongo, San Felipe Orizatlán y Xochicoatlán (Halffter et al., 2008; Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Guatemala y Panamá (Morón, 2003).

Comentarios taxonómicos: anteriormente las especies *D. amplicolis* y *D. sagittarius* se consideran especies diferentes, pero a raíz de la comparación de los genitales de machos, se observó que su morfología coincide, así como caracteres externos, presentan el mismo tipo de estrías elitrales finas y puntuación de las interestrías también finas, y finalmente el carácter utilizado por Harold para diferenciar a *D. amplicolis* de *D. sagittarius* era un cuerno cefálico muy desarrollado,

pero debido a la variabilidad de este carácter dentro de una misma especie, no puede ser utilizado para su distinción, por lo que se concluyó que hay una sinonimia entre ambas (López-Guerrero, 2005).

Datos biológicos: es una especie de hábitos coprófagos (Mieles y Lerna, 2009).

Ontherus mexicanus Harold, 1868 (Fig. 10E)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 10.0-16.0 mm. Cuerpo uniformemente negro o pardo rojizo, brillante. Interestrías fuertemente impresas cerca de los puntos redondeados y umbilicados de las estrías. Lóbulo medio del metaesternón con márgenes laterales, pero sin carena fina longitudinal anterior. Machos con un cuerno ancho y corto en la frente y las carenas pronotales longitudinales paralelas y un tubérculo a cada lado. Hembras con una hilera transversal de cuatro tubérculos pequeños en el pronoto (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Colima, Hidalgo, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz (Morón, 2003; Huerta et al., 2016). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, Eloxochitlán, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Lolotla, Molango, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol, Xochicoatlán y Zacualtipán (Halffter et al., 2008, Márquez et al., 2017; Morón, 2003). Fuera de México se registra de Guatemala (Morón, 2003).

Datos biológicos: es una especie cavadora, de actividad nocturna, hábitos coprófagos y se encuentra con frecuencia en zonas abiertas (Huerta et al., 2016).

Tribu Eurysternini, *Eurysternus magnus* Laporte de Castelnau, 1840 (Fig. 10F)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 12.5-18.0 mm. La coloración del cuerpo va desde casi completamente verde oliva oscuro a marrón cobrizo, con manchas más o menos de color anaranjado oscuro en la parte ventral y élitros. Pronoto casi completamente oscuro, cabeza con puntuaciones simples, borde anterior del clípeo débilmente trisinuado. Pronoto con superficie

convexa, provisto de seis pequeños callos brillantes dispuestos en un hexágono. Élitros con superficie de color mate, microescultura y estrías muy finas, interestrías sin puntuaciones visibles. Pigidio con superficie y puntuación uniforme, la base profundamente surcada (Génier, 2009).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, Quintana Roo, Tamaulipas y Veracruz (Génier, 2009; Halffter et al., 2008). En Hidalgo se ha registrado de Jacala de Ledezma, La Misión, Molango, Tlanchinol, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero y Zimapán (Halffter et al., 2008; Ortega, 2010, Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá (Génier, 2009).

Datos biológicos: es una especie de hábitos coprófagos (Sánchez-Hernández et al., 2018).

Eurysternus mexicanus Harold, 1869

Diagnosis. Longitud del cuerpo 8.0-12.0 mm. Coloración parda oscura con algunos reflejos bronceados. Cabeza con puntuación simple y muy fina, borde anterior del clípeo sinuoso, recurvado en la base y sin dientes; superficie del pronoto convexa, mate, con puntuación simple y regularmente repartida, y con tres callosidades más o menos lustrosas. Prosternón plano y sin carenas en el reborde posterior de las coxas, margen posterior regularmente arqueado, superficie mate, con puntuación gruesa y medianamente bien definida. Metaesternón con una depresión circular central. Carena humeral alargada. Metafémur con una saliente dentiforme situada entre la mitad del margen posterior y el extremo distal (Morón, 2003; Camero, 2010).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, Tabasco, Tamaulipas y Veracruz (Delgado y Márquez, 2006; Huerta et al., 2016). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, Huautla, **La Misión**, Molango, Pisaflores, San Felipe Orizatlán, Tlanchinol y Tepehuacán de Guerrero (Delgado y Márquez, 2006, Márquez et

al., 2017). Fuera de México se registra de Colombia, Costa Ricas, Guatemala, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Delgado y Márquez, 2006; Huerta et al., 2016)

Datos biológicos: es una especie moradora (no entierra ni remueve el excremento, solo permanece dentro o por debajo de la boñiga), de actividad diurna y generalista en sus hábitos alimenticios (Guerrero-Guerrero et al., 2013; Huerta et al., 2016).

Tribu Onthophagini, *Onthophagus cyanellus* Bates, 1887

Diagnosis. Longitud del cuerpo 6.0-10.0 mm. Dorsalmente la coloración del cuerpo es negra con brillo verde, azulado o en menos casos cobrizo. Ventralmente el cuerpo incluyendo las patas presenta una coloración semejante a la dorsal. Borde anterior de la cabeza redondeado. Área dorsal y anterior de la cabeza lisa sin tubérculos o elevaciones y con una carena transversal en la frente, siendo más baja en medio. Dorsal y anteriormente el pronoto presenta una protuberancia medial hacia adelante que en los machos bien desarrollados es bifurcada. Superficie cubierta de puntuaciones simples. Élitros con 8 estrías bien marcadas, incluyendo la supraepipleural y las áreas laterales anteriores. Patas anteriores con tarsos presentes, y tibias con cuatro dientes claramente visibles en su borde externo (Kohlmann y Solís, 2001).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas y Veracruz (Morón, 2000). En Hidalgo se ha registrado de Eloxochitlán, **La Misión**, Molango de Escamilla, San Felipe Orizatlán, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo, Tlahuiltepa, Tlanchinol, Xochicoatlán, Zacualtipán de Ángeles y Zimapán (Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Costa Ricas, Guatemala y Panamá (Kohlmann y Solís, 2001; Pulido y Zunino, 2007).

Datos biológicos: es una especie copronecrófaga, ya que los individuos adultos son atraídos con excremento y carroña (Morón, 200).

***Onthophagus incensus* Say, 1835**

Diagnosis. Longitud del cuerpo 6.5-12.0 mm. Forma de cuerpo ovalada. Color negro brillante, con tonos azulados o verdosos bajo la luz brillante. Ápice del clípeo de forma cuadrada o trapezoidal. Cabeza del macho con dos cuernos ligeramente curvados orientados verticalmente, hembra con una cresta transversal cerca de la base. Pronoto en machos de forma jorobada y con ángulos anteriores redondeados en ambos sexos. Tibia en machos ligeramente delgada y alargada, tibia femenina relativamente gruesa (Dunlap et al., 2015).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Querétaro, Tamaulipas y Veracruz (Halfpter et al., 2008; Cancino-López et al., 2014). En Hidalgo se ha registrado de Acatlán, Chapulhuacán, Huasca de Ocampo, Huautla, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Lolotla, Molango, Pachuca de Soto, Pacula, Pisaflores, San Felipe Orizatlán, Tepehuacán de Guerrero, Tianguistengo, Tolcayuca, Tlanchinol, Xochicoatlán, Zacualtipán y Zimapán (Halfpter et al., 2008, Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Venezuela (Pulido y Zunino, 2007).

Datos biológicos: es una especie cavadora, de actividad diurna, hábitos coprófagos y típica de áreas abiertas (Cancino-López et al., 2014; Huerta et al., 2016).

***Onthophagus lecontei*, Harold, 1871**

Diagnosis. Longitud del cuerpo 5.7-7.0, ancho máximo de 3.4-4.0. Clípeo grueso, de coloración negro mate, en algunos especímenes rugoso lateralmente. Pronoto con línea marginal completa excepto obsoleta cerca de los ángulos posteriores. La protuberancia pronotal se estrecha hasta el ápice romo, de aproximadamente 0.6 a 0.8 mm de ancho. Élitros con estrías no impresas, representadas por una doble línea brillante interrumpida a intervalos irregulares por pequeñas puntuaciones superficiales. Pigidio toscamente punteado, superficie completamente opaca a brillante en los dos tercios apicales. Tibia anterior con espolón apical moderadamente delgado,

curvado gradualmente hasta el ápice agudo. Esternitos abdominales cada uno con una hilera transversal de perforaciones (Howden y Génier, 2004).

Distribución geográfica: en México se conoce de Ciudad de México, Durango, Estado de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Zacatecas (Delgado y Márquez, 2006). En Hidalgo se ha registrado de Acatlán, Huasca, Jacala de Ledezma, **La Misión**, Metztlán, Mineral de la Reforma, Pachuca de Soto, Zacualtipán de Ángeles, Zempoala y Zimapán (Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Estados Unidos (Pulido y Zunino, 2007).

Datos biológicos: es una especie cavadora de hábitos coprófagos (Arellano et al., 2017)

***Onthophagus* sp.** (cercano a *lecontei*)

Diagnosis (con base en la observación de un ejemplar macho). Longitud total 6.0 mm; anchura máxima elitral 3.3 mm. Cuerpo negro, un tanto lustroso. Superficie dorsal del cuerpo glabra. Margen lateral de la cabeza, por enfrente del nivel del ojo, expandido en forma arqueada; labro claramente elevado, un poco convexo en medio, en su base está un poco hundido; superficie dorsal con puntuaciones moderadamente densas y con microescultura chanigrada visible. Pronoto con puntuaciones más densas que en la cabeza, con todos sus márgenes carenados, aunque es menos visible en la parte media del margen posterior; porción anterior-media (cerca del margen anterior) con una proyección corta y ancha (o chata). Élitros con 7 estrías cada uno claramente visibles; con microescultura chanigrada más evidente en el pronoto y puntuaciones un poco más pequeñas. Tibias de las patas anteriores muy largas y delgadas, un poco recurvadas hacia adelante, con un mechón de sedas claras y largas en su ápice, margen externo con 4 espinas (o dentículos) de tamaño moderado a pequeño y con punta roma. Pigidio con microescultura y puntuaciones como en los élitros, con sus márgenes carenados, pero menos notable en el margen anterior. Edéago

pequeño (1.4 mm de longitud), con el ápice dirigido hacia abajo y los parámetros aplanados en el ápice, terminando en una pequeña punta.

Nota: El ejemplar analizado no fue posible identificarlo a nivel de especie, pues no coincide con ninguno representado en la colección de referencia (CC-UAEH) y porque se trata de uno de los géneros de escarabajos y de todos los insectos con una gran cantidad de especies descritas, y un gran número sin describir (Moctezuma y Halffter., 2019), por lo que es muy complicada su identificación. Es parecida a dos de las especies depositadas en la CC-UAEH, *O. landolti* y *O. lecontei*, con las que comparte una longitud del cuerpo similar (especies de tamaño pequeño), los márgenes laterales de la cabeza expandidos en forma arqueada, una proyección central en el pronoto cerca del margen anterior y las patas delanteras muy largas, en especial las tibias. Esta morfoespecie se distingue con facilidad de las dos anteriores (*O. landolti* y *O. lecontei*) por carecer de sedas en su superficie dorsal, por su coloración negra homogénea, un poco brillante, y por su proyección pronotal corta y chata. Mientras que *O. landolti* y *O. lecontei* tienen sedas algo largas y de color claro en el pronoto y los élitros, su proyección pronotal en los machos es más grande y aguda, *O. lecontei* es negro con algunos reflejos metálicos verdosos en la cabeza y la parte anterior del pronoto; mientras que *O. landolti* es negro con café-rojizo, este último color se ve en los márgenes laterales del pronoto, las patas y en los élitros se intercalan bandas de ese color con negro.

Tribu Phanaeini, subtribu Phanaeina, *Coprophanaeus corythus* Harold, 1863

Diagnosis. Longitud del cuerpo 16.0-28.0 mm. Coloración metálica, de verde a verde-amarillento, clipeo fuertemente angular. Superficie posterior ventral de la protibia completamente granulosa. Machos con la base de la asta cefálica con lados convergentes, superficie anterior débilmente cóncava, ángulos laterales agudamente tuberculados. Cuerno pronotal en forma de silla de montar, sin lóbulos laterales agudos, flanqueado por concavidades poco profundas. Hembras

con carena cefálica trituberculada, débilmente arqueada en la parte anterior (Edmonds y Zidek, 2010).

Distribución geográfica: en México se conoce de Campeche, Chiapas, Guerrero, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo y Veracruz (Edmonds y Zidek, 2010; Huerta et al., 2016). En Hidalgo se ha registrado de Chapulhuacán, **La Misión** y Tepehuacán de Guerrero (Edmonds y Zidek, 2010; Márquez et al., 2017), Fuera de México se registra de Belice, Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú y Venezuela (Edmonds y Zidek, 2010; Huerta et al., 2016).

Datos biológicos: es una especie cavadora, de actividad nocturna y de hábito necrófago (Cancino-López et al., 2014; Huerta et al., 2016).

Coprophanaeus pluto Harold, 1863

Diagnosis. Longitud del cuerpo-15.0-25.0 mm. Anchura humeral de los élitros entre 12.0-15.0 mm. Presenta una coloración negra uniforme, poco brillante con excepción de la coloración metálica de verde a verde amarillento en el pronoto y pigidio. Dientes del clípeo normales. Ojos normales, su anchura en la porción superior de un cuarto a un quinto de la distancia interocular. Frontales lisos, área paraocular completamente esculpida debilitándose más cerca del ojo. Interestrías elitrales débilmente convexas. Los machos grandes tienen una quilla frontal tridentada y una proyección voluminosa ampliamente bifurcada en el pronoto. Las hembras tienen una carena frontal trituberculada y una quilla transversal ligeramente hendida en el pronoto (Morón, 2003; Edmonds y Zidek, 2010).

Distribución geográfica: en México se conoce de Aguascalientes, Estado de México, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis

Potosí, Sinaloa, Sonora y Tamaulipas y Veracruz (Morón, 2003; Edmonds y Zidek, 2010). En Hidalgo se ha registrado de **La Misión** y de la Laguna de Atezca en Molango (Edmonds y Zidek, 2010). Fuera de México se registra de Estados Unidos y Guatemala (Edmonds y Zidek, 2010).

Datos biológicos: es una especie de hábitos necrófagos (Trevilla-Rebollar et al., 2010).

Phanaeus amethystinus Harold, 1863 (Fig. 10G)

Diagnosis. Longitud del cuerpo 13.0-25.0 mm. Anchura humeral 8.0-16.0 mm. Los individuos de esta especie presentan una coloración azul oscuro, intenso, brillante en el pronoto y élitros, que se caracteriza por tener las interestrías de los élitros brillantes y por la escultura del pronoto de la hembra, que es claramente rugosa en su parte media posterior (Morón, 2003).

Distribución geográfica: en México se conoce de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tabasco y Veracruz (Halffter et al., 2008, Lizar et al., 2017). En Hidalgo se ha registrado de Jacala de Ledezma, **La Misión**, Molango, Tenango de Doria, Tepehuacán de Guerrero, Tlanchinol y Zacualtipán (Halffter et al., 2008, Márquez et al., 2017). Fuera de México se registra de Guatemala (Edmonds, 1994).

Datos biológicos: es una especie cavadora de hábito necrófago (Cancino-López et al., 2014).

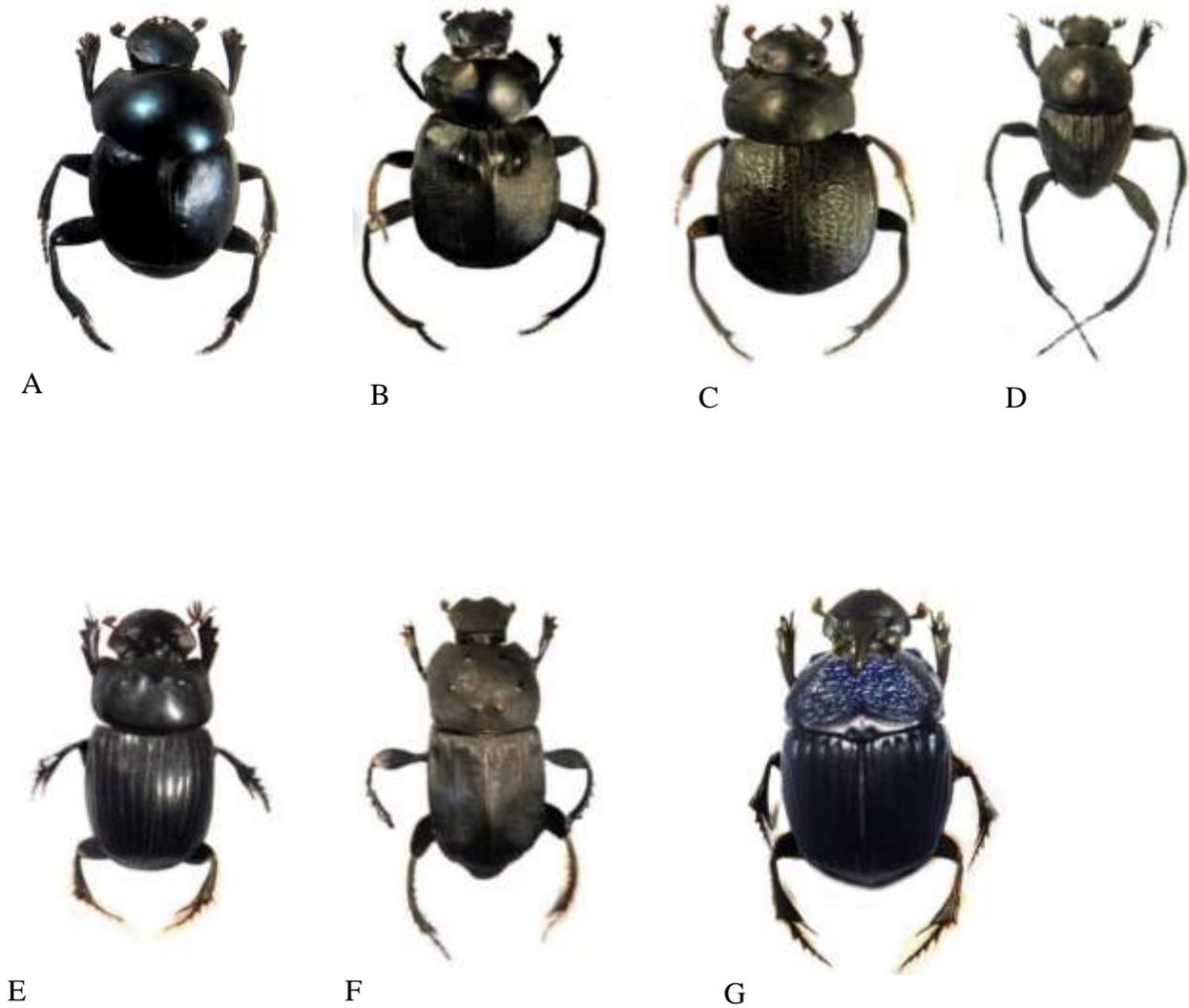


Figura 10. Vista dorsal de algunas especies de escarabajos capturadas en el gradiente de estudio: **A)** *Canthon cyanellus*, **B)** *Deltochilum gibbosum*, **C)** *Deltochilum scabriusculum*, **D)** *Sisyphus submonticolus*, **E)** *Ontherus mexicanus*, **F)** *Eurysternus magnus* y **G)** *Phanaeus amethystinus* (fotos tomadas por J. Asiain).

7.3 Resultados ecológicos

7.3.1. Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae en el gradiente altitudinal.

Se capturaron un total de 3,428 individuos y 28 especies, de los cuales 3,402 individuos y 23 especies pertenecen Scarabaeinae, siendo esta la subfamilia con mayor riqueza y abundancia para el gradiente (Tabla 1). Los géneros de mayor riqueza fueron *Canthon* con cinco especies, *Onthophagus* con cuatro especies y *Deltochilum* con tres especies. En general, la abundancia de los Scarabaeidae muestra que *Sisyphus submonticolus* fue la especie más abundante con 817 individuos, seguido de *Canthon cyanellus* con 698, *Dichotomius amplicolis* con 635 y *Deltochilum scabriusculum* con 410 individuos. Las especies con menor abundancia fueron *Uroxys deavilai* con cinco individuos, *Copris* sp. con cuatro y *Canthon imitator* con un solo individuo. En el anexo 1 se presenta una lista especies de Scarabaeidae y el gremio trófico al que pertenecen, donde los escarabajos coprófagos fueron los mejor representados con 19 especies, seguido de los escarabajos copronecrófagos con seis y necrófagos con tres especies.

Tabla 1. Riqueza y abundancia por subfamilias de Scarabaeidae colectadas a lo largo del gradiente altitudinal.

Subfamilias	Riqueza (número de especies)	Abundancia (número de individuos)
Aphodiinae	3	16
Ceratocanthinae	1	5
Hybosorinae	1	28
Scarabaeinae	23	3,379

A lo largo del gradiente se registraron especies con distribución restringida a un solo sitio. Para el sitio alto lo fueron *Deltochilum mexicanum*, *Ceratocanthus* sp. y *Gonaphodiopsis deloyai*; en el sitio medio *Copris* sp. fue exclusiva; mientras *Uroxys deavilai* y *Canthon imitator* se colectaron solo en el sitio bajo.

Las especies ampliamente distribuidas en los tres sitios del gradiente son *Phanaeus amethystinus*, *Onthophagus incensus*, *O. lecontei*, *Eurysternus magnus*, *Dichotomius amplicollis*, *Deltochilum scabriusculum*, *D. gibbosum*, *Copris incertus*, *Canthon cyanellus* y *C. circulatus*.

7.3.2. Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por sitios de muestreo del gradiente altitudinal.

La abundancia y riqueza de escarabeidos fue mayor en la parte más baja del gradiente (sitio bajo) con 2,796 individuos distribuidos en 22 especies, seguido de los sitios alto y medio con la misma riqueza de especies (19), pero diferentes abundancias, 373 y 259 individuos, respectivamente. En el anexo 2 se muestra que entre los tres sitios del gradiente se compartieron 10 especies, tres fueron exclusivas para el sitio alto, una para el sitio medio y sitio bajo. La especie con mayor abundancia en el sitio alto fue *Deltochilum mexicanum*, en el sitio medio fue *Eurysternus magnus* y en el sitio bajo fue *Sisyphus submonticolus*.

De acuerdo con los estimadores no paramétricos (Chao 1 y ACE), la completitud del inventario para el gradiente altitudinal alcanzó valores de 100% (Chao 1) y 99.99% (ACE). Mientras que la completitud del inventario por sitio señala que el sitio medio presentó el menor porcentaje de eficiencia de muestreo (Chao 1= 76.06% y ACE= 85.43%), faltando entre 3 y 5 especies por capturar (Fig. 11).

El sitio bajo mostró diferencias significativas en $q0$ (riqueza de especies) con respecto a los sitios medio y alto, siendo estos dos últimos los que no presentaron diferencias significativas en la riqueza de especies entre sí (Fig. 12A). Mientras que los valores de $q1$ (diversidad ecológica) indican que hay diferencias significativas entre los tres sitios, siendo el sitio alto el más diverso, seguido del sitio medio y el sitio bajo el menos diverso (Fig. 12B).

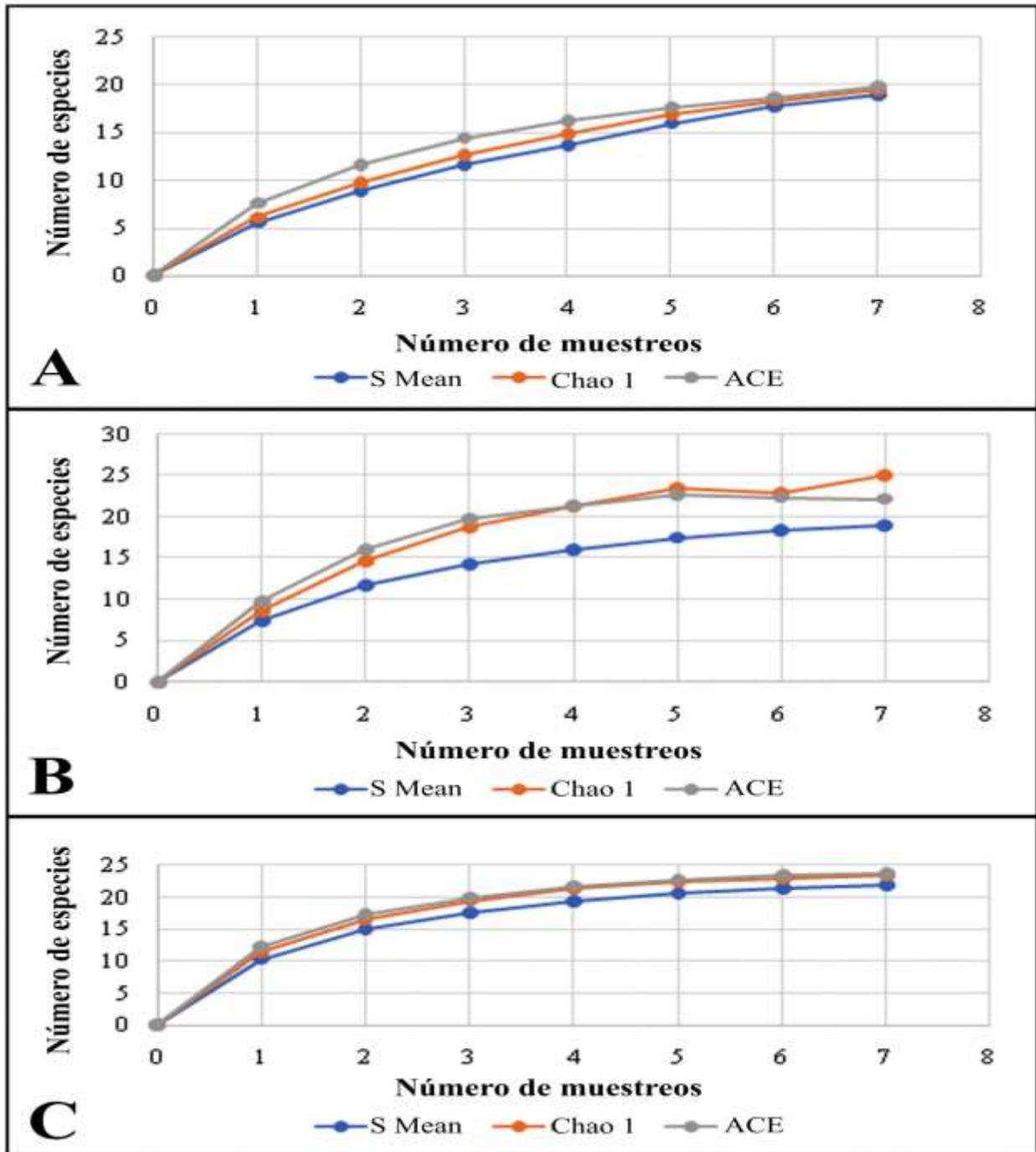


Figura 11. Curva de acumulación de especies de la familia Scarabaeidae con base en estimadores no paramétricos. A) sitios alto, B) sitio medio y C) sitio bajo. En naranja Chao 1, gris ACE y en azul riqueza de especies. El eje de las Y el número de especies y el eje de las X representa el número de muestreos.

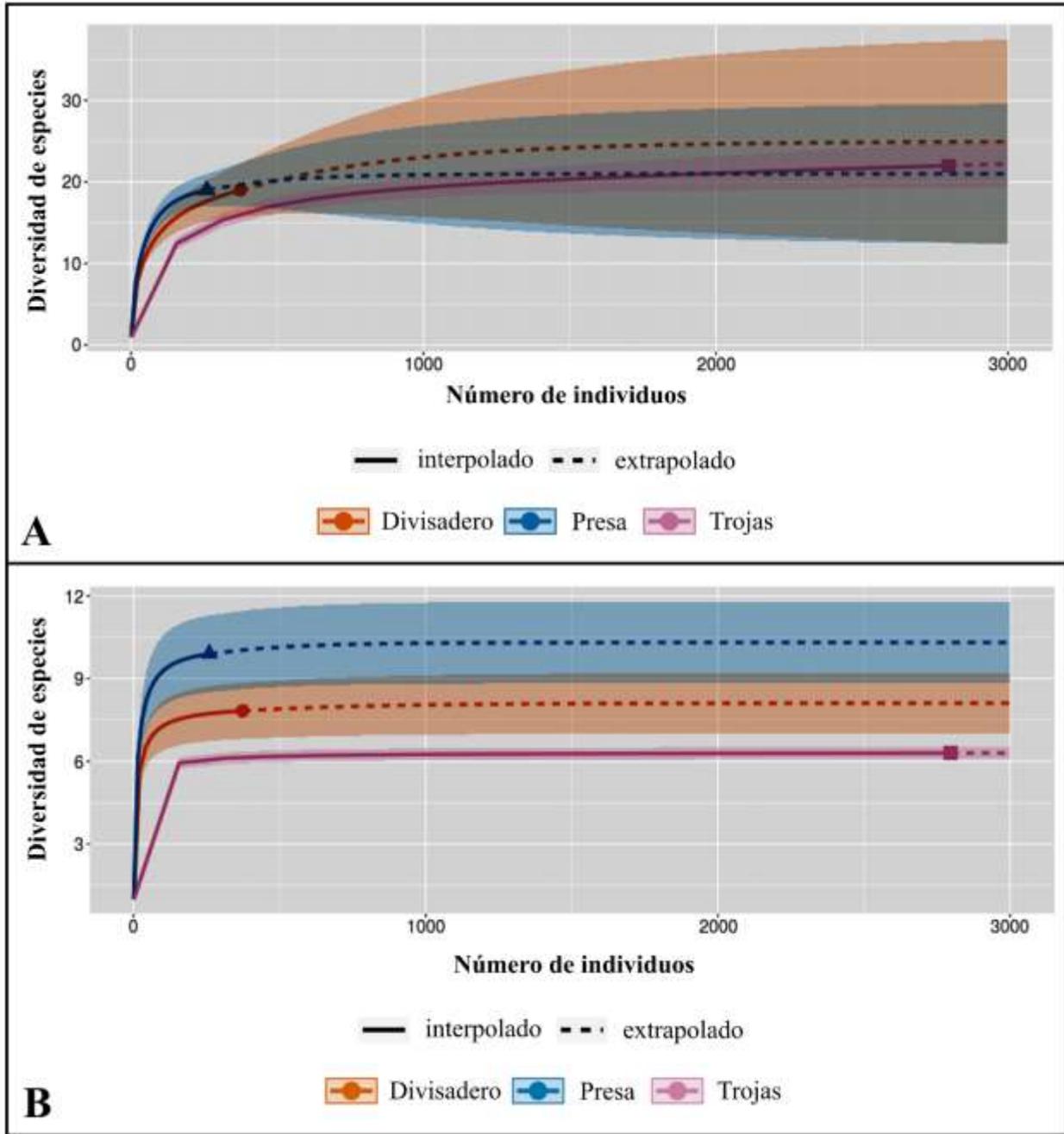


Figura 12. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos para cada uno de los tres sitios de muestreo. A) valores de q_0 (riqueza de especies); B) valores de q_1 (diversidad ecológica). En azul = sitio alto, naranja = sitio medio y rosa = sitio bajo. Línea continua = interpolación y línea punteada = extrapolación.

El análisis de PERMANOVA muestra diferencias significativas en la composición de especies de escarabeidos entre sitios (*pseudo F* = 7.07, *df* = 2, *P* = 0.001) (Fig. 13).

Los valores de disimilitud mostraron que, comparando el sitio bajo con el sitio alto, y el sitio medio con el sitio alto, tienen el mismo porcentaje de beta total y el valor más alto (0.50), mientras que el sitio bajo con el sitio medio obtuvo el menor valor de beta total (0.36). De igual manera, el sitio bajo con el sitio alto y el sitio medio con el sitio alto obtuvieron los porcentajes más elevados del componente de recambio de especies (0.42 y 0.46, respectivamente); mientras que entre el sitio medio y el sitio bajo el recambio fue de 0.24. Para todos los casos, el componente de diferencias en riqueza fue el que tuvo los valores más bajos, esto significa que la mayor influencia sobre la beta total de los tres sitios, está dada por el recambio en la identidad de las especies.

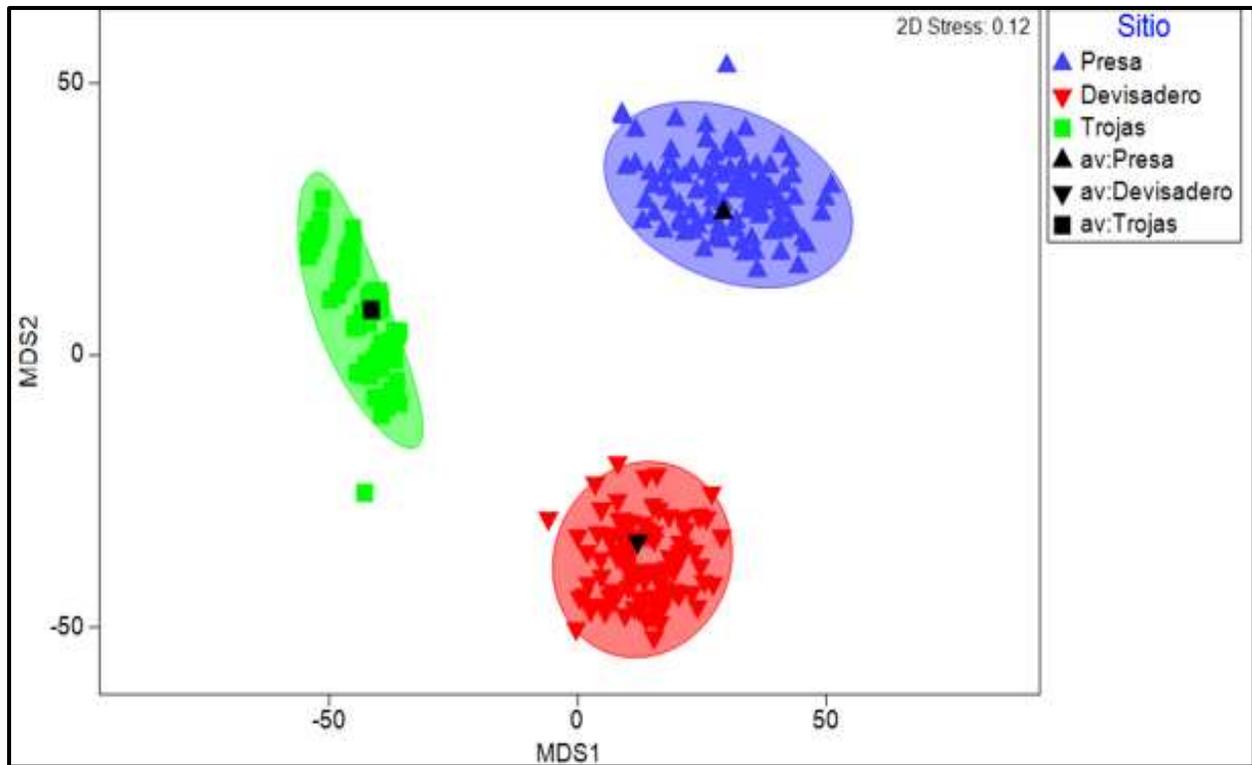


Figura 13. Escalamiento multidimensional (MDS) de las muestras con base en la similitud en su composición de especies de escarabeidos utilizando el índice de Bray-Curtis. En azul = sitio alto, rojo = sitio medio y verde = sitio bajo. Sitio: sitios de muestreo, av: es el promedio de aleatorizaciones hechos por (Bootstrap) el programa para calcular la representación espacial.

7.3.3. Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por tipo de trampa.

El mayor número de especies capturadas se registró en coprotrampas con el 100% de las especies totales ($S=28$), 2,183 individuos y seis especies exclusivas. Por otro lado, en necrotrampas se capturó un total de 22 especies, 1,245 individuos y ninguna especie exclusiva, siendo así 22 las especies que se comparten, por lo que la mayoría de las especies colectadas son de hábitos coprófagos y copronecrófagos (Tabla 2).

Tabla 2. Especies de la familia Scarabaeidae, hábitos alimenticios y tipo de trampa de captura. Para las morfoespecies no identificadas se les asignó el hábito alimenticio de acuerdo a las características generales del género. NTP = necrotrampa y CTP = coprotrampa. La palomita indica el hábito alimenticio de cada especie con base en la literatura especializada (referencias incluidas en el apartado de diagnóstico y comentarios de las especies).

Especies	Hábitos alimenticios			Tipo de trampa en la que se capturó
	Necrófagas	Coprófagas	Copronecrófagas	NTP/CPT
<i>Gonaphodiopsis deloyai</i>		✓		CTP
<i>Haroldiellus sallei</i>		✓		CTP
<i>Ataenius</i> sp.		✓		CTP
<i>Ceratocanthus</i> sp.		✓		NTP/CTP
<i>Anaides laticollis</i>			✓	NTP/CTP
<i>Uroxys deavilai</i>			✓	CTP
<i>Canthon cyanellus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Canthon imitator</i>		✓		CTP
<i>Canthon indigaceus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Canthon circulatus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Canthon</i> sp.		✓		NTP/CTP
<i>Deltochilum gibbosum</i>		✓		NTP/CTP
<i>Deltochilum mexicanum</i>	✓			NTP/CTP
<i>Deltochilum scabriusculum</i>		✓		NTP/CTP
<i>Sisyphus submonticolus</i>			✓	NTP/CTP
<i>Copris incertus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Copris</i> sp.		✓		NTP/CTP
<i>Dichotomius amplipollis</i>		✓		NTP/CTP
<i>Ontherus mexicanus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Eurysternus magnus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Eurysternus mexicanus</i>			✓	CTP
<i>Onthophagus incensus</i>		✓		NTP/CTP
<i>Onthophagus cyanellus</i>			✓	NTP/CTP
<i>Onthophagus lecontei</i>		✓		NTP/CTP
<i>Onthophagus</i> sp.		✓		NTP/CTP
<i>Coprophanaeus corythus</i>	✓			NTP/CTP
<i>Coprophanaeus pluto</i>	✓			NTP/CTP
<i>Phanaeus amethystinus</i>			✓	NTP/CTP

Entre ambos tipos de trampas hubo diferencias significativas en $q0$ (riqueza de especies) y $q1$ (diversidad ecológica), como se muestra en la gráfica de rarefacción (Figs. 14A y 14B). Con el uso de coprotrampas se colectó la mayor riqueza de especies y una mejor equitatividad entre las abundancias y el número de especies.

El análisis de PERMANOVA muestra que no hay diferencias significativas en la composición de especies de escarabeidos entre los dos tipos trampas ($pseudo F = 1.21$, $df = 1$, $P = 0.27$).

El porcentaje de disimilitud entre los tipos de trampas utilizadas fue bajo (0.21), siendo el cambio en valores de riqueza el que más influye en la beta total, con el mismo valor de 0.21, habiendo así poca sustitución entre las especies.

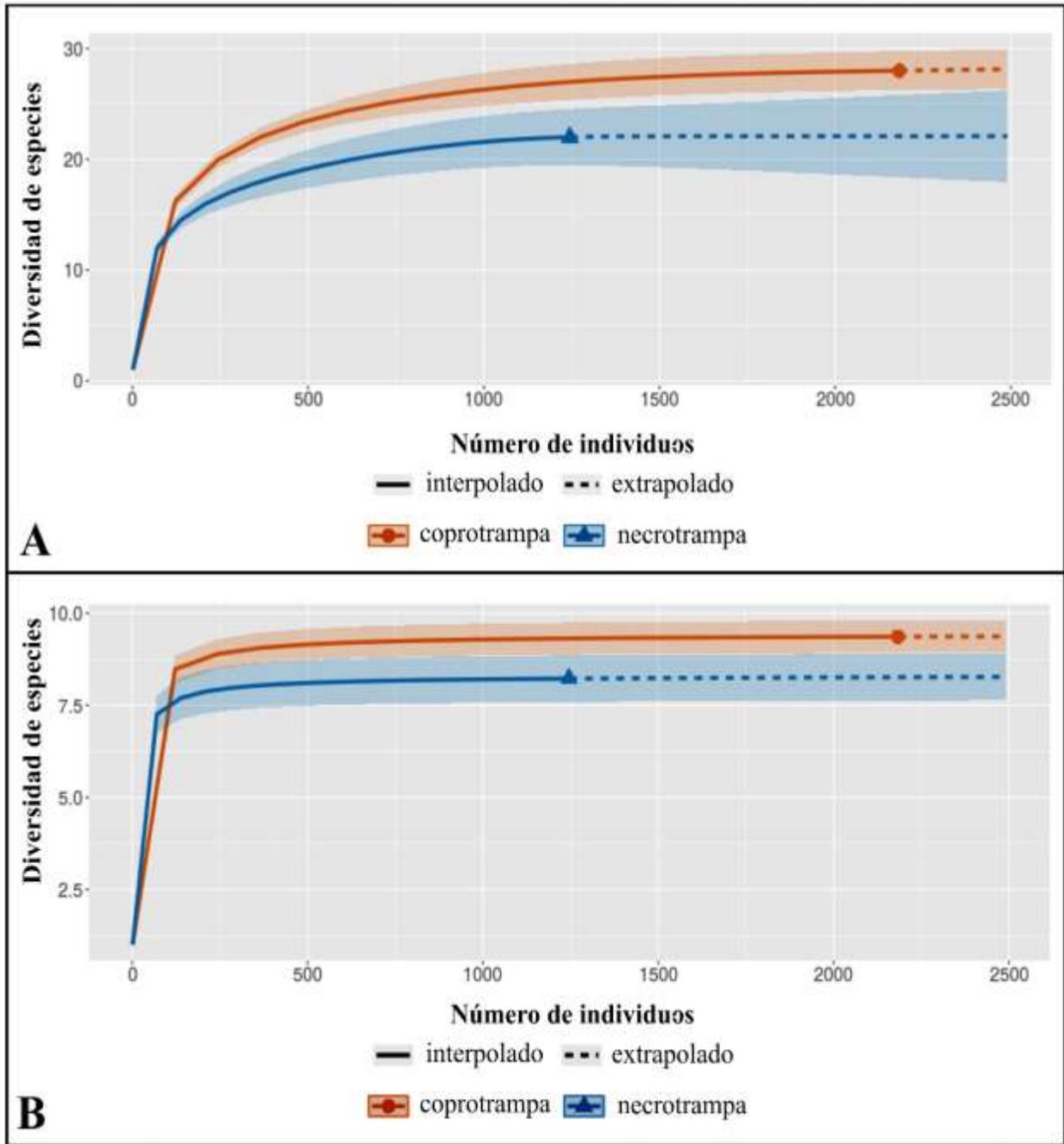


Figura 14. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos entre los dos tipos de trampas utilizadas (rojo = coprotrampa y azul = necrotrampa). A) valores de q_0 (riqueza de especies); B) valores de q_1 (diversidad ecológica). Línea continua = interpolación y línea punteada = extrapolación.

7.3.4. Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por época del año.

En la época de lluvias se capturaron 28 especies (100%) y 3,268 individuos (94.48%); mientras que en época de sequía se capturaron 11 especies (39.28 %) y 160 individuos (4.66), por lo que la época de lluvias resultó la de mayor riqueza especies y mayor número de individuos (Fig. 15). Las gráficas de rarefacción muestran que hubo diferencias significativas en $q0$ (riqueza de especies) entre las épocas (Fig. 16A), pero no hubo diferencias significativas en los valores de $q1$ (diversidad ecológica) (Fig. 16B).

Sisyphus submonticolus fue la especie que presentó mayor abundancia en la época de lluvias con 794 individuos y *Canthon imitator* la menos abundante con un ejemplar únicamente. Mientras que *Canthon cyanellus* fue la especie más abundante durante la época de sequía con 41 individuos y *C. circulatus* la que presentó menor abundancia con un solo individuo. El listado del anexo 3, muestra que se compartieron 11 especies entre las dos épocas, 17 fueron exclusivas para lluvias y ninguna especie fue exclusiva para sequía.

De acuerdo al análisis de PERMANOVA hay diferencias significativas en la composición de especies de escarabeidos entre épocas del año ($pseudo F = 4.13$, $df = 1$, $P = 0.002$) (Fig. 16). Para las épocas colecta, el componente de recambio es el mayor porcentaje para beta total, siendo del 0.64, mientras que el componente de diferencias en riquezas fue 0, esto significa que la identidad de las especies sufre un recambio del 64% entre épocas, Este porcentaje alto se debe al número elevado de especies exclusivas para lluvias y ninguna para secas.

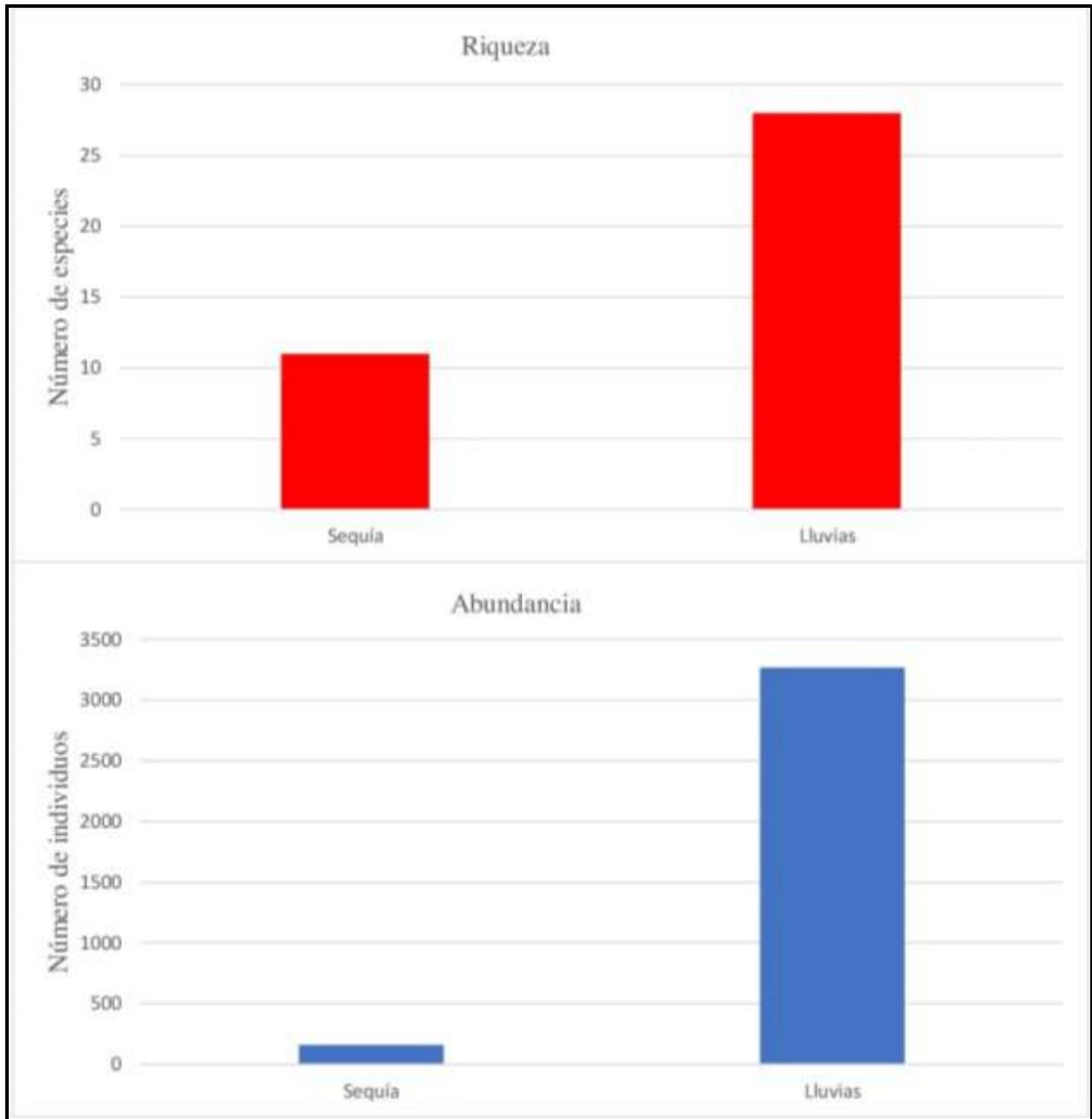


Figura 15. Riqueza de especies y abundancia de organismos colectados en cada época de muestreo. En color rojo = riqueza y color azul = abundancia. Donde observa como la riqueza de especies y la abundancia de individuos es mayor para la época de lluvias.

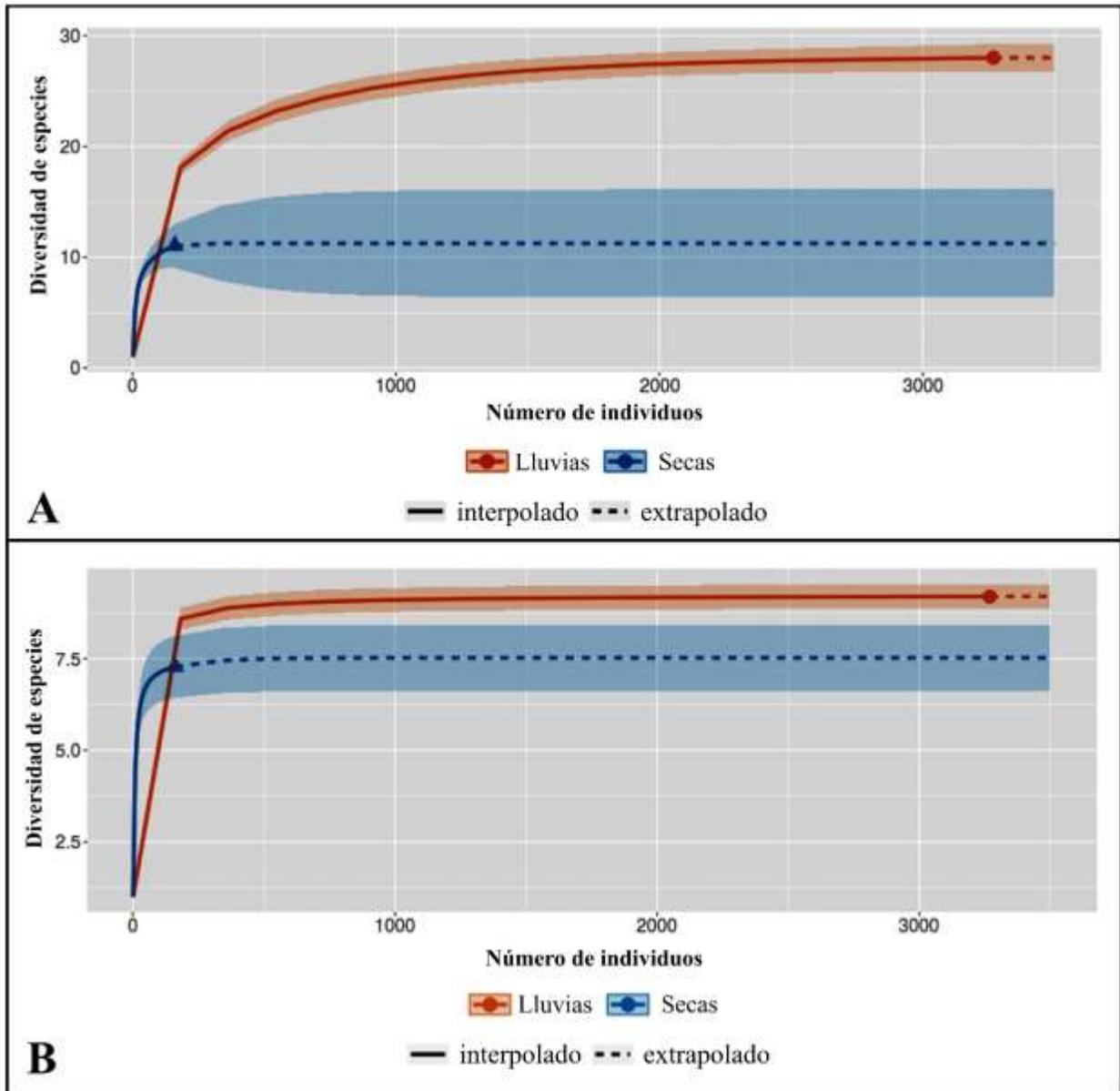


Figura 16. Curvas de muestreo de rarefacción y extrapolación basada en el número de individuos entre las dos épocas de colecta (rojo época de lluvia, azul época de seca). A) valores de q_0 (riqueza de especies); B) valores de q_1 (diversidad ecológica). Línea continua = interpolación y línea punteada = extrapolación.

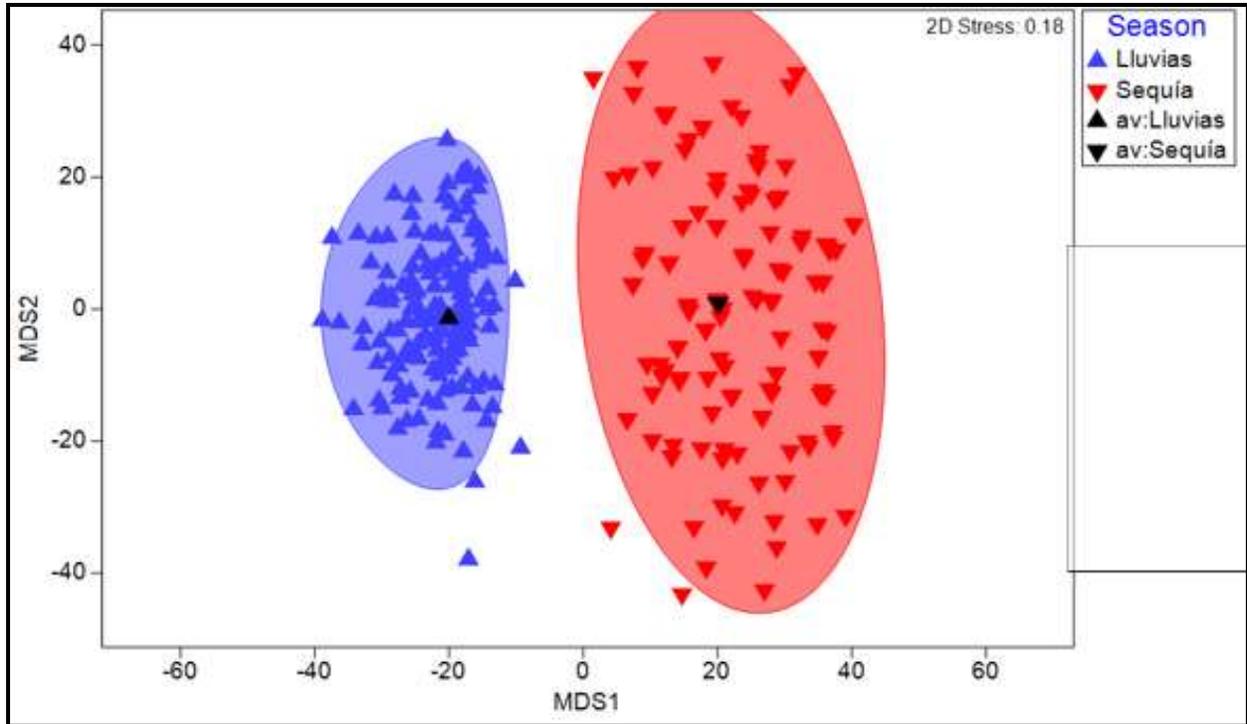


Figura 17. Escalamiento multidimensional (MDS) de las muestras con base en la similitud en su composición de especies de escarabeidos utilizando el índice de Bray-Curtis. A). En rojo = sequía y azul = lluvias. Season: temporada, av: es el promedio de aleatorizaciones hechos por (Bootstrap) realizados por el programa para calcular la representación espacial.

8. DISCUSIÓN

El listado taxonómico ha permitido conocer más a fondo cómo está conformada la riqueza de la familia Scarabaeidae para el municipio de La Misión.

La importancia de las diagnósis recae en la información que aportan, que son los caracteres más distintivos de las especies, los cuales ayudan a su identificación. Además, los datos biológicos permiten conocer los hábitos alimenticios (coprófagos, necrófagos y copro-necrófagos), tipo de actividad (diurna, crepuscular y nocturna) y comportamiento de las especies colectadas, con base en la forma en que manipulan el excremento para su alimentación y reproducción (cavadores, rodadores y moradores). Todos estos datos son de gran importancia para entender un poco más de su biología.

Los datos de distribución geográfica de las especies colectadas e identificadas para este estudio han dado una perspectiva, a grandes rasgos, de su distribución en el estado de Hidalgo, así como en otros estados del país y otros países. Con base en los datos de registros anteriores del trabajo de Márquez et al. (2017) y lo obtenido en este estudio, se observó que el municipio de La Misión comparte una mayor cantidad de especies con los municipios de Tepehuacán de Guerrero y Chapulhuacán, con 15 y 11 especies respectivamente.

La Misión, Chapulhuacán y Tepehuacán de Guerrero son municipios colindantes, forman parte de la subprovincia fisiográfica del Carso Huasteco, por lo que es un resultado esperado que muchas de las especies registradas en esos lugares se hayan colectado en este estudio.

8.1 Riqueza y abundancia de Scarabaeidae en el gradiente altitudinal.

En términos de riqueza de escarabeidos, Hidalgo ocupa el cuarto lugar de los estados mexicanos con mayor número de especies con 106 (Márquez et al., 2017). Antes de este estudio para el municipio de La Misión se tenían registradas cinco especies de Scarabaeidae (*Agrilinus*

indutilus, *Ateuchus illaesum*, *Dichotomius amplicollis*, *Eurysternus magnus* y *Deltochilum mexicanum*), por lo que era de los municipios con menor número de registros de especies en comparación con otros como Tlanchinol o Zacualtipán (Márquez et al., 2017). De las 28 especies de Scarabaeidae capturadas en este trabajo, 23 se identificaron a nivel específico y cinco como morfoespecies. De las cinco especies previamente registradas para el municipio (Márquez et al., 2017), sólo tres se capturaron en este trabajo (*Dichotomius amplicollis*, *Eurysternus magnus* y *Deltochilum mexicanum*), teniendo así 25 nuevos registros. La riqueza de especies del municipio ahora representa el 26.41% de las especies registradas para el estado de Hidalgo.

Las cinco morfoespecies no identificadas pertenecen a géneros de los cuales no se tienen registros de alguna especie para el municipio de La Misión. Contando las especies registradas en estudios previos y las capturadas para este trabajo se tendría un total de 30 especies; posicionando a La Misión entre los municipios con mayor número especies registradas de Scarabaeidae dentro del estado de Hidalgo. Esta riqueza potencial de Scarabaeidae de La Misión supera hasta el momento el número de registros de especies de otras familias como Staphylinidae para la cual se registran 19 especies, Passalidae con dos especies y Melolonthidae con una especie (Asiain et al., 2017; Márquez et al., 2017; Márquez y Asiain, 2017). También se superaría el número de especies registradas para otros municipios como Chapulhuacán, Zimapán, San Felipe Orizatlán, e incluso estaría a la par de Jacala de Ledezma, Molango y Tepehuacán de Guerrero, los cuales ocupan las tres primeras posiciones en el estado de acuerdo a lo reportado por Márquez et al. (2017).

Dentro de las especies colectadas, se resalta el registro de *Coprophanaeus pluto* para el estado de Hidalgo, debido a que se habían eliminado sus registros por posibles confusiones con *Coprophanaeus gilli* (Delgado y Márquez, 2006), siendo La Misión la segunda localidad de registro de esta especie en Hidalgo, ya que existe un registro previo para la Laguna de Atezca en

el municipio de Molango de Escamilla (Edmonds y Zidek, 2010). En el caso de *Copris* sp., no corresponde con ninguna de las especies registradas para el estado de Hidalgo, que son *Copris armatus*, *C. incertus*, *C. klugi* y *C. laeviceps* (Delgado y Márquez, 2006; Márquez et al., 2017). Mediante la comparación de estructuras como cuerno cefálico, forma del clípeo, proyecciones del pronoto y genital masculino, con las especies antes mencionadas, se llegó a la conclusión de que no correspondía a ninguna de ellas, pudiéndose tratar de un nuevo registro para el estado o incluso una nueva especie. Una situación similar se presenta para las morfoespecies *Onthophagus* sp. y *Ceratocanthus* sp., que pueden tratarse de nuevos registros para el estado, ya que en el caso de *Onthophagus* sp. no coincide con ninguna especie representada en la colección de referencia (CC-UAEH, la cual cuenta con la mayoría de las especies del estado), mientras que para *Ceratocanthus* sp. solo se cuenta con dos registros de otro género de la subfamilia Ceratocanthinae (*Germarostes apioides* y *Germarostes globosus*) (Márquez et al., 2017).

A lo largo del gradiente altitudinal se colectaron especies de distribución restringida a un solo sitio, como *Deltochilum mexicanum* que solo se reportó para el sitio alto (1,770 msnm). Esta especie se ha registrado en un gradiente de altitud muy característico, pues sus registros se ubican por arriba de los 1,000 y hasta los 2,500 msnm, en bosques tropicales de montaña, como la selva mediana de montaña, encinares de mediana altitud, bosque nebuloso y hasta en cafetales (Huerta et al., 2016). En el estudio de análisis biogeográfico de Scarabaeinae y Geotrupinae de Halfpter et al. (2008), esta especie se reportó para la Sierra de Zacualtipán entre los 1,200 y 1,886 msnm.

En el caso de *Canthon imitator*, es una especie que está asociada a zonas y condiciones más áridas que va desde Estados Unidos hasta el noreste de México (Halfpter et al., 2008), *C. imitator* solo se registró para el sitio bajo (750 msnm), donde la temperatura es más alta y el clima es más cálido, pudiendo ser esta una explicación del porqué solo se colectó en este sitio. Las especies del

género *Uroxys* tienen una distribución en áreas tropicales y subtropicales desde Argentina hasta México. *Uroxys deavilai* se distribuye en los estados del sureste, la Península de Yucatán, la costa del Pacífico hasta el estado de Jalisco y la planicie costera del Golfo de México hasta el estado de Tamaulipas, y se encuentra desde el nivel del mar hasta los 1,000 msnm (Delgado y Kohlmann, 2007; Solís y Kohlmann, 2013). Halffter et al. (2008) la reportan para la localidad de Acatepec en la zona de la Huasteca (dentro de la provincia de la Costa del Golfo de México) a una altitud de 315 msnm y Márquez et al. (2017) incluyen a San Felipe Orizatlán como la segunda localidad de registro, municipio que también se encuentra dentro de la Huasteca. Para este estudio *U. deavilai* solo se colectó en el sitio bajo (750 msnm).

Scarabaeinae fue la subfamilia con mayor abundancia y riqueza de especies colectadas. Esta subfamilia es la mejor representada en algunos estudios para el estado de Hidalgo (Delgado y Márquez, 2007; Verdú et al., 2007; Halffter et al., 2008; Ortega, 2010). Las especies de Scarabaeinae aprovechan diversos recursos para alimentarse debido a sus hábitos asociados al excremento y/o carroña de cualquier mamífero y otros vertebrados (Halffter y Matthews, 1966), aun que en su mayoría son de hábitos coprófagos que comúnmente moldean una porción esferoide de estiércol que ruedan y entierran, la cual utilizan para nidificar, pues tanto las larvas como los adultos la ocupan como fuente de alimento (Deloya, 2011). Sin embargo, también existen especies saprófagas; es decir, que consumen material en descomposición, como hojas, frutos y hongos (Martínez et al., 2015).

La baja abundancia y riqueza de subfamilias como Aphodiinae, Ceratocanthinae e Hybosorinae puede estar influenciada por sus hábitos de alimentación estrictos y su distribución. Para la subfamilia Aphodiinae solo se registraron tres especies, todas colectadas en coprotrampas en el sitio alto donde las condiciones son más templadas, pero no muy frías; mientras que en los

sitios medio y bajo sólo se colectó una especie. Al ser un grupo con preferencias por zonas montañosas, con distribución predominante en las comunidades de las zonas templado-frías, parecen normales los resultados observados, aunque también se llegan a encontrar en una amplia diversidad de ambientes (Hanski y Cambefort, 1991). Los afodinos poseen hábitos asociados estrictamente al excremento de vertebrados, mostrando un comportamiento habitualmente endocóprido (ramoneadores); es decir, se alimentan y se reproducen en el interior del excremento, a diferencia de los Scarabaeinae con hábitos generalmente telecópridos y/o paracópridos (rodadores y cavadores) (Cambefort, 1991). En el caso de Ceratocanthinae, que está representada por una sola morfoespecie (*Ceratocanthus* sp.), esta subfamilia posee baja riqueza de especies dentro del estado y en general al compararla con otras subfamilias. Finalmente, Hybosorinae, representada por *Anaides laticollis* que fue colectada en los sitios medio y bajo, ésta habita principalmente bosques tropicales y subtropicales perennifolios y caducifolios. En Hidalgo solo se registran dos especies, la antes mencionada e *Hybosorus illigeri* (Márquez et al., 2017).

8.2 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por sitio de colecta.

Si bien los datos obtenidos de riqueza y abundancia en cada sitio del gradiente señalan al sitio bajo como el más rico en número de especies, se tiene que tomar en cuenta que los estimadores no paramétricos Chao 1 y ACE indican que la completitud del inventario del sitio medio está incompleta faltando por capturar entre tres a cinco especies, las cuales pudiesen hacer de este sitio el de mayor riqueza, mientras que para los sitios alto y bajo los inventarios parecen ya estar completos.

El microclima en cada uno de los sitios del gradiente altitudinal juega un papel importante en las diferencias significativas en riqueza de especies que existe entre el sitio bajo con respecto a los sitios alto y medio. La disposición de oxígeno y dióxido de carbono a altas altitudes disminuye,

lo cual representa un reto en el rendimiento del vuelo en los insectos, cosa que a altitudes bajas afecta menos (Hodkinson, 2005). Otro factor importante es la capacidad de termorregular, por lo que sitios con bajas temperaturas y climas más fríos es difícil la adaptación de los insectos (Hodkinson, 2005). A grandes altitudes algunos insectos tienden a mostrar una disminución en la fecundidad, ya que disminuyen su tamaño corporal, al igual que las temporadas de vuelo se vuelven más cortas, lo que se traduce en una menor cantidad de especies activas (Hodkinson, 2005).

En el sitio bajo el clima es más cálido y la temperatura es más alta en comparación con los demás sitios que se encuentran a mayor altitud. Ahora bien, se sabe que los escarabeidos se distribuyen por todo el mundo, excepto en las zonas frías que se encuentran en grandes altitudes. En las regiones tropicales hasta una altitud moderada, los escarabajos estercoleros son diversos, mientras que en las tierras templadas o de mayor altitud son menos diversos (Martínez et al., 2015).

En los estudios de Deloya et al. (2007) y Erroussi y Jay-Robert (2018), se reportan una mayor riqueza de especies de escarabeidos para los sitios más bajos del gradiente altitudinal que estudiaron. En Colombia se realizó un estudio acerca de la distribución y tolerancia térmica de los escarabajos coprófagos a lo largo de un gradiente (Ramírez, 2018), en el cual se menciona que la pérdida y disminución del área de hábitats favorables en paisajes de mayor elevación, reducción de diversidad en recursos alimenticios y reducción de la productividad primaria son factores que explican la disminución de riqueza y la diversidad de escarabajos coprófagos a altitudes elevadas con bajas temperaturas. Además de que las especies responden con variación en la tolerancia térmica, donde aquellas que habitan en zonas de altas elevaciones deben invertir energía en proteínas y estrategias comportamentales, como periodos de actividad, que sirvan como protección del frío; mientras que en zonas de baja elevación no tienen ese problema por la estabilidad climática, que es menor conforme se asciende en altitud. De acuerdo con sus resultados, las especies con amplia distribución poseen rangos térmicos amplios, los cuales permiten una mejor

adaptación a las variaciones de las condiciones climáticas; mientras que las especies de distribución restringida presentan un rango térmico sujeto a las condiciones ambientales de su hábitat, esto a su vez restringe la riqueza de especies en lugares más fríos.

Lo anterior puede ayudar a explicar por qué es mayor la riqueza de especies y abundancia de organismos en el sitio bajo, y a comprender por qué estas cifras van disminuyendo conforme aumenta la altitud y disminuye la temperatura del ambiente de cálido a templado, donde solo las especies afines a zonas elevadas y distribución restringida, como *Deltochilum mexicanum* y algunas especies del género *Onthophagus*, son capaces de termorregular en ambientes más fríos.

La competencia por espacio y alimento, y las características del suelo de cada sitio son otros de los factores que condicionan la riqueza y abundancia de especies. Durante el periodo de muestreo, en el sitio alto se observó que tanto en necrotrampas como coprotrampas se colectaron especies de otras familias de coleópteros, como Staphylinidae, e incluso de otros órdenes, como Orthoptera. En ocasiones el número de ejemplares de esos grupos era mayor al número de escarabeidos (obs. pers). Las características del suelo son un factor importante en el establecimiento de larvas de escarabeidos, ya que algunos suelos no favorecen la nidificación; por ejemplo, los suelos rocosos; mientras que los suelos de texturas finas son los que presentan mejores condiciones y en ellos se ha registrado una sobrevivencia más alta (Arriaga-Jiménez et al., 2012). En el sitio alto el suelo es rocoso y en algunas partes hueco, mientras que en el sitio medio es menos rocoso, con una textura fina, poco uniforme ya que se ubica en un risco, y en el sitio bajo el suelo es más uniforme y de textura fina (obs. pers.).

Aunque la mayor abundancia y riqueza de Scarabaeidae se presentó en el sitio bajo, la mayor diversidad ecológica se registró en el sitio alto. En el sitio bajo hubo menor equitatividad en las abundancias de las especies, ya que algunas de ellas fueron dominantes sobre otras. El caso contrario se apreció en el sitio alto, donde se presentó una mayor equitatividad (mayor equilibrio

ecológico, donde la dominancia de algunas especies es menos marcada), con un valor mayor de diversidad ecológica. La mayoría de las especies dominantes para el sitio bajo son de géneros con afinidad tropical, como *Sisyphus*, *Canthon*, *Dichotomius* y *Deltochilum* (Halfpter et al., 2008), y las especies con menor dominancia pertenecen a *Onthophagus*, un género con afinidad a zonas más altas y ambientes más templadas. Mientras que la temperatura más fría del sitio alto, podría estar ocasionando que las especies ocupen gran parte de su energía en la termorregulación en lugar de emplearla en la realización de otras funciones vitales, reflejándose en una menor actividad (una menor presencia de individuos), lo cual influye en que las diferencias en abundancias de las especies no sean tan marcadas como en los demás sitios.

A raíz de las 16 especies compartidas entre los sitios medio y bajo, el porcentaje de disimilitud (0.36) es el más bajo entre ambos sitios del gradiente, siendo éstos los dos más similares en su composición faunística. La mayoría de las 16 especies son de afinidad tropical como *Sisyphus submonticolus*, *Eurysternus magnus*, *E. mexicanus*, *Anaides laticollis*, *Copris incertus*, *Deltochilum gibbosum*, *D. scabriusculum* y especies del género *Coprophanaeus*, y de hábitos coprófagos. En el sitio alto coexisten especies con afinidad a ambientes más fríos como bosques nubosos y bosques semideciduo, por ejemplo, *Deltochilum mexicanum*, *Ontherus mexicanus* y especies del género *Onthophagus* (Halfpter et al., 2008), la mayoría de hábitos coprófagos.

8.3 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por tipo de trampa.

El mayor número de especies capturadas con coprotrampas pertenecen a Scarabaeinae, que dentro de la familia Scarabaeidae es la subfamilia con mayor número de especies en el mundo, en México y en Hidalgo (Márquez et al., 2017). Comúnmente se les conocen como escarabajos estercoleros, rodadores o peloteros por sus hábitos coprófagos, pues tanto las larvas como los adultos se alimentan de excremento o excretas. Los adultos obtienen nutrientes de la fracción

líquida y sus larvas o juveniles de las partículas contenidas en éstas; al mismo tiempo el estiércol sirve como lugar de encuentro de los adultos para encontrar pareja, la cópula y nidificación (Martínez et al., 2015; Medina et al., 2001). Estos resultados también se han observado en otros trabajos como el de Trujillo-Miranda et al. (2016), donde la mayor abundancia y la riqueza de especies se capturó utilizando coprotrampas.

La decisión de instalar coprotrampas sólo en los últimos cuatro meses de la colecta (época de lluvia), es porque se ha observado que las actividades de los escarabajos son mayores en la época de lluvias, cuando es frecuente observarlos volando sobre excretas, principalmente de ganado, o bien caminando cerca de éstas, sea cortando o rodando pequeñas bolitas hechas del mismo estiércol (Martínez et al., 2015). La modificación realizada en este tipo de trampa permitió dejarla más tiempo instalada, sin embargo, esto pudo tener un efecto en el número de capturas. A raíz de esos cambios en las coprotrampas se pudieron dejar instaladas un mes, cuando este tipo de trampa es de duración limitada (dos o tres días) debido a que el excremento tiende a secarse rápidamente (Márquez, 2005), aunado a esto se sabe que los escarabajos coprófagos suelen utilizar el excremento en un estado fresco, ya que éstos se alimentan de la suspensión líquida del excremento (Martínez et al., 2011). Cabe recalcar que la modificación no se realizó con el objetivo de mantener el excremento fresco más días, si no de evitar que el agua de las lluvias lavaran las trampas y se perdieran las muestras (que el agua causara la descomposición de los organismos colectados). Es por eso que durante el mes que estuvieron instaladas las trampas el excremento se secó posiblemente a los pocos días y dejó de ser atractivo para los escarabeidos.

La ausencia de diferencias significativas en la composición de especies entre tipos de trampas, se debe a la baja disimilitud (0.21) y alta similitud (0.79). Las 22 especies capturadas en necrotrampas también se capturaron en coprotrampas, ya que la mayoría son tanto de hábitos coprófagos como copronecrófagos.

8.4 Riqueza y abundancia de especies de Scarabaeidae por épocas del año.

En estudios anteriores, se ha reportado que la mayor abundancia y riqueza de especies (mayor actividad) de escarabajos se observa en las épocas de lluvias. En México, trabajos como los de Deloya et al. (2007), Pérez-Torres et al. (2013), Percino-Figeroa y Morón (2013), Trujillo-Miranda et al. (2016), Acosta-González et al. (2017) y Rodríguez-López et al. (2019), así como estudios en otros países (Rangel-Acosta et al., 2016, 2018), mencionan que el inicio de actividades de estos organismos está relacionado con el comienzo de la temporada de lluvias, debido a que existe una mayor disponibilidad de recursos alimenticios y una mayor cobertura vegetal que genera sombra, creando así microambientes que son esenciales y propicios para que los adultos emerjan y vuelen (Trujillo-Miranda et al., 2016). Por lo anterior, es un resultado esperado el hecho que se haya encontrado una mayor riqueza de especies y abundancia de organismos durante la época de lluvia en comparación con la temporada de sequía (Fig. 15).

Todos los cambios de condiciones bióticas y abióticas durante las épocas de sequía y lluvia dan como resultado un recambio de especies muy marcado, donde el porcentaje de disimilitud obtenido entre épocas del año fue de 0.64, por lo que hubo cambios en la composición y estructura de la comunidad de escarabajos a lo largo de los ocho meses de muestreo, con solo 11 especies compartidas entre épocas de las 28 capturadas y 17 especies se colectaron exclusivamente en la temporada de lluvias.

De las 11 especies más abundantes (activas), solo *Sisyphus submonticolus* y *Canthon cyanellus* fueron las que tuvieron mayor actividad en ambas épocas de muestreo. *Sisyphus submonticolus* fue la tercera especie con mayor número de individuos en época de secas y la de mayor número de individuos en la época de lluvias, posiblemente se deba a que tiene preferencias por climas cálidos (Morón, 2003); mientras que *C. cyanellus* presentó el mayor número de individuos en la época de sequía y el segundo mayor número de individuos en la época de lluvias.

En el caso de *Canthon cyanellus* se le considera una especie con más de un evento reproductivo por año, por lo que puede estar presente como adulto casi todo el año, motivo por el cual se colectó a lo largo de los ocho meses de muestreo. Deloya (2003) analizó las especies de Scarabaeidae y Trogidae de Los Hornos, Morelos, y encontró que *C. cyanellus* fue una de las especies más abundantes, con datos que sugieren que es trivoltina (tres generaciones al año). Además, se le conoce por ser una especie que emerge en época de lluvias (Hernández-Martínez y Martínez, 2003).

8.5 Comparación con estudios similares en Hidalgo

En el estado de Hidalgo, Halffter et al. (2008) realizaron un análisis biogeográfico a lo largo de un transecto de 150 km con una orientación que va desde el sur al noreste del estado (de la Sierra de Pachuca a la Huasteca) pasando por diversos tipos de paisajes, con un gradiente altitudinal que va de los 2,960 a los 120 msnm. El gradiente altitudinal para el estudio realizado en La Misión es menor en longitud como en altitud, pero algo parecido con el gradiente altitudinal que va desde la Sierra de Zacualtipán a la Huasteca, ya que hay algunos sitios con paisajes que están influenciados por las mismas provincias biogeográficas como la Sierra Madre Oriental y la Planicie del Golfo de México. Los resultados de Halffter et al. (2008) reportaron 48 especies de Scarabaeidae, todas ellas pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae, mientras que en este trabajo se reportan 28 especies para Scarabaeidae, repartidas en cuatro subfamilias.

La mayor riqueza registrada por Halffter et al. (2008) puede deberse a las diferencias en la longitud del transecto. El gradiente de altitud para el estudio de La Misión está ubicado en una misma montaña lo que hace que la distancia del transecto entre sitios sea corta, mientras que el transecto del Halffter et al. (2008) va de sur a norte del estado, teniendo así un área de estudio de mayor tamaño pasando por diferentes paisajes y provincias biogeográficas, trayendo consigo la

posibilidad de obtener una mayor riqueza de especies y abundancia de individuos. A pesar de la diferencia en riqueza de especies, mucha de la fauna colectada para el gradiente altitudinal en este trabajo es compartida con la registrada para los paisajes de la Sierra de Zacualtipán y la pendiente hacia la región del Golfo-La Huasteca, los paisajes entre estas dos regiones tienen un descenso hasta el mar y con ello las condiciones tropicales se vuelven más frecuentes mientras que en las partes altas los paisajes corresponden más a bosque de neblina.

Una situación similar se presenta en el gradiente de La Misión, del sitio alto al sitio bajo hay un cambio marcado en la temperatura y en el tipo de vegetación, conforme la altitud disminuye desde los 1770 msnm hasta los 775 msnm los paisajes cambian y la temperatura del ambiente, en la parte más alta del gradiente el paisaje tiene remanentes de bosque de encino, mientras que en el sitio más bajo el paisaje cambia a bosque tropical caducifolio y un clima más tropical, con temperaturas más elevadas.

En ambos gradientes se capturaron especies de géneros de afinidad neotropical como *Canthon*, *Ontherus*, *Dichotomius*, *Coprophanæus*, *Eurysternus*, *Phanaeus* y *Deltochilum*, y especies de géneros de afinidad holártica, como *Onthophagus* y *Copris*. Conforme la altitud disminuye en los gradientes, se capturan especies de distribución tropical de los géneros *Canthon* y *Uroxys*. La única excepción fue la especie del género *Sisyphus* (*Sisyphus submonticolus*) la cual no fue capturada en el transecto de Halffter et al. (2008), mientras que en el gradiente de La Misión fue la más abundante para el sitio de menor altitud.

8.6 Comparación con estudios similares fuera de Hidalgo

El trabajo de Deloya et al. (2007) realizado en el centro del estado de Veracruz, se llevó a cabo en un gradiente altitudinal con diferentes tipos de paisajes, entre los 1,000 a 1,400 msnm. Los resultados del trabajo mostraron que hubo diferencias en riqueza de especies a lo largo del

gradiente, donde el sitio de menor altitud (1,000 msnm) obtuvo un total de 36 especies, para el sitio a la mitad del gradiente (1200 y 1300 msnm) reportaron 27 especies y para el sitio de mayor altitud (1,400 msnm) 26 especies. Además, observaron que hay una relación entre la precipitación y actividad de los escarabajos, donde los meses de mayor precipitación (época de lluvia) presentaron una mayor actividad y con ello una mayor riqueza de especies y abundancia de individuos.

Con 48 especies, 20 géneros y seis subfamilias, el gradiente altitudinal estudiado por Deloya et al. (2007) en el centro de Veracruz, supera las 28 especies, 16 géneros y 4 subfamilias colectadas para La Misión. Se sabe que Veracruz es uno de los estados más estudiados y con mayor riqueza de especies de la familia Scarabaeidae, con alrededor de 170 (Deloya, 2011; Martínez et al., 2011; Morón y Márquez, 2012). Además, la zona centro de Veracruz es una de las más estudiadas, desde bosques, ranchos y potreros (Yanes-Gómez et al., 2015; Huerta et al., 2016). Aun así, en ambos gradientes se registró una mayor riqueza para los sitios de menor altitud y en temporada de lluvias, con *Onthophagus* como uno de los géneros mejor representados en ambos estudios.

Deloya et al. (2013) llevaron a cabo un estudio en un pequeño gradiente de Acahuizotla en el estado de Guerrero. En ambos estudios se observó una disminución en la riqueza de especies conforme aumentó la altitud, mucha de la fauna recolectada estuvo representada por especies de los géneros *Canthon* y *Onthophagus*, y también estos resultaron los de mayor riqueza. En Acahuizotla, se presentó la mayor riqueza de especies para los fragmentos de bosque tropical caducifolio y la menor riqueza para el bosque de encino, lo que es algo parecido a lo observado en este estudio, donde las características del paisaje del sitio de menor riqueza es bosque de encino. También en ambos estudios se encontró que coexiste un mayor número de especies en la época de lluvias.

El esfuerzo de muestreo realizado en Acahuizotla alcanzó porcentajes superiores al 78% de completitud del inventario; mientras que para La Misión se alcanzaron porcentajes superiores al 90% (con excepción del sitio medio), valores obtenidos mediante estimadores no paramétricos.

En el estado de Puebla, Trujillo-Miranda et al. (2016) realizaron un estudio de estructura y composición de escarabajos en un transecto del cerro de Chacateca en Zapotitlán. A pesar de que los paisajes son diferentes, algunos resultados obtenidos entre los tipos de trampas fueron similares. En total para el gradiente de Zapotitlán se capturaron 10 especies de la familia Scarabaeidae, mientras que para el gradiente de La Misión se capturaron 28 especies. Los resultados mostraron que en ambos estudios hubo una mayor riqueza especies y abundancia de individuos para época de lluvias, cuando las condiciones de ambiente son mejores para los escarabajos, pero no hubo diferencias significativas en la riqueza de especies, mientras que para La Misión sí existieron diferencias significativas en riqueza de especies. En cuanto a abundancia, para Trujillo-Miranda et al. (2016) los valores obtenidos de abundancia señalan diferencias significativas entre las épocas, mismo caso para La Misión. También cabe señalar que los valores más altos de riqueza y abundancia se registraron en coprotrampas, por lo que la mayoría de las especies de Scarabaeidae mostraron una mayor afinidad por el excremento, siendo este tipo de trampa la más eficiente para capturar escarabeidos. En ambos trabajos, al comparar sus faunas entre épocas de lluvias y sequía, éstas obtuvieron bajos valores de disimilitud, al igual que hubo diferencias significativas en las abundancias entre los sitios, pero para el caso del cerro de Chacateca el sitio de mayor altitud presentó una mayor abundancia y riqueza de especies con respecto a los sitios medio y bajo, contrario a lo obtenido para La Misión, donde el sitio de mayor altitud fue el que presentó menor abundancia y riqueza.

Con base en esto se puede decir que el gradiente altitudinal de La Misión es más rico en especies con respecto al cerro de Chacateca en Puebla, pero se tendría que tomar en cuenta que el trabajo de Trujillo-Miranda et al. (2016) se llevó a cabo en matorral xerófilo, paisaje en el cual la riqueza de escarabeidos es menor por la limitación de recursos en tiempo y espacio, por lo que hay una gran competencia entre especies (Estrada et al., 1998).

9. CONCLUSIONES

La abundancia y riqueza total de escarabeidos disminuye al aumentar la altitud, excepto al comparar los sitios alto y medio, quienes obtuvieron el mismo número de especies. El número de especies colectadas en el transecto de La Misión, hacen que este sea uno de los municipios con mayor número de especies dentro del estado de Hidalgo, las cuales en su mayoría pertenecen a la subfamilia Scarabaeinae.

Existieron diferencias significativas en la composición de especies entre los tres sitios de muestreo, por lo que se sugiere que conforme la altitud cambia a lo largo del gradiente, los parámetros ambientales también cambian e influyen en cada comunidad de escarabajos.

El sitio bajo y el sitio medio son más parecidos, debido al poco recambio de especies, posiblemente porque sus condiciones ambientales son más similares, mientras que en el sitio bajo con el sitio alto y el sitio medio con el sitio alto el recambio de especies fue más marcado. Los hábitos alimenticios de las especies capturadas dan como resultado la poca sustitución de especies entre tipos de trampas. El recambio tan marcado entre épocas está influenciado por las lluvias y la disponibilidad de recursos, por lo que se deduce que las condiciones tanto bióticas como abióticas de esa temporada son más favorables para la reproducción y desarrollo de los escarabeidos.

La mayoría de las especies de Scarabaeidae son de hábitos coprófagos y copronecrófagos, aspectos que permiten comprender por qué no hubo diferencias significativas en la composición de especies para ambos tipos de trampas.

10. LITERATURA CITADA

- Acosta-González, F., Colli-Mull, J. y Morelos-Castorena, J. (2017). Diversidad de coleópteros en dos estaciones del año en la Sierra de Pénjamo, Guanajuato. *Entomología Mexicana*, 4: 96-113.
- Arriaga-Jiménez, A., Moreno, C. E. y Halfpter, G. (2012). Biogeographical affinities and species richness of copronecrophagous beetles (Scarabaeoidea) in the southeaster Mexican High Plateau. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 519-529.
- Arellano, L., Castillo-Guevara, C., Huerta, C., German-García, A. y Lara, C. (2017). Nesting biology and life history of the dung beetle *Onthophagus lecontei* (Coleoptera: Scarabaeinae). *Animal Biology*, 67: 41-52.
- Asiain, J., Márquez, J. y Reyes-Castillo, P. (2017). Escarabajos de la familia Passalidae (Insecta: Coleoptera). Pp. 375-388. En: Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G, Sánchez-Rojas y C, Cuevas-Cardona (Eds.) Biodiversidad del estado de Hidalgo. Tomo II. Universidad Autónoma/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Baselga, A. (2010). Partitioning the turnover and nestedness components of beta diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 19: 134-143.
- Bastos-Estrella, G., Rodríguez-Villegas, R. I., Delfín-González, H. y Reyes-Novelo E. (2012). Escarabajos estercoleros (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) de ranchos ganaderos de Yucatán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 380-386.
- Beck, L. R. y Ortiz, M. S. (2009). Ciclo biológico de *Oryctes* sp. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Biotempo*, 9: 9-13.
- Biodiversidad de Costa Rica (CRBio). (2020). *Canthon cyanellus*. Consultado en febrero 2020, en <http://www.crbio.cr:8080/neoportalweb/species/Canthon%20cyanellus#habitatDistribucion>
- Brown, H. J. (2001). Mammals on mountainsides: elevational patterns of diversity. *Global Ecology and Biogeography*, 10: 101-109.

- Cabrero-Sañudo, J. F., Dellacasa, M., Martínez, M. I., Lobo, M. J. y Dellacasa, G. (2010). Distribución de las especies de Aphodiinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiinae) en México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 26: 323-399.
- Calderón-Patrón, J. M. y Moreno, C. E. (2019). Diversidad beta como disimilitud: su partición en componentes de recambio y diferencias en riqueza. Pp. 203-228. En: Moreno, C. E. (Ed.). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Libermex, Ciudad de México.
- Cancino-López, R. J., Chamé-Vázquez, E. R. y Gómez, G. B. (2014). Escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeinae) en tres hábitats del Volcán Tacaná, Chiapas, México. *Dugesiana*, 21: 135-142.
- Cambefort, Y. (1991). From saprophagy to coprophagy. Pp. 22-35. En: Hanski, I. y Cambefort, Y. (Eds.). *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton, NJ, USA.
- Camero, R. E. (2010). Los escarabajos del género *Eurysternus* Dalman, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 46: 147-179.
- Carrero, S. D. A., Montaña, S. L. R. y Tobar, L. D. E. (2013). Diversidad y distribución de mariposas diurnas en un gradiente altitudinal en la región nororiental Andina de Colombia. *Boletín Científico Centro de Museos*, 17: 168-188.
- Clarke, K. R. y Gorley, R. N. (2015). *PRIMER v7: user manual/tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, United Kingdom.
- Colwell, R. K. (2013). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9. Disponible en: <http://purl.oclc.org/estimates>.
- Cruz, M. y Huerta, C. (1998). Comportamiento y actividad reproductora de los machos de *Copris incertus* Say (Coleoptera: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 74: 163-173.
- Darling, J. D. G. y Génier, F. (2018). Revision of the taxonomy and distribution of the Neotropical *Copris incertus* species complex (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Entomological Society of Canada*, 150: 1-39.
- Delgado, L. y Márquez, J. (2006). Estado del conocimiento y conservación de los coleópteros Scarabaeoidea (Insecta) del estado de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 22: 57-108.

- Delgado, L. y Kohlmann, B. (2007). Revisión de las especies del género *Uroxys* Westwood de México y Guatemala (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 46: 1-36.
- Deloya, C. (1994). Distribución del género *Ataenius* Harold, 1867 en México (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae, Eupariini). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 61: 43-56.
- Deloya, C. (2003). Coleoptera Scarabaeidae y Trogidae necrófilos del Valle de Vázquez (“Los Hornos”), Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 42: 265-272.
- Deloya, C., Parra-Tabla, V. y Delfín-González, H. (2007). Fauna de coleópteros Scarabaeidae Laparosticti y Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al bosque mesófilo de montaña, cafetales bajo sombra y comunidades derivadas en el centro de Veracruz, México. *Neotropical Entomology*, 36: 5-21.
- Deloya, C. (2011). Escarabajos coprófagos y necrófagos (Insecta: Coleoptera: Scarabaeidae). Pp. 383-390. En: Aragón, C. A. (Ed.). *La biodiversidad de Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología. A.C. México.
- Deloya, C., Madora, A. M. y Covarrubias, M. D. (2013). Scarabaeidae y Trogidae (Coleoptera) necrófilos de Acahuizotla, Guerrero, México. *Revista Colombiana de Entomología*, 39: 88-94.
- Deloya, C., Ponce, S. J., Gasca, A. H. J., Aguirre, L. G. y Zamora, V. M. C. (2016). Familia Scarabaeidae Latreille, 1802. Pp. 93-142. En: Deloya, C., Ponce, S. J., Reyes, C. P. y Aguirre, L. G. (Eds.). *Escarabajos del estado de Michoacán* (Coleoptera: Scarabaeoidea). Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, Morelia, Michoacán.
- Dunlap, J. B., Jameson, M. L., Engasser, E. L., Skelley, P. E. y Redford, A. J. (2015). Escarabajo y escarabajos de ciervo de Hawai y el Pacífico. Programa de Tecnología de Identificación APHIS (ITP) del USDA. Fort Collins. Consultado en mayo 2020, en <http://idtools.org/id/beetles/scarab/factsheet.php?name=15207>.
- Escobar, F., Halffter, G. y Arellano, L. (2007). From forest to pasture: an evaluation of the influence of environment and biogeography on the structure of dung beetle (Scarabaeinae) assemblages along three altitudinal gradients in the Neotropical region. *Ecography*, 30: 193-208.

- Estrada, A., Coates-Estrada, R., Anzures, A. y Cammarano, P. (1998). Dung and carrion beetles in tropical rain forest fragments and agricultural habitats at Los Tuxtlas, Mexico. *Journal of Tropical Ecology*, 14: 577-593.
- Edmonds, W. D. (1994). Revision of *Phanaeus* MacCleay, a new world genus of Scarabaeine dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Natural History Museum of Los Angeles County*, 443: 3-99.
- Edmonds, W. D. y Zidek, J. (2010). A taxonomic review of the neotropical genus *Coprophanæus* Olsoufieff, 1924 (Coleoptera: Scarabaeidae), Scarabaeinae. *Insecta Mundi*, 0129: 1-111.
- Erroussi, F. y Jay-Robert, P. (2018). Consequences of habitat change in euro Mediterranean landscapes on the composition and diversity of dung beetle assemblages (Coleoptera, Scarabaeoidea). *Journal of Insect Conservation*, 23: 15-28.
- Génier, F. (2009). Le genre *Eurysternus* Dalman, 1824 (Scarabaeidae: Scarabaeinae: Oniticellini), révision taxonomique et clés de détermination illustrées. *Pensoft Series Faunistica*, 85: 1-430.
- Génier, F. (2012). A new species and notes on the subgenus *Deltochilum* (*Deltochilum*) Eschscholtz, 1822 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae: Deltochilini). *Zootaxa*, 3357: 25-36.
- Guerrero-Guerrero, L., Huerta-Crespo, L. M. C. y Díaz-Rojas, A. (2013). análisis del comportamiento de *Eurysternus mexicanus* Harold, 1824 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) bajo condiciones naturales y de laboratorio. *Entomología Mexicana*, 2: 497-512.
- Dellacasa, M., Dellacasa, G. y Gordon, D. R. (2012). Systematic revision of *Gonaphodiellus* taxa, with description of two new genera and fourteen new species (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae). *Insecta Mundi*, 230: 1-41.
- Halffter, G. (1991). Historical and ecological factors determining the geographical distribution of beetles (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*, 82: 195-238.
- Halffter, G. (2003) Tribu Scarabaeinae. Pp. 21–43. En Morón, M. A. (Ed.). Atlas de escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. II, Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania editio. Barcelona.

- Halffter, G. y Favila, M. E. (1993). The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analyzing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biology International*, 27: 15-21.
- Halffter, G. y Matthews, E. G. (1966). The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*, 12: 1-312.
- Halffter, G., Verdú, J. R., Márquez, J. y Moreno, C. E. (2008). Análisis biogeográfico de Scarabaeinae y Geotrupinae a lo largo de un transecto en el centro de México (Coleoptera: Scarabaeidae). *Fragmenta Entomológica*, 40: 273-317.
- Hanski, I. y Cambefort, Y. (1991). *Dung beetles ecology*. New Jersey, Princeton Legacy Library. 418 pp.
- Hernández-Martínez, G. y Martínez, M. I. (2003). Desarrollo larval de *Canthon cyanellus cyanellus* LeConte, 1859 (Coleoptera: Scarabaeidae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 89: 185-200.
- Huerta, C. C., Arellano, G. L., Cruz, R. M., Escobar, S. F. y Martínez, M. I. (2016). Los escarabajos del estiércol en los potreros ganaderos de Xico. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México, 20 pp.
- Howden, F. H. (2003). Subfamilia Ceratocanthinae. Pp. 114-121 En: Morón, M. A (Ed.). *Atlas de los escarabajos de México* (Coleoptera: Lamellicornia). Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio, Barcelona, España.
- Hodkinson, D. I. (2005). Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80: 489-513.
- Howden, F. H. y Génier, F. (2004). Seven new species of *Onthophagus* Latreille from Mexico and the United States (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Faberies*, 29: 53-76.
- Hsieh, C. T., Ma, H. K. y Chao, A. (2016). iNEXT: An R package for rarefaction and extrapolation of species diversity (Hill numbers). *Methods in Ecology and Evolution*, 7: 1451-1456.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2009). *Prontuario de información geográficas municipal de los Estados Unidos Mexicanos*, La Misión, Hidalgo.

Consultado en noviembre 2019, en http://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13040.pdf.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2010). Marco Geoestadístico Municipal, V.5.0. Consultado en noviembre 2020, en www.cuentame.inegi.org.mx.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2018). Mapa Digital de México V6.3.0. Consultado en noviembre 2020, en www.cuentame.inegi.org.mx.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). (2018). Mapa Digital de México V6.3.0. Consultado en octubre 2020, en <http://gaia.inegi.org.mx/mdm6/?v=bGF0OjIxLjEzMTQ2LGxvbjotOTguOTg4NjQsejo4LGw6YzExMXNlcnZpY2lvc3x0YzExMXNlcnZpY2lvcw==>.
- Kohlmann, B. y Solís, A. (2001). El género *Onthophagus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia*, 9: 159-261.
- Lizar, V., Escobar, F. y Rojas-Soto, O. (2017). Diversity and distribution of Phanaeini (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) in Mexico. *Zootaxa*, 4358: 271-294.
- López-Guerrero, I. (2005). Los *Dichotomius* (Coleoptera: Scarabaeidae, Dichotomiini) de la fauna de México. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 36: 195-209.
- Márquez, J. (2004). Colección de coleópteros del Centro de Investigaciones Biológicas, UAEH. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, México. 35 pp.
- Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos, *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37: 392-394.
- Márquez, J., Morón, M. A., Asiain, J. y Vega-Badillo. (2017). Escarabajos de la familia Melolonthidae (Insecta: Coleoptera). Pp. 347-373. En: Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G, Sánchez-Rojas y C, Cuevas-Cardona (Eds.). Biodiversidad del estado de Hidalgo. Tomo II. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Márquez, J., Morón, M. A., Moreno, C., Asiain, J. y Sánchez-Rojas, G. (2017). Escarabajos de la familia Scarabaeidae (Insecta: Coleoptera). Pp. 389-412. En: Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G, Sánchez-Rojas y C, Cuevas-Cardona (Eds.). Biodiversidad del estado de Hidalgo. Tomo II. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.

- Márquez, J. y Asiain, J. (2017). Familia Staphylinidae (Insecta: Coleoptera). Pp. 413-454. En: Ramírez-Bautista, A., A. Sánchez-González, G. Sánchez-Rojas y C. Cuevas-Cardona (Eds.). Biodiversidad del estado de Hidalgo. Tomo II. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo/Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Pachuca de Soto, Hidalgo, México.
- Martínez, M. I., Cruz, R. M., Montes de Oca, T. E. y Suárez L. T. (2011). La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 28(1): 9-49.
- Martínez, M. I., Cruz, R. M., Huerta, C. C. y Montes de Oca, T. E. (2015). La cría de escarabajos estercoleros. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz, México. 52 pp.
- Martínez, M. I., Escobar, F., Almendarez, S., Martínez, A. K., González-Gómez, L. y González-Tokman, D. (2019). Nuevos datos sobre la distribución y la biología reproductiva de *Canthon imitator* Brown, 1946 (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie), 35: 1-7.
- MAP[N]ALL, Map-World (2020). Mapa-Municipio de La Misión (Hidalgo) (La Misión). Consultado en mayo del 2020, en http://www.mapnall.com/es/Mapa-Municipio-de-La-Misión_1594867.html.
- Medina, C. A., Lopera, T. A., Vitolo, A. y Gill, B. (2001). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) de Colombia. *Biota Colombiana*, 2: 131-144.
- Mieles, B. J. K. y Lerna, M. J. (2009). Abundancia y preferencia trófica de *Dichotomius belus* (Coleoptera: Scarabaeidae) en la reserva forestal de Colosó, Sucre. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 10: 1-7.
- Minor, P. (2017). New state records and updated checklist of Aphodiini and Eupariini (Coleoptera: Scarabaeidae: Aphodiinae) from Mexico. *Zootaxa*, 4244: 493-514.
- Moctezuma, V. y Halfpter, G. (2019). Una especie nueva de México y un nuevo registro para Guatemala del complejo de especies *Onthophagus dicranius* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90: 1-8.
- Moreno, C. E. (2019). La biodiversidad en un mundo cambiante: fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio. Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Pachuca de Soto, Hidalgo, México. 343 pp.
- Morón, M. A. (2000). Familia Scarabaeidae (*sensu stricto*) diagnosis, distribución y diversidad. Pp. 14-45. En: Morón, M. A. (Ed.). *Atlas de los escarabajos de México*

(Coleoptera: Lamellicornia). Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Instituto de Ecología.

- Morón, M. A. (2003). Antecedentes. Pp. 19-174 En: Morón, M. A. (Ed.). Atlas de los escarabajos de México (Coleoptera: Lamellicornia). Vol. II. Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio, Barcelona, España.
- Morón, M. A. (2004). Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología. A. C., Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España. 204 pp.
- Morón, M. A. (2006). Patrones de distribución de la familia Scarabaeidae (Coleoptera). Pp. 271-293. En: Morrone, J. J. y J. Llorente-Bousquets (Eds.). Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana. Las prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Morón, M. A. y Terrón, R. A. (1984). Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* 3: 1-47.
- Morón, M. A., Aragón, A., Tapia-Rojas, A. M. y Rojas-García, R. (2000). Coleoptera Lamellicornia de la Sierra del Tentzo, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 79: 77-102.
- Morón, M. A. y Márquez, J. (2012). Nuevos registros estatales y nacionales de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) y comentarios sobre su distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83: 698-711.
- Morón, M. A., Aragón-García, A. y Carillo-Ruiz, H. (Eds.). (2013). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. *Escarabajos Mesoamericanos* A. C. México, 465 pp.
- Ocampo, C. F., Hawks, D. C. y Balleiro, A. (2006). Phylogenetic analysis of the scarab family Hybosoridae and monographic revision of the New World subfamily Anaidinae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Bulletin of the University of Nebraska State Museum*, 19: 32-69.
- Ortega, I. J. (2010). Comunidad de escarabajos coprófagos en ecotonos entre bosque templado y pastizal en Jacala de Ledezma, Hidalgo, México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México. 53 pp.

- Percino-Figeroa, S. M. y Morón, M. A. (2013). Región de Zacatlán. Pp. 189-206. En: M. A. Morón, A. Aragón-García y H. Carrillo-Ruiz (Eds.). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos Mesoamericanos A. C. México.
- Pérez-Torres, B. C., Aragón, C. y Tapia, A. M. (2013). Región del Valle de Puebla. Pp. 55-82. En: M. A. Morón, A. Aragón-García y H. Carrillo-Ruiz (Eds.). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos Mesoamericanos A. C. México.
- Pulido, H. L. A. y Zunino, M. (2007). Catálogo preliminar de los Onthophagini de América (Coleoptera: Scarabaeidae). Pp. 94-129. En: Zunino, M. y Melic, A. (Eds.). Escarabajos, diversidad y conservación biológica. Ensayos en homenaje a Gonzalo Halffter. Sociedad Entomológica Aragonesa, Italia, Vol. VII.
- Ramírez, G. J. M. (2018). Distribución altitudinal y tolerancia térmica de los escarabajos coprófagos en la Orinoquía colombiana. Tesis de Licenciatura. Universidad de los Llanos, Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Departamento de Biología y Química, Villavicencio, Colombia, 63 pp.
- Rangel-Acosta, J. L., Blanco-Rodríguez, O. R. y Martínez-Hernández, N. J. (2016). Escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en diferentes usos del suelo en la reserva campesina la montaña (RCM) en el Departamento del Atlántico, Colombia. Boletín Científico, Museo de Historia Natural, 20: 79-97.
- Rangel-Acosta, J. Solano-Torres, J. A. y Martínez-Hernández, N. J. (2018). Variación temporal y vertical de los escarabajos coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en dos fragmentos de bosque seco tropical en el Departamento del Atlántico, Colombia. Boletín Científico, Museo de Historia Natural, 20: 179-198.
- Rivera-Cervantes, L. E. y Halffter, G. (1999). Monografía de las especies mexicanas de *Canthon* del subgénero *Glaphyrocantion* (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 77: 23-150.
- Rivera-Gasperín, S. L. y Escobar-Hernández, F. (2020). Especies de Scarabaeoidea (Coleoptera) del CICOLMA, Veracruz, México. Acta Zoológica Mexicana (nueva serie), 36: 1-19.
- Rodríguez-López, M. E., Sánchez-Hernández, G. y Gómez, B. (2019). Escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la reserva El Zapotal, Chiapas, México. Revista Peruana de Biología, 26: 339-350.

- R Development Core Team. (2015). R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Sánchez-Hernández, G., Gómez, B., Delgado, L., Rodríguez-López, M. E. y Chamé-Vázquez, R. E. (2018). Diversidad de escarabajos copronecrófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. *Caldasia*, 40(1): 144-160.
- Solís, Á. y Kohlmann, B. (2013). El género *Uroxys* (Coleoptera: Scarabaeidae) en Costa Rica. *Giornale Italiano di Entomologia*, 13: 289-340.
- Sociedad, ciencia y literatura (Nexos). Las lluvias en México (2021). Consultado en abril 2021, en <https://www.nexos.com.mx/?p=3669>.
- SNIB-CONABIO (Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (2018). Base de Datos SNIB-CONABIO 2018. México, Ciudad de México. Consultado en diciembre 2020, en <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.
- Trujillo-Miranda, A. L., Carrillo-Ruiz, H., Rivas-Arancibia, S. P. y Andrés-Hernández, A. R. (2016). Estructura y composición de la comunidad de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en el cerro Chacateca, Zapotitlán, Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87: 109-122.
- Verdú, J. R., Moreno, C. E., Sánchez-Rojas, G., Numa, C., Galante, E. y Halffter, G. (2007). Grazing promotes dung beetle diversity in the xeric landscape of a Mexican Biosphere Reserve. *Biological Conservation*, 140: 308-317.
- Yanes-Gómez, G., Pérez-Méndez, M., Ramírez-González, O. I., Morón, M. A., Carrillo-Ruiz, H. y Romero-López, A. (2015). Diversidad de coleópteros copro-necrófagos en el Rancho Canaletas, Paso del Macho, Veracruz, México. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 32: 283-290.
- Zhang, Z. Q. (2013). Phylum Arthropoda. *Zootaxa*, 3703: 017-026.
- Zunino, M. (2017). Sobre el régimen alimenticio de *Sisyphus schaefferi* (Linnaeus) (Coleoptera: Scarabaeidae: Sisyphini). *Dugesiana*, 24: 25-29.

Anexo 1. Lista de especies de Scarabaeidae con sus gremios tróficos con base en información de literatura (referencias en la diagnosis de especies).

Especies	Gremios tróficos (coprófaga, necrófaga y copronecrófaga)
<i>Gonaphodiopsis deloyai</i>	coprófaga
<i>Haroldiellus sallei</i>	coprófaga
<i>Ataenius</i> sp.	coprófaga
<i>Cerotocanthus</i> sp.	coprófaga
<i>Anaides laticollis</i>	copronecrófaga
<i>Uroxys deavilai</i>	copronecrófaga
<i>Canthon cyanellus</i>	coprófaga
<i>Canthon imitator</i>	coprófaga
<i>Canthon indigaceus</i>	coprófaga
<i>Canthon circulatus</i>	coprófaga
<i>Canthon</i> sp.	coprófaga
<i>Deltochilum gibbosum</i>	coprófaga
<i>Deltochilum mexicanum</i>	necrófaga
<i>Deltochilum scabriusculum</i>	coprófaga
<i>Sisyphus submonticolus</i>	copronecrófaga
<i>Copris incertus</i>	coprófaga
<i>Copris</i> sp.	coprófaga
<i>Dichotomius amplicollis</i>	coprófaga
<i>Ontherus mexicanus</i>	coprófaga
<i>Eurysternus magnus</i>	coprófaga
<i>Eurysternus mexicanus</i>	copronecrófaga
<i>Onthophagus cyanellus</i>	coprófaga
<i>Onthophagus incensus</i>	copronecrófaga
<i>Onthophagus lecontei</i>	coprófaga
<i>Onthophagus</i> sp. cercano a <i>lecontei</i>	coprófaga
<i>Coprophanæus corythus</i>	necrófaga
<i>Coprophanæus pluto</i>	necrófaga
<i>Phanaeus amethystinus</i>	copronecrófaga

Especies coprófagas = 19

Especies necrófagas = 3

Especies Copronecrófagas = 6

Anexo 2. Lista de especies de Scarabaeidae y sus registros en cada uno de los sitios del gradiente altitudinal. El * indica la presencia de la especie en el sitio.

Especies	Sitios de muestreo del gradiente		
	Sitio alto	Sitio medio	Sitio bajo
<i>Gonaphodiopsis deloyai</i>	*		
<i>Haroldiellus sallei</i>	*		*
<i>Ataenius</i> sp.	*	*	
<i>Cerotocanthus</i> sp.	*		
<i>Anaides laticollis</i>		*	*
<i>Uroxys deavilai</i>			*
<i>Canthon cyanellus</i>	*	*	*
<i>Canthon imitator</i>			*
<i>Canthon indigaceus</i>	*		*
<i>Canthon circulator</i>		*	*
<i>Canthon</i> sp.	*	*	*
<i>Deltochilum gibbosum</i>	*	*	*
<i>Deltochilum mexicanum</i>	*		
<i>Deltochilum scabriusculum</i>	*	*	*
<i>Sisyphus submonticolus</i>		*	*
<i>Copris incertus</i>	*	*	*
<i>Copris</i> sp.		*	
<i>Dichotomius amplicollis</i>	*	*	*
<i>Ontherus mexicanus</i>	*	*	
<i>Eurysternus magnus</i>	*	*	*
<i>Eurysternus mexicanus</i>		*	*
<i>Onthophagus cyanellus</i>	*		*
<i>Onthophagus incensus</i>	*	*	*
<i>Onthophagus lecontei</i>	*	*	*
<i>Onthophagus</i> sp. cercano a <i>lecontei</i>		*	*
<i>Coprophanæus corythus</i>	*		*
<i>Coprophanæus pluto</i>		*	*
<i>Phanaeus amethystinus</i>	*	*	*

Especies exclusivas del sitio alto = 3

Especies exclusivas del sitio medio = 1

Especies exclusivas del sitio bajo = 2

Especies compartidas = 10

Anexo 3. Lista de especies de Scarabaeidae y sus registros por época de muestreo (sequía y lluvia). El * indica la presencia de la especie en la época.

Especies	Épocas de año	
	Sequía	Lluvia
<i>Gonaphodiopsis deloyai</i>		*
<i>Haroldiellus sallei</i>		*
<i>Ataenius</i> sp.		*
<i>Cerotocanthus</i> sp.		*
<i>Anaides laticollis</i>		*
<i>Uroxys deavilai</i>		*
<i>Canthon cyanellus</i>	*	*
<i>Canthon imitator</i>		*
<i>Canthon indigaceus</i>		*
<i>Canthon circulatus</i>		*
<i>Canthon</i> sp.	*	*
<i>Deltochilum gibbosum</i>	*	*
<i>Deltochilum mexicanum</i>	*	*
<i>Deltochilum scabriusculum</i>	*	*
<i>Sisyphus submonticolus</i>	*	*
<i>Copris incertus</i>		*
<i>Copris</i> sp.		*
<i>Dichotomius amplicollis</i>	*	*
<i>Ontherus mexicanus</i>	*	*
<i>Eurysternus magnus</i>	*	*
<i>Eurysternus mexicanus</i>		*
<i>Onthophagus cyanellus</i>		*
<i>Onthophagus incensus</i>		*
<i>Onthophagus lecontei</i>	*	*
<i>Onthophagus</i> sp. cercano a <i>lecontei</i>		*
<i>Coprophanaeus corythus</i>		*
<i>Coprophanaeus pluto</i>		*
<i>Phanaeus amethystinus</i>	*	*

Especies exclusivas para sequía = 0

Especies exclusivas para lluvias = 17

Especies compartidas = 11

