



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

DISTRIBUCIÓN DE ESCARABAJOS NECRÓFILOS
(COLEOPTERA) EN UN GRADIENTE ALTITUDINAL EN EL
PARQUE ESTATAL SIERRA TEPOTZOTLÁN, ESTADO DE
MÉXICO

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO:

P R E S E N T A :

HEBER RIOS DOMÍNGUEZ

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Esteban Jiménez Sánchez

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México, 2023





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres y hermano por apoyarme durante toda la carrera y animarme a formar parte de esta, por su paciencia, confianza y consejos. Porque siempre estuvieron para mí pese a que en ocasiones hubo malos momentos en la familia. Siempre estaré agradecido.

A mi amigo y compañero de tesis Carlos Alberto que siempre estuvo ahí cuando realizamos esta investigación y la suya. También a su padre que, gracias a él, conocí a uno de mis mejores amigos, ya que lo hizo llegar hasta donde estamos; y pese a que no lo conocí por mucho tiempo, siempre se me hizo una gran persona.

A mi asesor de tesis el Dr. Esteban quien, aunque no tenía mucho tiempo por sus investigaciones y clases en la facultad, tomaba parte de su tiempo libre para estar junto a mí para ayudar en las identificaciones de los especímenes y posteriormente en el análisis de datos y escritura de este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A mis revisores de tesis: Dr. Leticia, Dr. Franco, Mtro. Padilla y Prof. Alberto, que tuvieron disponibilidad al ayudarme a pulir este trabajo y mejorarlo.

A los tejuinos que están y ya no están. Mi grupo de amigos, quienes me ayudaron durante la carrera y la hicieron más amena. Que, aunque no platicáramos mucho entre nosotros cuando terminamos las materias, sabíamos que contábamos con cualquiera de nosotros.

Finalmente, a la delegación ambiental de Tepetzotlán, que me brindo la información principal del área de estudio. En específico a Heriberto, quien tuvo la mayor disponibilidad para hablar sobre esta investigación.

ÍNDICE

RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	9
OBJETIVOS	15
Objetivo general.....	15
Objetivos particulares	15
ÁREA DE ESTUDIO	16
MATERIAL Y MÉTODOS	16
RESULTADOS	18
Distribución temporal	19
Distribución altitudinal	24
Diversidad.....	26
Similitud.....	29
Gremios tróficos	29
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES	36
LITERATURA CITADA	37
APÉNDICE 1	45
APÉNDICE 2	49

RESUMEN

Se realizó un estudio acerca de la distribución altitudinal de escarabajos necrófilos en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán en el Estado de México, donde se muestreó mensualmente durante un año, de noviembre de 2021 a octubre de 2022. El muestreo se realizó en tres sitios con diferente altitud: 2,500 msnm, que corresponde a un matorral xerófilo y 2,600 y 2,700 msnm, que corresponden con un bosque de encino. Se utilizaron tres trampas tipo NTP-modificadas por sitio; separadas entre sí cada 100 m aproximadamente. Se recolectaron 6,482 escarabajos necrófilos agrupados en 19 familias, 14 especies y 65 morfoespecies. En el muestreo dominaron las familias Leiodidae, Histeridae, Staphylinidae y Silphidae, que agruparon el 97% de la abundancia total. Staphylinidae, Curculionidae, Carabidae, Nitidulidae e Histeridae fueron las más ricas, mientras que el resto de las familias presentaron menos de cinco especies. Los escarabajos necrófilos se presentaron durante todo el año, pero los meses abundantes fueron julio y agosto. Mientras que, los meses con más riqueza fueron mayo, agosto y noviembre, que corresponden con la temporada de lluvias. La mayor abundancia se presentó a 2,600 msnm. Mientras que, la más rica fue a 2,500 msnm. Staphylinidae, Silphidae y Leiodidae fueron abundantes a los 2,600 msnm. Histeridae disminuyó en abundancia conforme incremento la altitud. Los valores máximos de diversidad y uniformidad se obtuvieron a 2,500 msnm, además, se mostraron diferencias significativas para estas dos variables entre las tres altitudes mediante la prueba de t ($p_{2,500-2,600} = 5.1538E-68$; $p_{2,500-2,700} = 4.4787E-22$; $p_{2,600-2,700} = 3.65E-11$) y la corrección de Bonferroni ($\alpha = 0.016$). El índice de Bray-Curtis indicó una similitud faunística del 30% entre las tres altitudes y las de mayor similitud fueron 2,600 y 2,700 msnm (67%). Las curvas de acumulación de especies por sitio no mostraron una asíntota definida y los estimadores Chao 1 y ACE sugieren que se obtuvo un promedio entre las tres altitudes de 61-80%. En cuanto a la proporción de gremios tróficos para la riqueza, indicó que más de la mitad de las especies son

depredadoras (51%) y para la abundancia los fungívoros (52%) fue el gremio con mayor número de individuos. Se puede observar que se tiene un patrón de la influencia de la altitud sobre la riqueza, la abundancia y la diversidad, ya que los valores de riqueza disminuyen ante el incremento de la altitud, la abundancia presenta su valor alto en la altitud media y la diversidad tiene su valor mínimo en la altitud intermedia, pero el máximo en la altitud más baja.

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos poseen una gran diversidad y son de los grupos más abundantes a nivel mundial, gracias a su variedad de gremios tróficos, puesto que pueden ser depredadores, saprófagos, micófagos, fitófagos, polinizadores, coprófagos y necrófagos. Estos gremios les confieren un papel ecológico de vital importancia al ser los principales recicladores de materia orgánica y por ello hoy en día tienen alrededor de 211 familias y 392, 415 especies descritas (Labrador, 2005; Bouchard *et al.*, 2011; Zhang, 2013).

Para México se tienen descritas 116 familias de coleópteros de las cuales 38 son necrófilas y de estas las más importantes por su número de individuos y especies son cinco familias: Staphylinidae, Scarabaeidae, Histeridae, Silphidae y Trogidae. Para este tipo de escarabajos la carroña no solo representa una gran fuente de alimento sino un hábitat óptimo para realizar una parte o todo su ciclo de vida y funge como un sitio donde se pueden depredar a otros individuos. Por otro lado, desempeñan un papel descomponedor en los ecosistemas, regulan las poblaciones de otros insectos, mejoran la aireación, almacenan humedad y aceleran los ciclos de nutrientes del suelo, además ayudan en los estudios forenses al estar asociados a los cadáveres, ya que su mera presencia aporta información acerca del intervalo post-mortem (Galante y Marcos-García, 1997; Labrador, 2005; García-Fernández *et al.*, 2014).

En el Estado de México se han realizado diversos estudios acerca de escarabajos en vegetaciones específicas, siendo las más estudiadas: el bosque de encino, el bosque mesófilo de montaña, el bosque de pino, el bosque tropical caducifolio y el pastizal, no obstante, aún se tiene un gran desconocimiento y falta de inventarios faunísticos, especialmente en el tipo de vegetación matorral xerófilo (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009).

Debido a la gran variación altitudinal del país donde el 65% de su superficie es montañosa por arriba de los 500 m de altitud y en particular la provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana de la cual forma parte el área del presente estudio,

incluye las elevaciones mayores del territorio mexicano (Morrone, 2019), por lo cual es importante considerar la distribución altitudinal, además de la distribución espacial y temporal de los organismos. Se ha observado que en zonas con mayor altitud existe una variación climática que solo permite ser habitada por grupos adaptados, mientras que a menor altitud se presenta una mayor riqueza por la estabilidad climática que posee y en el caso específico de los escarabajos, generalmente se tiene asociada una disminución de la riqueza, abundancia y diversidad conforme la altitud aumenta y esto se ha vinculado en diferentes estudios a los cambios de las características del suelo, variables climáticas, comunidades de plantas e interacciones bióticas, ya que estos factores llegan a transformar las condiciones de los hábitats (Sánchez-Ramos *et al.*, 1993; Guerrero y Sarmiento, 2010; Hernández-Márquez, 2014; Rodríguez *et al.*, 2019).

Por la gran importancia de los coleópteros necrófilos en el ecosistema y a que aún falta completar el inventario faunístico y estudios en algunos tipos de vegetación, es necesario conocer la distribución, diversidad, riqueza y abundancia de estos organismos, para investigaciones posteriores.

ANTECEDENTES

Para el municipio de Tepetzotlán no existe ningún trabajo acerca de la entomofauna de la zona, sin embargo, otros investigadores han realizado estudios similares en gradientes altitudinales en otras regiones del país entre los que se encuentran:

Morón y Terrón (1984) implementaron la Necrotrampa Permanente modelo 1980 (NTP-80) en un estudio sobre distribución altitudinal y estacional de insectos necrófilos realizado en bosque tropical y mesófilo de montaña ubicados entre Otongo y Tlanchicol en Hidalgo, México. Obtuvieron mediante la trampa 71,034 insectos, donde 17,386 eran coleópteros. Por su biomasa, y distribución estacional y altitudinal, Leiodidae y Scarabaeidae son el grupo de escarabajos necrófilos más importantes del área. La diversidad de los Scarabaeidae no disminuye en forma inversa a lo largo del transecto altitudinal. A los 650 msnm en el bosque tropical y a 1,120 en el bosque mesófilo existe un fenómeno de sustitución ecológica o estacional de coleópteros necrófilos, ya que algunas familias predominan durante ciertos meses mientras que otras disminuyen.

Martín y Lobo (1993) realizaron un estudio donde compararon los patrones de distribución altitudinal de escarabajos copro-necrófagos de una montaña subtropical de la Zona de Transición Mexicana y una cordillera mediterránea del Sistema Ibérico Central. Recolectaron 147 especímenes agrupados en 18 especies y se observó que el número de especies disminuye a medida que aumenta la altitud.

Sánchez-Ramos *et al.* (1993), utilizaron trampas tipo NTP-80 para describir la distribución altitudinal y estacional de la entomofauna necrófila en las vegetaciones de bosque tropical subcaducifolio, mesófilo de montaña y de pino-encino en la Reserva de la Biosfera “El Cielo” en Tamaulipas, México. Recolectaron un total de 55,375 individuos

donde el 56.4% correspondía al orden Coleoptera. En el estudio se determinó que la abundancia total tanto en Coleoptera como Díptera disminuye sustancialmente conforme la altitud asciende.

Halfpter *et al.* (1995), realizaron un estudio para examinar los patrones de distribución para las familias Scarabaeidae, Geotrupidae y Silphidae encontrados en la Zona de Transición Mexicana a lo largo de un gradiente altitudinal de 450 a 2,600 msnm en Veracruz México, donde las vegetaciones eran: bosque tropical, de pino y nuboso, pastizal y cafetal. Capturaron 3,878 escarabajos donde Scarabaeinae fue la más abundante. Observaron que Scarabaeinae se encontraba entre 1,200-1,350 msnm y que Silphidae es más abundante a los 1,770, también que la riqueza de especies en los bosques disminuye a mayores altitudes y que fue mayor en el bosque tropical y el bosque nuboso, mientras que el bosque de pino tuvo menos especies que los pastizales.

Navarrete-Heredia (1995) estudió la distribución de coleópteros Silphidae de Jalisco y del Volcán de Tequila, donde tomo 5 sitios de muestreo en base a la altitud y vegetación: bosque tropical caducifolio (1,300m), bosque mixto (1,800m), bosque de encino-pino (1,950m), bosque mesófilo de montaña (2,350m) y bosque encino (2,800m). Encontró que la mayor riqueza específica y abundancia se observó en bosque mixto y bosque de encino-pino, y que, la riqueza menor se presentó en el bosque de encino a los 2,800m.

Jiménez-Sánchez *et al.* (2000) realizaron un estudio sobre estafilínidos necrófilos en la Sierra de Nanchititla en el Estado de México, México en cinco sitios con un bosque tropical caducifolio, pino-encino y de pino, con un rango altitudinal de entre 1,110 y

1,940. Obtuvieron 4,582 individuos agrupados en ocho familias y 50 especies. La mayor riqueza se presentó a la altitud de 1,790 msnm en el bosque de pino-encino (s= 30) y en 1,540 en el bosque tropical caducifolio (s= 27), mientras que la menor riqueza se observó a menor altitud a los 1,110 en el bosque tropical caducifolio (s= 18) y a 1,940 en el bosque de pino (s= 22). En el caso de la abundancia, los valores menores se presentaron a la altitud de 1,110 msnm (n= 429) mientras que la mayor a 1,790 (n= 1238).

Méndez-Castellanos (2002) realizó un estudio sobre macro-coleópteros necrófilos de las familias Silphidae, Trogidae, Geotrupidae y Scarabaeidae de la Sierra Nanchititla en Estado de México, México en cinco sitios de muestreos donde se tenían bosque tropical caducifolio, bosque mixto de pino-encino y bosque de pino, en un rango altitudinal de 1,110 a 1,940. Se determinaron cuatro especies para Silphidae, 17 para Scarabaeidae, y una especie para Trogidae y Geotrupidae. La mayor riqueza se presentó en el bosque tropical caducifolio a 1,540 y la menor a los 1,580 donde había un bosque de pino-encino. En el caso de la abundancia, se colectaron un total de 2,923 individuos donde Scarabaeidae fue la más abundante, seguida de Silphidae y Trogidae. La mayor abundancia se presentó a 1,298 y 1,007 msnm en un bosque tropical caducifolio, mientras que la menor se presentó en el bosque de pino-encino a los 1,790 y 1,590.

Márquez (2003) realizó un estudio sobre estafilínidos en cinco sitios en Tlayacapan en Morelos, México, donde las vegetaciones eran bosque de pino-encino, nuboso, templado caducifolio y pino en un rango altitudinal de entre 1,534 msnm a 1,930. Colectaron un total de 5,192 especímenes agrupados en 11 subfamilias y 76 especies. La mayor riqueza se presentó en la altitud de 1,783 msnm en el bosque nuboso y la menor

en el bosque de pino a 1,930. Por otro lado, la abundancia tuvo su valor más alto en el bosque nuboso y de igual manera, la menor en el bosque de pino.

Acuña-Soto (2004) realizó un estudio faunístico de coleópteros necrófilos en la Sierra del Norte de Puebla, donde se hizo un muestreo mensual durante un año mediante trampas NTP-80 en un transecto altitudinal de 350 a 1,300 msnm en 5 sitios diferentes: uno con un bosque mesófilo de montaña y otro con una selva alta perennifolia, donde se seleccionaron tres estaciones con actividad humana: un pastizal inducido, un cafetal y un vivero. Obtuvo 51 especies y 11 nuevos registros. Encontró que para la familia Histeridae y Scarabaeidae la diversidad disminuye con la altitud y que ocurre algo inverso con Silphidae y Staphylinidae. También que la zona más diversa y abundante fue el bosque mesófilo de montaña a 380 msnm.

Trevilla-Rebollar *et al.* (2010), en Malinalco, Estado de México se realizó un muestreo entre agosto del 2005 y julio del 2006 utilizando trampas tipo NTP-80 para analizar la distribución altitudinal de Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae en un bosque tropical caducifolio, pastizal y bosque de encino, establecidos en un gradiente de entre 1,253 a 2,300 msnm. Colectaron 7,680 organismos de los cuales se observó que las familias Silphidae y Trogidae representan el 22% de la riqueza obtenida y que a mayor altitud se tiene menor riqueza específica.

Jiménez-Sánchez *et al.* (2011) llevaron a cabo un estudio acerca de estafilínidos necrófilos en Malinalco, Estado de México, donde se hizo un muestreo mensual durante un año en cinco localidades en un gradiente altitudinal (1,253-2,300 msnm) con tres tipos de vegetaciones (bosque de pino-encino, bosque tropical caducifolio y pastizal inducido).

Capturaron 5,390 individuos agrupados en 11 familias, 37 géneros y 62 especies. Determinaron que la abundancia y riqueza tuvieron sus mayores picos durante época de lluvias, que la zona más rica fue el bosque caducifolio, seguido del de pino-encino y las menos ricas fue el pastizal inducido. La mayor abundancia se presentó en las zonas de bosque tropical caducifolio entre los 1,253 msnm y 1,475, mientras que la zona con mayor riqueza, de igual manera se presentaron en las mismas zonas donde las especies oscilaron entre 37 y 39.

Hernández-Márquez (2014) realizó un estudio para evaluar la distribución altitudinal de coleópteros necrócolos en el Cerro de García, Jalisco, con un gradiente de entre 1,600 y 2,700 msnm. Donde determinó lo siguiente: la mayor riqueza se presentó entre los 1,600 y 1,800 msnm, la diversidad beta muestra que el reemplazo de especies ocurre parcialmente entre gradientes subsecuentes y se presentan dos patrones de distribución donde el primero, está asociado a la riqueza de especies que disminuye conforme al aumento de altitud y el segundo, se asocia a la concentración de la diversidad en partes medias presenta un pico medio de dominancia o la existencia del efecto de ecotono a los 2,000 msnm.

Trujillo-Miranda y colaboradores (2016) estudiaron la abundancia, riqueza y diversidad de la fauna Scarabaeoidea en el cerro Chacateca en Zapotitlán, Puebla. Realizaron un muestreo en la época de lluvia y sequía, en tres sitios entre 1,858 y 2,319 msnm, vegetación y textura de suelo, y con el uso de necrotrampas, coprotrampas, trampas de fruta, trampas de luz y recolecta directa. Colectaron un total de 1,300 individuos de 16 géneros y 25 especies. La altitud más alta presentó la mayor abundancia

(819) y riqueza (9) mientras que el sitio más bajo tuvo la menor abundancia (20) y riqueza (4).

Rodríguez *et al.* (2019) realizaron un estudio para analizar la influencia de la humedad, temperatura y distribución tanto temporal como altitudinal en la composición de abundancia y riqueza de estafilínidos en un bosque de *Quercus* en Jalisco, México. Capturaron un total de 18,054 individuos pertenecientes a nueve subfamilias, 11 tribus, 33 géneros y 75 especies. Se determinó que la mayor diversidad se obtuvo en épocas de lluvia y la más baja en época seca, también que a los 2,700 msnm la diversidad tuvo el valor más alto, seguido de 2,100.

Estas investigaciones tienen como patrón general que tanto la abundancia y riqueza disminuyen conforme aumenta la altitud, además presentan muchas de las familias que se han registrado en el Estado de México, lo cual aporta la suficiente información para comparar los patrones presentes en los estudios con el obtenido en este trabajo.

OBJETIVOS

Objetivo general

Conocer el patrón de distribución de coleópteros necrófilos en un gradiente altitudinal en el Parque Estatal Sierra de Tepetzotlán en el Estado de México.

Objetivos particulares

- Comparar la abundancia, riqueza y diversidad de coleópteros en un gradiente altitudinal.
- Analizar la variación temporal del ensamblaje de coleópteros necrófilos en un gradiente altitudinal.
- Analizar la similitud faunística de coleópteros entre las distintas altitudes.
- Analizar el efecto de la temperatura media y la precipitación en la riqueza y abundancia a lo largo del gradiente altitudinal.
- Comparar la proporción de gremios tróficos de los coleópteros necrófilos muestreados con otros estudios.

ÁREA DE ESTUDIO

Se ubica dentro del Estado de México en el área natural protegida Parque Estatal Sierra Tepetzotlán entre los 19° 42' 00" y 19° 50' 00" latitud N y 99° 13' 50" y 99° 22' 30" longitud O, dentro de la formación montañosa Sierra de Tepetzotlán, en el municipio de Tepetzotlán. La Coordinación General de Conservación Ecológica Delegación Regional Tepetzotlán (com. pers.) indica que pertenece a las provincias fisiográficas del Eje Neovolcánico y la subprovincia Lagos y volcanes de Anáhuac. Posee un rango altitudinal de entre los 2,500 a los 3,000 msnm. Presenta un clima general C(w)(w') que corresponde a un templado subhúmedo con lluvias en verano, una temperatura media de 22.8 °C y una precipitación media anual de 672.2 mm. La temporada de lluvias es de mayo a octubre y la de sequía de noviembre a marzo. La sierra cuenta con tres tipos de vegetación: bosque de encino (que predomina en las zonas de mayor altitud), matorral xerófilo y pastizal, de los cuales, el último es inducido por la perturbación humana.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este estudio se llevó a cabo en la ladera Sur del Cerro Tres Cabezas ubicado en Tepetzotlán, Estado de México (19° 44' 37.4" N, 99° 18' 48.5" O), en tres sitios de muestreo con diferente altitud: 2,500 msnm, que corresponde a un matorral xerófilo (MX), y 2,600 y 2,700 msnm, que corresponden con un bosque de encino (BE) (Fig. 1). En cada uno de los sitios se estableció un transecto de 300 m aproximadamente, para colocar tres trampas tipo NTP-80 (Morón y Terron, 1984) separadas entre sí por una distancia aproximada de 100 m. Cada una de las trampas fue cebada con calamar (100 g), el cual fue sustituido cada mes y se utilizó etilenglicol al 50% como líquido conservador.

Los muestreos se realizaron mensualmente durante un año, de noviembre de 2021 a octubre de 2022, y los organismos fueron filtrados y conservados en frascos con alcohol al 70%.



Figura 1. Sitios de recolecta. A= Matorral xerófilo (MX), B= Bosque de encino (BE).

Todos los organismos recolectados fueron identificados al menor nivel taxonómico posible, utilizando las claves de: Newton (1973), Mazur (2001), Navarrete-Heredia *et al.* (2002), Borror y DeLong (2005), Navarrete-Heredia (2009) y Márquez y Asiain (2010), así como, por comparación con especímenes depositados en la Colección de Artrópodos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (CAFESI), UNAM, donde también fue depositado todo el material recolectado en el presente estudio.

Para llevar a cabo el análisis de datos se cuantificó el número de individuos y la riqueza de especies por mes y por sitio, para posteriormente obtener el índice de diversidad de Shannon (H') y la uniformidad (E) para cada uno, se aplicó la prueba de t de Hutchenson y la corrección de Bonferroni para comparar la diversidad de estos y para determinar las especies dominantes y raras en el muestreo, se obtuvieron las curvas de rango abundancia (Magurran, 1989; Hammer *et al.*, 2001).

El programa PAST V 4.11 se utilizó para el tratamiento de datos y para observar la similitud del ensamblaje de escarabajos en los tres gradientes altitudinales mediante el análisis y dendograma en ligamiento simple y con un bootstrap de 100 repeticiones del

índice de similitud y disimilitud de Bray-Curtis, que toma en cuenta datos de abundancia (Palacio *et al.*, 2020).

Por otro lado, para conocer la eficiencia del muestreo se realizaron curvas de acumulación de especies por sitio mediante el programa EstimateS V 9.1 y los estimadores ACE y Chao 1, que se basan en la abundancia (Colwell, 2006).

Posteriormente, se aplicó una prueba de normalidad para determinar el coeficiente a utilizar para las correlaciones y así conocer si existe una relación entre las variables de riqueza, abundancia, precipitación y temperatura media, por lo que el coeficiente de correlación de Pearson se utilizó para la relación abundancia-temperatura media y Spearman para el resto de las relaciones (Restrepo y Gonzales *et al.*, 2007; Palacio *et al.*, 2020).

Finalmente, se compararon los gremios tróficos de las especies muestreadas con las de otros estudios, basándose en su determinación en la revisión bibliográfica de trabajos especializados para las familias de coleópteros necrófilos.

RESULTADOS

Se obtuvieron un total de 6,482 individuos pertenecientes a 19 familias y 79 especies, de las cuales 65 fueron determinadas a morfoespecie y 14 a especie. Las familias más abundantes del muestreo fueron Leiodidae, Histeridae, Staphylinidae y Silphidae que agruparon el 97% de todos los escarabajos capturados. Staphylinidae fue la familia con mayor riqueza (s= 34), seguida de Curculionidae (s= 7), Carabidae (s= 6), Nitidulidae (s= 6) e Histeridae (s= 5), mientras que el resto de las familias tuvieron menos de cinco especies (Apéndice 1).

Distribución temporal

Los meses con mayor abundancia de coleópteros fueron julio con 1,010 individuos y agosto con 995, que correspondió a la temporada de lluvias donde la precipitación y temperatura media tuvieron valores altos. Los menos abundantes fueron enero y febrero con 141 y 97 individuos respectivamente (Apéndice 1), los cuales coincidieron con la temporada de sequía (Fig. 2). El índice de correlación de Spearman y Pearson muestran una relación significativa de la precipitación ($r= 0.65$; $p= 0.02$) y la temperatura media ($r= 0.75$; $p= 0.004$) con la abundancia.

La mayor riqueza se obtuvo en la temporada de lluvias en mayo y agosto, ambos con 33 especies, sin embargo, se presentaron picos altos de riqueza durante la sequía en noviembre y diciembre, que contaron con 33 y 28 especies respectivamente (Fig. 3). Los meses con menor riqueza, fueron marzo con 15 especies y enero y febrero, ambos con 17 especies (Apéndice 1). El coeficiente de Spearman indicó que no existe una correlación entre la riqueza con la precipitación ($p= 0.14$) y la temperatura media ($p=0.17$).

De las familias representativas, la que presentó la mayor abundancia fue Leiodidae ($n= 3,268$) seguida de Histeridae ($n= 1,294$), Staphylinidae ($n= 991$) y Silphidae ($n= 740$).

En el caso de la riqueza, Staphylinidae presentó el mayor número de especies ($s= 34$), mientras que Histeridae ($s= 5$), Silphidae ($s= 4$) y Leiodidae ($s= 2$) fueron las de menor riqueza (Fig. 4).

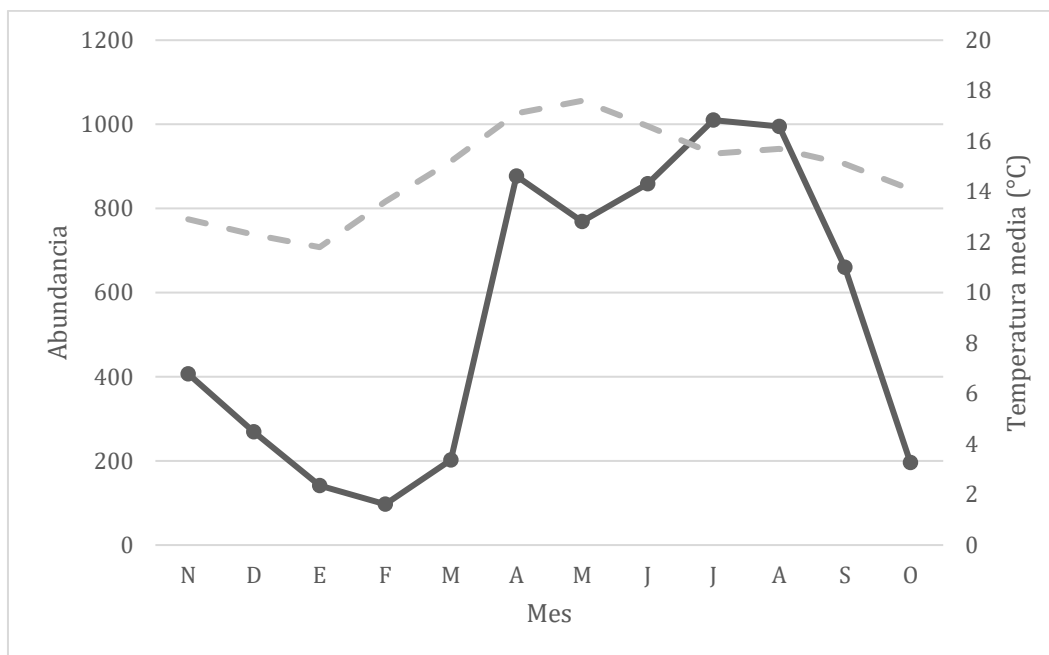
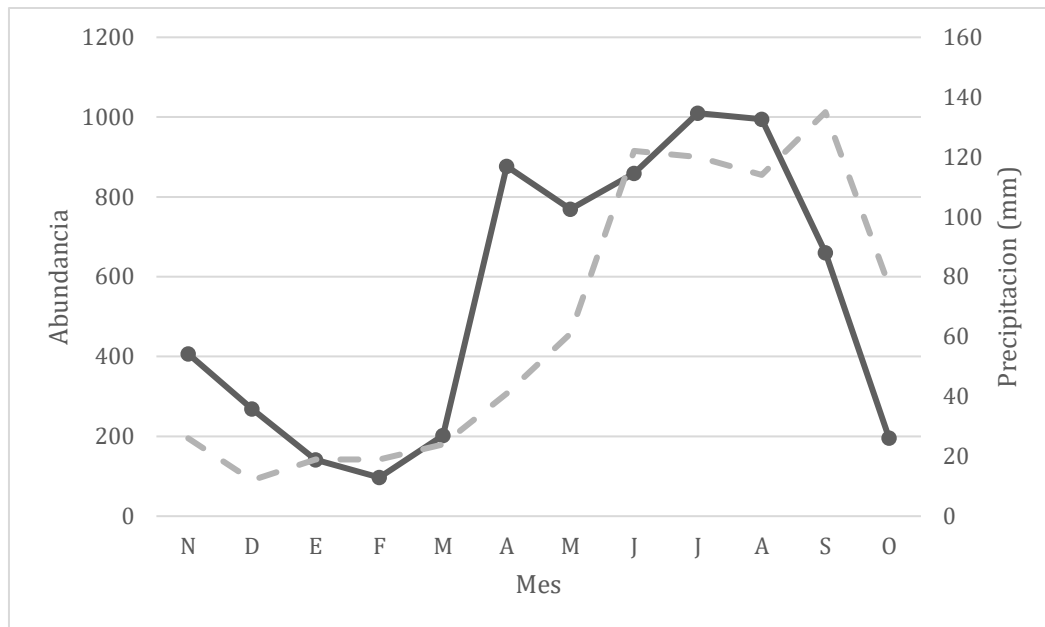


Figura 2. Abundancia (línea continua), Temperatura media (°C) y Precipitación (mm) (líneas discontinuas) mensual.

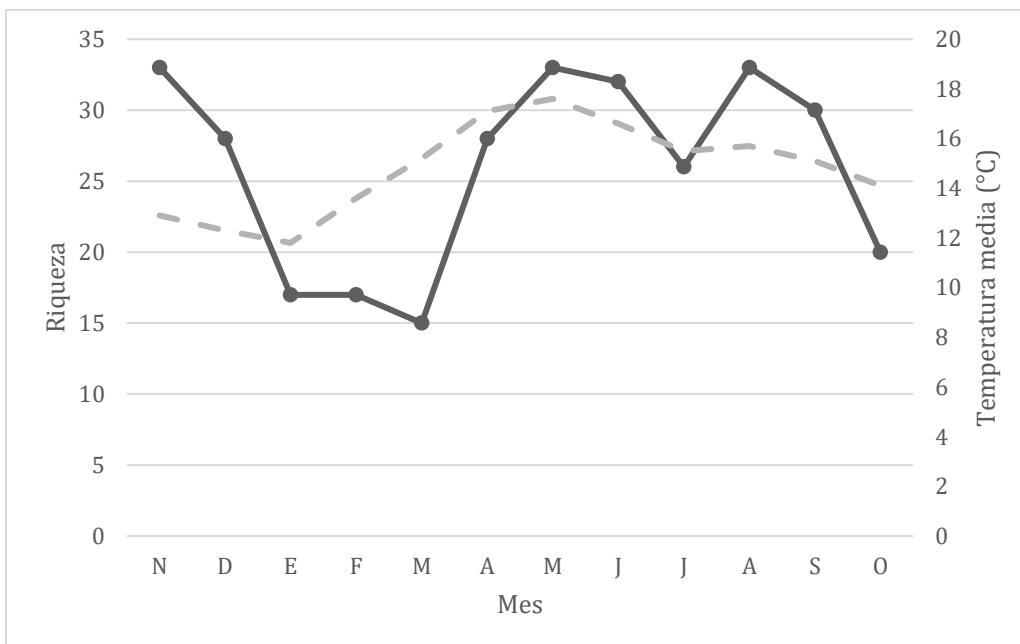
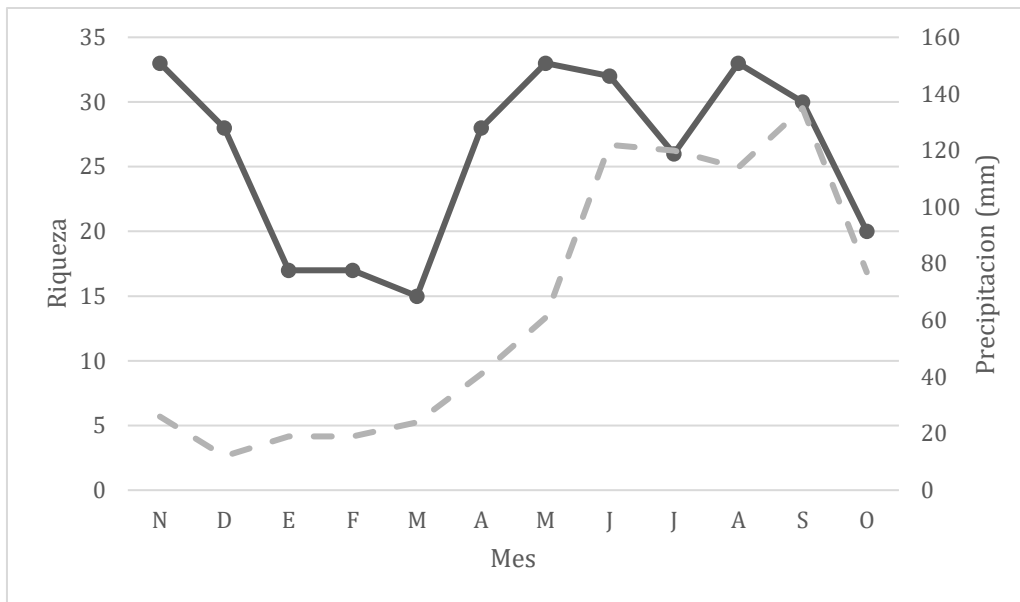


Figura 3. Riqueza (línea continua), Temperatura media (°C) y Precipitación (mm) (líneas discontinuas) mensual.

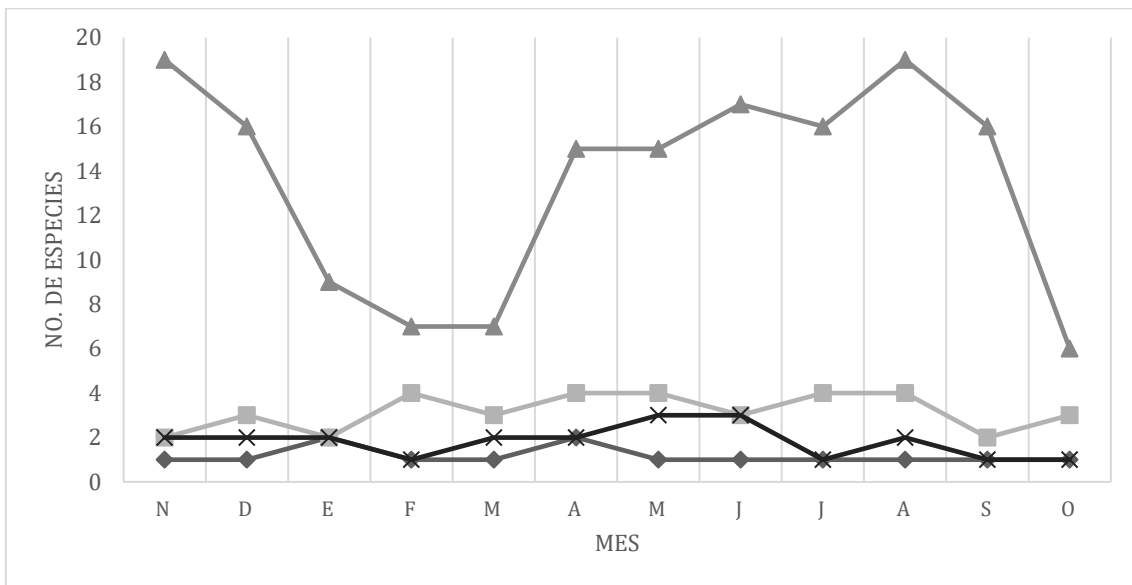
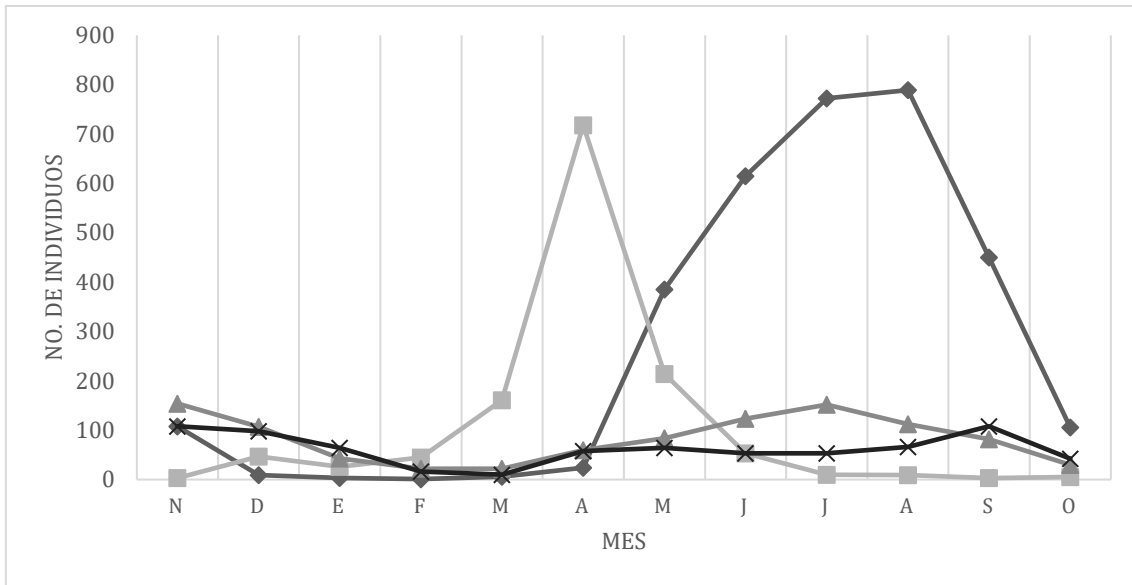


Figura 4. Abundancia y Riqueza por mes de las familias representativas. Leiodidae (rombo), Histeridae (cuadrado), Staphylinidae (triangulo) y Silphidae (tache).

Las cuatro familias mencionadas estuvieron presentes durante todo el año, sin embargo, Leiodidae y Staphylinidae presentaron sus valores máximos de abundancia durante de junio hasta agosto, lo que coincidió con los puntos máximos de precipitación. En el caso de Silphidae tuvo valores altos de abundancia en ambas épocas del año, mientras que Histeridae fue más abundante en abril, que correspondió con el comienzo de las lluvias (Fig. 5).

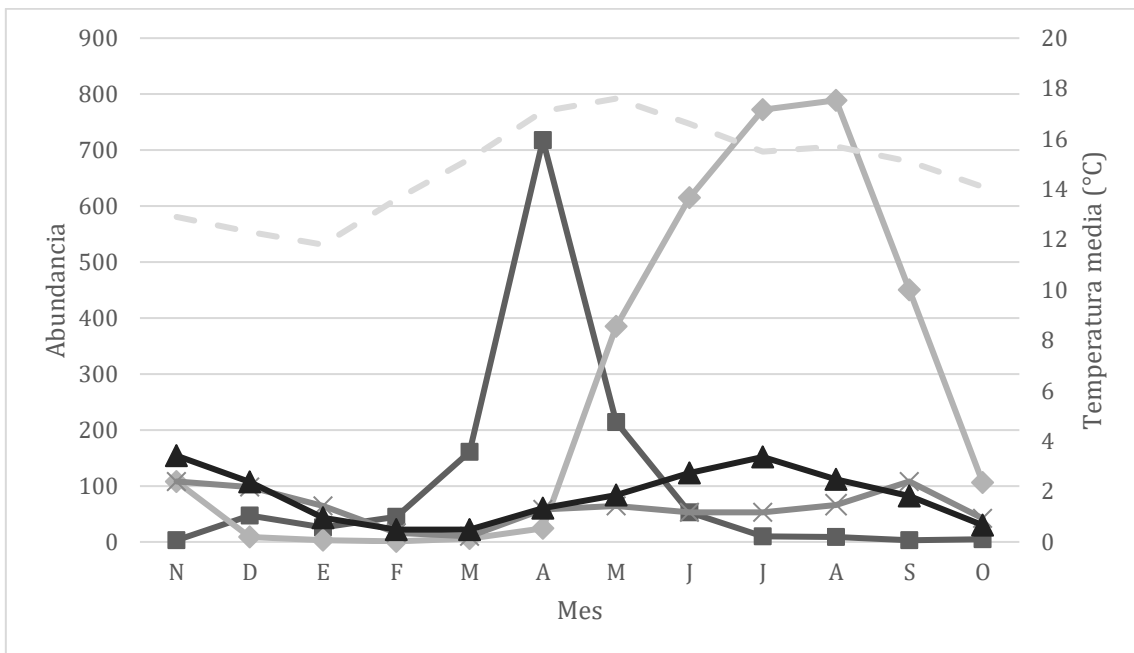
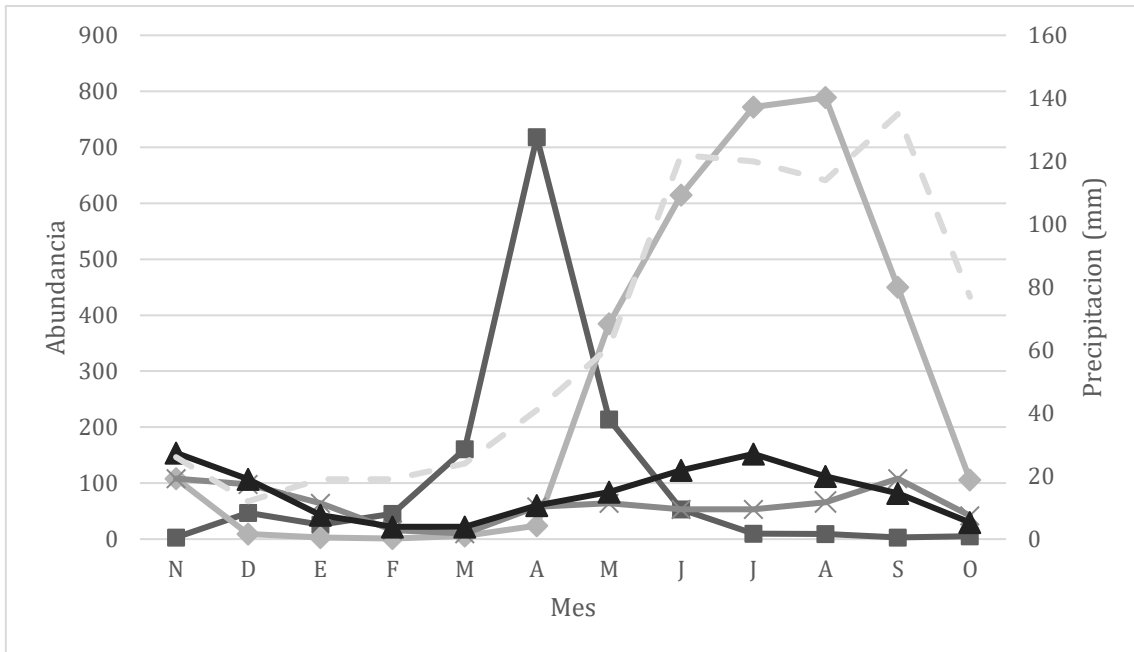


Figura 5. Curvas de precipitación y su relación con la abundancia mensual de las familias representativas. Leiodidae (rombo), Histeridae (cuadrado), Staphylinidae (triangulo) y Silphidae (tache).

Distribución altitudinal

La mayor abundancia de los coleópteros atraídos a la carroña se presentó a los 2,600 msnm (n= 3,240), seguida de 2,700 (n= 1,858) y 2,500 (n= 1,384) (Fig. 5A). Por el contrario, la riqueza, fue mayor a 2,500 msnm (s= 56), mientras que a 2,600 y 2,700 hubo una disminución con 47 especies en cada sitio (Fig. 6B).

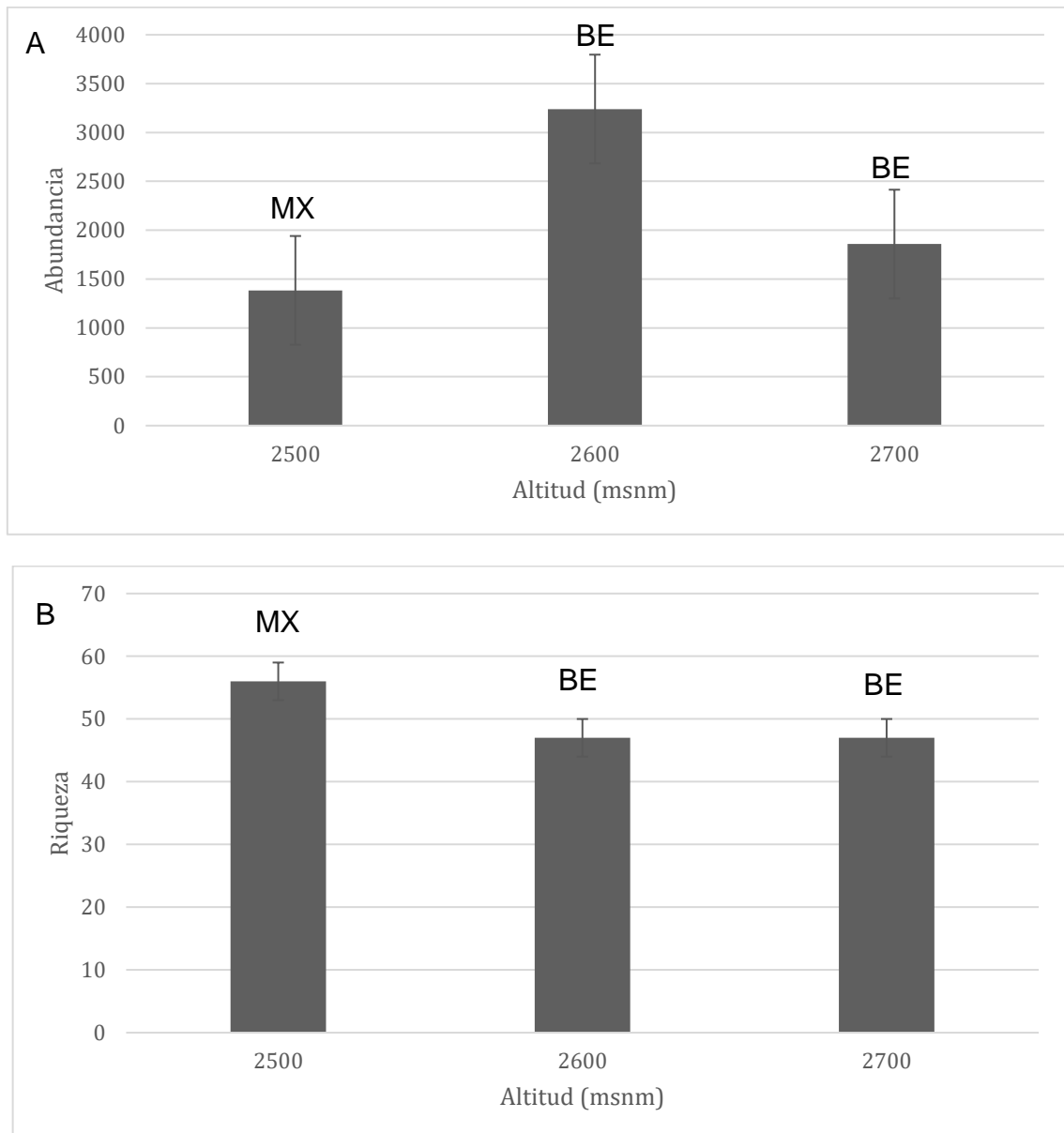


Figura 6. Abundancia (A) y riqueza (B) de coleópteros necrófilos. MX= Matorral xerófilo, BE= Bosque de encino.

Las familias Staphylinidae, Silphidae y Leiodidae tuvieron un patrón de distribución altitudinal donde sus valores máximos de abundancia se presentan en la altitud intermedia de 2,600 msnm y los más bajos a 2,500 msnm, mientras que Histeridae disminuyó su abundancia con forme se incrementó la altitud (Fig. 7A). Con respecto a la riqueza, Staphylinidae y Silphidae, nuevamente tuvieron los valores más altos a 2,600 msnm, pero en el caso de Histeridae y Leiodidae presentan un incremento gradual de una especie conforme se incrementó la altitud (Fig. 7B).

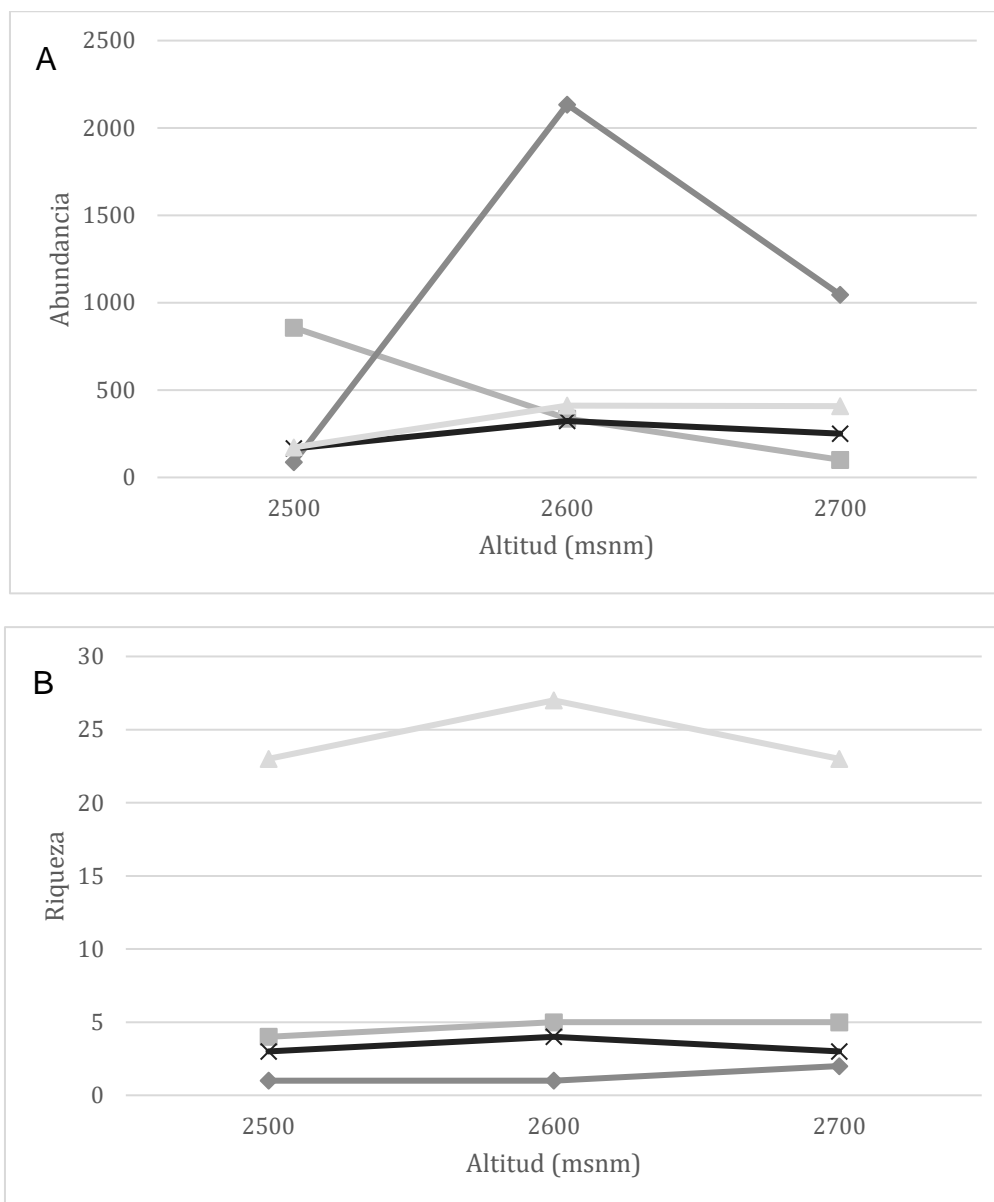


Figura 7. Abundancia (A) y riqueza (B) de las familias representativas por altitud.

Leiodidae (rombo), Histeridae (cuadrado), Staphylinidae (triangulo) y Silphidae (tache).

Leiodidae sp. 1, Aleocharinae sp. 1 y *Nicrophorus mexicanus*, presentaron su mayor abundancia en las altitudes de 2,600 y 2,700 msnm, en el bosque de encino, mientras que *Xerosaprinus* sp. 1, *Xerosaprinus* sp. 2, *Saprinus* sp. 1, Carabidae sp. 1 y *Trox plicatus* se presentaron en mayor abundancia a 2,500, en el matorral xerófilo (Apéndice 2).

En el gradiente altitudinal, *Xerosaprinus* sp. 1 y *Xerosaprinus* sp. 2 fueron las más abundantes a 2,500 msnm y fueron remplazadas por Leiodidae sp. 1 y *N. mexicanus* a 2,600 y 2,700 msnm. También, se observó que a 2,500 y 2,600 m hubo un mayor número de especies con más de 100 individuos, ya que contaron con 4 y 5 respectivamente, mientras que 2,700 solo tuvo 3 especies (Fig. 8).

Las curvas de acumulación de especie por sitio mostraron que se acerca a una asíntota, sin embargo, los estimadores Chao 1 y ACE sugieren que se obtuvo entre 67-71% de las especies presentes a 2,500 msnm, 67-80% para 2,600 y 61-76% para 2,700 (Fig. 9).

Diversidad

La altitud con una mayor diversidad y uniformidad fue la de 2,500 msnm ($H' = 2.36$; $E = 0.18$), seguida de 2,700 ($H' = 1.82$; $E = 0.13$) y 2,600 ($H' = 1.49$; $E = 0.09$). La prueba de t y la corrección de Bonferroni ajustada a un $\alpha = 0.016$, mostró que se tienen diferencias significativas en la diversidad y uniformidad entre las tres altitudes ($p_{2,500-2,600} = 5.1538E-68$; $p_{2,500-2,700} = 4.4787E-22$; $p_{2,600-2,700} = 3.65E-11$) (Fig. 10).

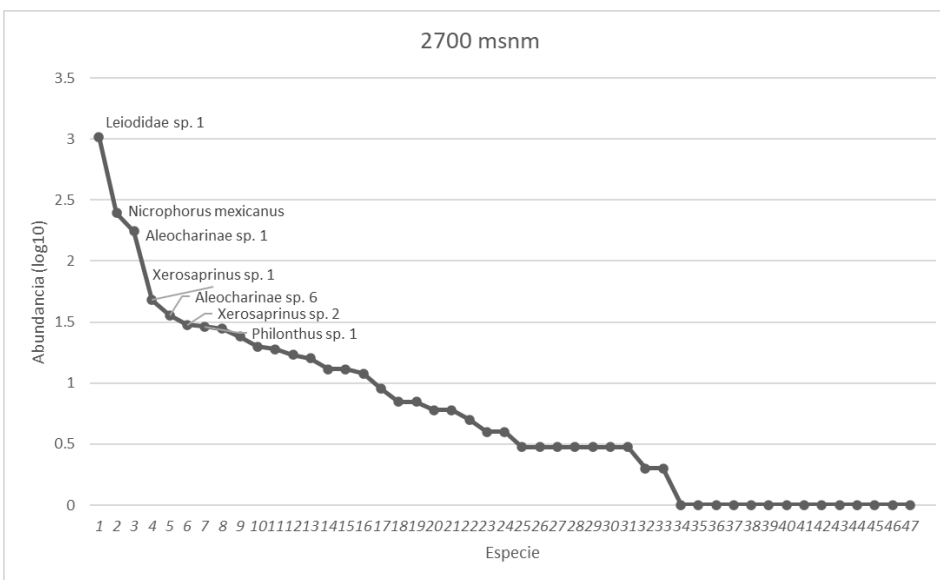
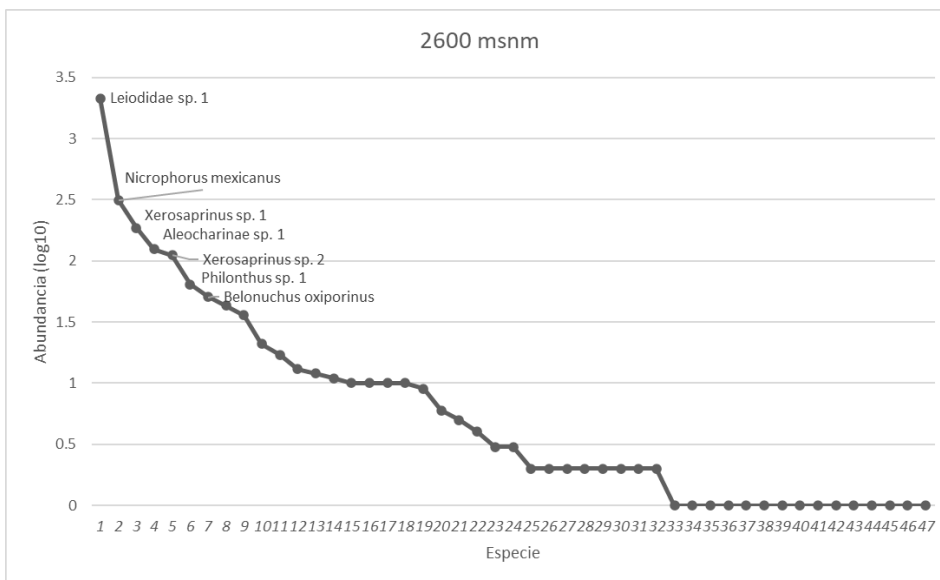
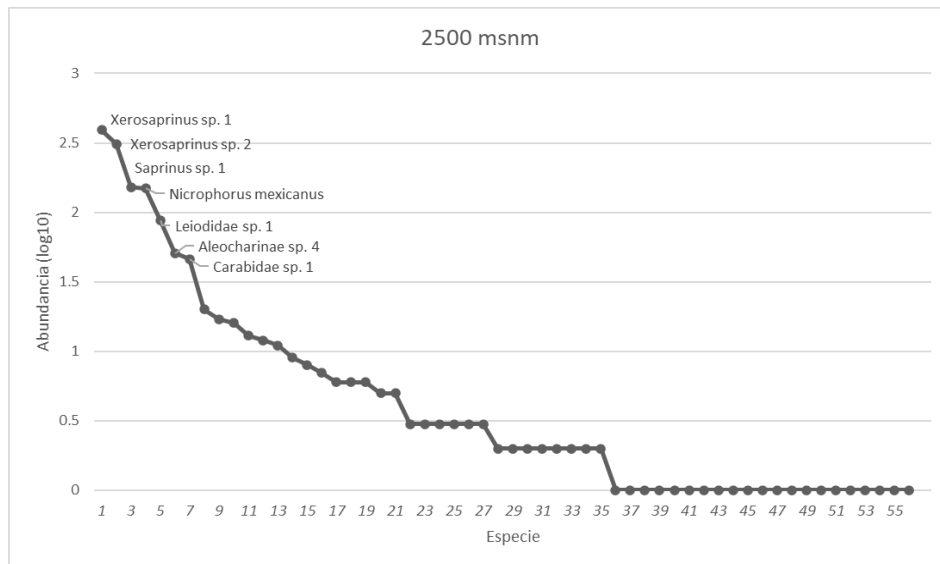


Figura 8. Curvas de rango abundancia por altitud.

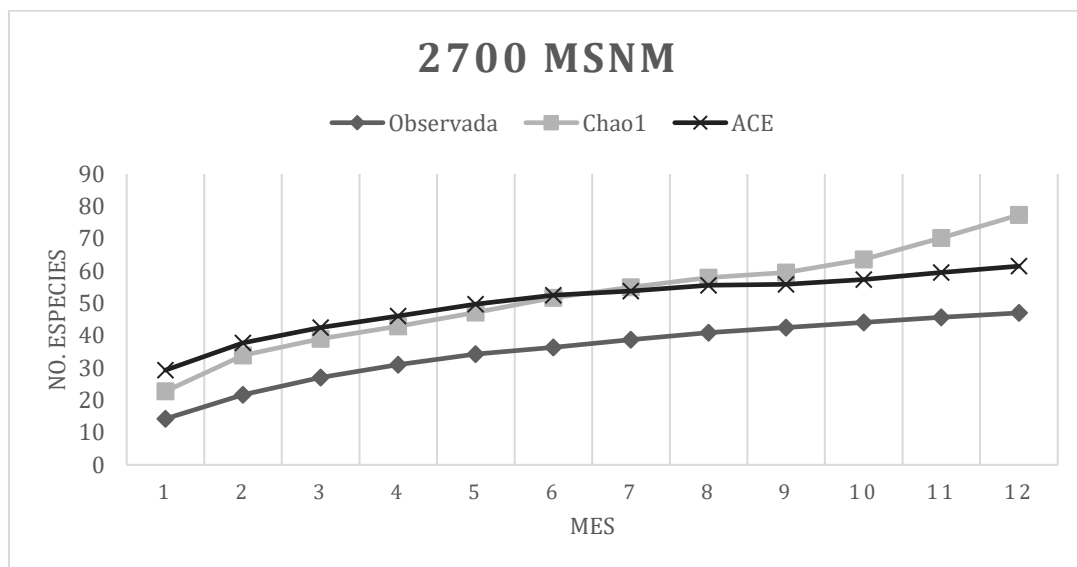
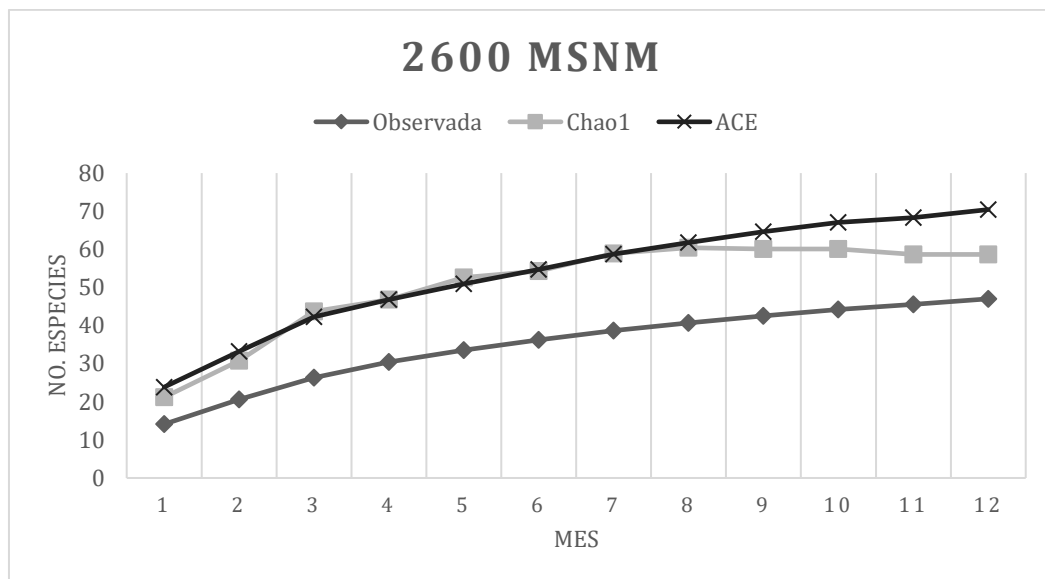
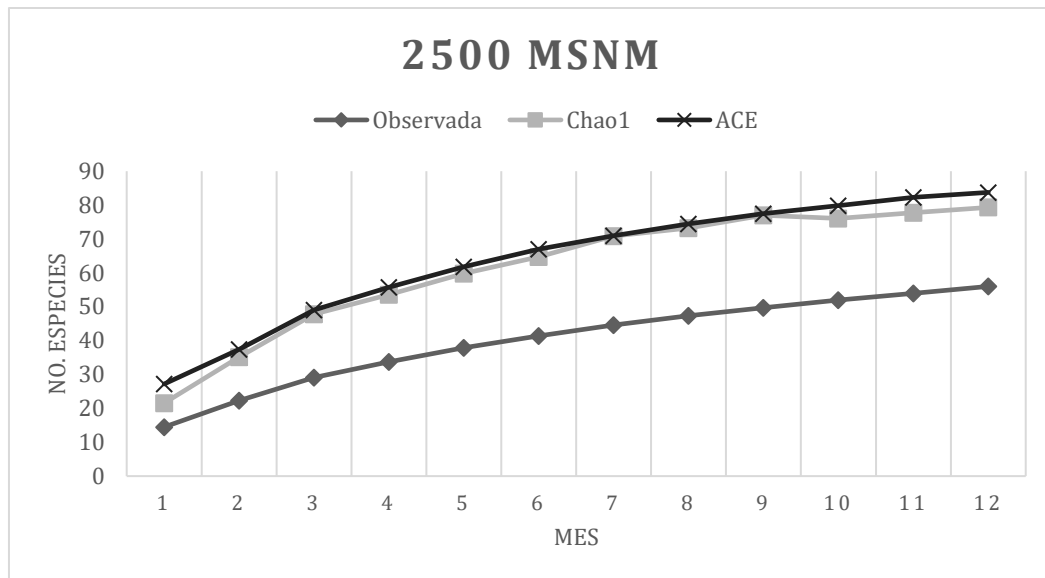


Figura 9. Curvas de acumulación de especies capturadas en la Sierra de Tepotzotlán.

Similitud

El índice de Bray-Curtis indicó una similitud faunística del 30% entre las tres altitudes, es decir que solo 27 especies se compartieron entre los sitios. Por otro lado, entre 2,600 y 2,700 msnm tuvieron una similitud del 67% al compartir 7 especies, mientras que a 2,500 m fue el de menor similitud y coincide con haber sido el que tuvo mayor número de especies registradas únicamente en este sitio ($n= 19$) (Fig. 11).

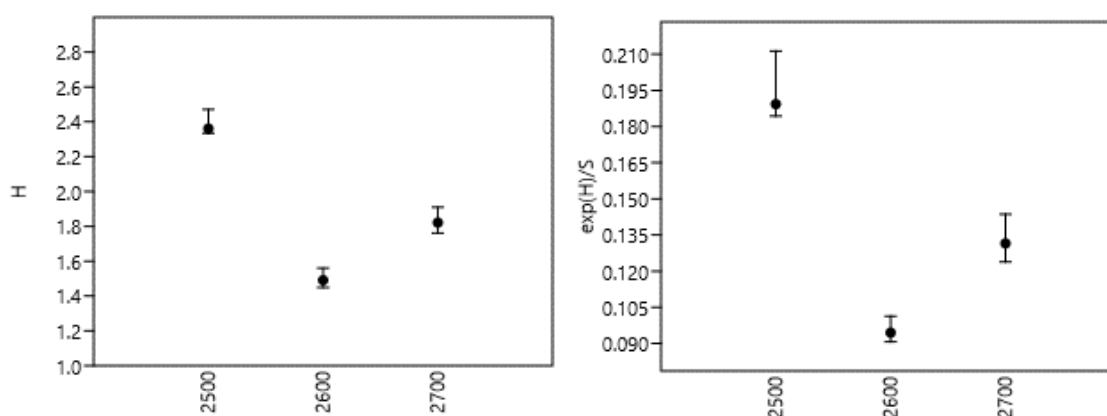


Figura 10. Índice de Shannon (H') y uniformidad por altitud con barras de error.

Gremios tróficos

Con relación a la proporción de gremios tróficos para la riqueza, el mayor número de especies son depredadoras (51%), seguidas por los fungívoros (20%), mientras que los saprófagos, necrófagos y xilófagos, fueron especies raras, ya que agruparon sólo el 16% de la riqueza total. Para la abundancia, en este caso los fungívoros (52%) dominan junto a los depredadores (36%) y necrófagos (11%) y ahora los herbívoros, saprófagos y xilófagos son los menos abundantes, ya que representan menos del 1% (Fig. 12).

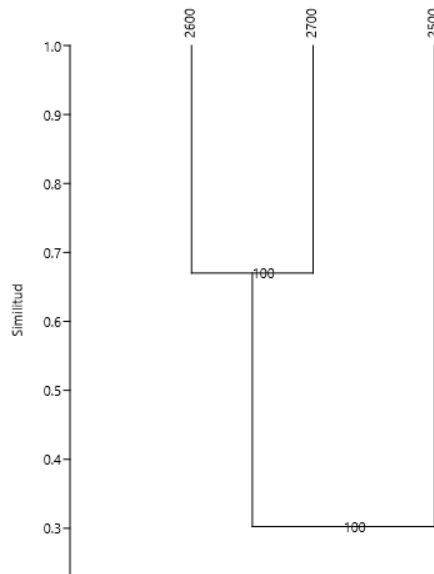


Figura 11. Dendrograma del coeficiente de Bray-Curtis entre las tres altitudes.

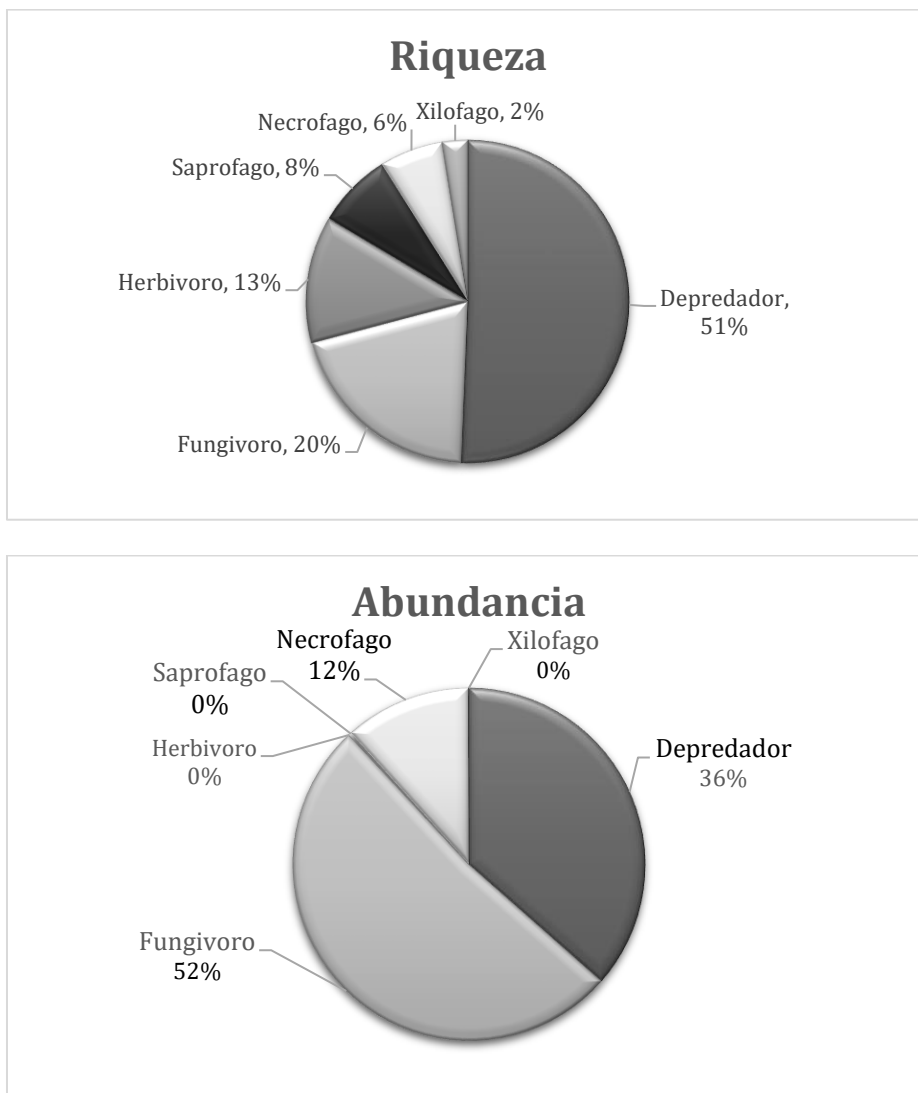


Figura 12. Proporción de gremios tróficos de escarabajos necrófilos.

DISCUSIÓN

Las 19 familias registradas en este muestreo coinciden en cuanto al número con las reportadas en otros estudios donde se utiliza trampa NTP-80 cebada con calamar (Morón y Terron, 1984; Sánchez-Ramos *et al.*, 1993; Flores-Ongay, J. A., 2009; Navarrete-Heredia *et al.*, 2012; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2019), pero en el caso de las investigaciones de Moreno-Olvera (2015) en un matorral xerófilo y pastizal, y Rodríguez-Castillo *et al.*, (2022) en un bosque artificial, mostraron un patrón similar de dominancia con las familias Histeridae, Silphidae, Leiodidae y Staphylinidae como las más abundantes, cabe mencionar que dichas localidades se encuentran en la Cuenca de México y son relativamente cercanas.

Acerca de la distribución temporal, se observó que la mayor abundancia y riqueza se presentó al inicio y durante la temporada de lluvias, mientras que la sequía tuvo los valores más bajos, lo cual correspondió con los patrones que han sido observados en otros estudios (Acuña-Soto, 2004; Pérez-Villamares *et al.*, 2016; Trujillo-Miranda *et al.*, 2016; Rodríguez-Castillo *et al.*, 2022).

En el caso de la distribución altitudinal la mayor abundancia se observó en la altitud media (2,600 msnm) que correspondió a un bosque de encino, mientras que los valores de riqueza disminuyeron ante el aumento de la altitud de 2,500 a 2,600 msnm. Este patrón difiere de lo que ocurre generalmente en otros estudios, tal es el caso de: Morón y Terron (1984), quienes encontraron que en un bosque tropical y en un bosque mesófilo de montaña perturbado y poco perturbado, la abundancia de Coleoptera disminuyó conforme aumentó la altitud y en el estudio de Sánchez-Ramos *et al.* (1993), en un bosque tropical subcaducifolio, mesófilo de montaña y de pino-encino, mostró el mismo patrón. Esta disparidad puede deberse principalmente a las diferencias en el tipo de vegetación que se presenta entre los tres sitios, al ser un factor que determina la cantidad de recursos que pueden obtener los escarabajos a lo largo del año, ya que en las

zonas con bosque de encino los insectos y otros organismos tienden a tener un mejor desarrollo gracias a la preservación de la humedad y temperatura, lo cual a su vez mantiene una gran fuente de recursos en la vegetación (Numa *et al.*, 2012; Jaworski y Hilszczański, 2013), por el contrario, el matorral xerófilo es un sitio seco y poco productivo con flora de tipo arbustivas y herbáceas en su mayoría, algo que no permite la conservación de la humedad (Hodkinson, 2005; Rubio *et al.* 2021) y se pierden recursos que los escarabajos podrían utilizar para tener un mejor desarrollo y reproducción, por ello en el matorral también se presenta una dominancia de especies muy marcada, ya que solo son abundantes las que toleran el estrés que esta vegetación les da, como por ejemplo la familia Histeridae en este estudio (Caballero y León-Cortés, 2012). Jiménez-Sánchez *et al.* (2013) presentaron un estudio en zonas con mezquital, cactáceas columnares y una vegetación alterada en el traspatio de un hogar con mezquital y matorral espinoso de la zona en Zapotitlán, Puebla, México, donde la vegetación fue un determinante para la variación de la abundancia y riqueza, ya que todos los sitios muestreados con distinta vegetación presentaron valores diferentes de estas dos variables.

La dominancia de la familia Leiodidae sobre las demás en las altitudes de 2,600 y 2,700 msnm y la presencia de sus valores más altos de abundancia en la temporada de lluvias de la zona, se debe a cierta preferencia de la familia a los hábitats frescos y húmedos, como la hojarasca forestal, el suelo, humus, nidos o madrigueras de animales y cuevas, que corresponden a zonas boscosas con más precipitación ubicadas a mayor altitud (Llorente, 2000), como el bosque de encino en este caso, un fenómeno ya observado para esta familia por Cejudo-Espinosa y Deloya (2005) y Rodríguez-Castillo *et al.* (2022).

En el caso de Histeridae, disminuyó su abundancia al aumentar la altitud como ocurrió en un estudio realizado por Acuña-Soto (2004), esto se debe a que esta familia

tiene una preferencia hacia zonas y estaciones más secas (Navarrete-Heredia *et al.*, 2012; Rodríguez-Castillo *et al.*, 2022), como lo es el matorral xerófilo en este caso, y también porque es desplazado por familias que están asociadas y son más abundantes a una mayor altitud como fue el caso de Leiodidae (Cejudo-Espinosa y Deloya, 2004).

La familia Staphylinidae tuvo sus valores máximos de riqueza y abundancia en la altitud intermedia, sin embargo, es un patrón distinto al observado por Jiménez-Sánchez *et al.* (2011), ya que en su estudio la altitud intermedia es la que presentó los valores más bajos.

Silphidae es una familia que presentó una abundancia y riqueza en general más alta a 2,600 msnm y en particular la especie *N. mexicanus* tuvo un número de individuos mayor en el bosque de encino (2,600 y 2,700 m), de manera general esta especie presenta sus mayores abundancias entre los 2,000 y 2,500 m y principalmente en bosque templados (Navarrete-Heredia, 2009), este es un patrón que se ha observado en distintos estudios (Navarrete-Heredia y Quiroz-Rocha, 2000; Hernández-Márquez, 2014).

Respecto a la diversidad, el valor más bajo se encontró en la altitud intermedia a 2,600 msnm, mientras que a menor altitud aumentó, dicho patrón coincide con lo observado en el estudio de Acuña-Soto (2004) en cinco sitios con un rango altitudinal de 380 a 1,226 m, ya que la altitud intermedia (639 m) presentó el valor más bajo de diversidad, mientras que las dos zonas anteriores (380 y 442 m) los más altos. Por otro lado, se observó una baja diversidad en las tres altitudes y esto puede deberse a la alta dominancia de las familias y especies en cada una, ya que en 2,500 msnm *Xerosaprinus* sp. 1, *Xerosaprinus* sp. 2 y *Saprinus* sp. 1 representaron el 61.7% de la abundancia total, mientras que Leiodidae sp. 1 el 65.8 y 56.1% en 2,600 y 2,700 respectivamente. Jiménez-Sánchez *et al.* (2019), encontraron que la dominancia de *N. mexicanus* y *Belonuchus* sp.

fue un determinante de la baja diversidad de una zona agrícola muestreada en Teotihuacan, Estado de México, ya que representaron el 70% de la abundancia total.

Los estimadores de riqueza indicaron que se tiene un esfuerzo de muestreo alrededor del 60-76% y faltan por muestrear más de 10 especies en cada altitud, los cuales son valores bajos a lo que generalmente se encuentra en otros estudios, ya que los valores oscilan entre el 77 y 89%, por lo que se puede considerar ampliar el tiempo de muestreo, la cantidad de trampas o añadir más sitios en la zona para tener un muestreo completo (Hernández-Márquez, 2014; Rodríguez-Catillo *et al.*, 2022).

La precipitación y temperatura media no tienen relación con la riqueza, sin embargo sí muestran influencia en la abundancia, debido a que los valores más altos del número de individuos coincidieron con la mayor precipitación y temperatura, lo cual es un patrón que generalmente se encuentra en otras investigaciones, donde se ha demostrado que se tiene un mejor desarrollo de insectos en general y de ciertos grupos de coleópteros cuando están en un ambiente más húmedo y con temperatura óptima, ya que son dos variables climáticas que pueden determinar la abundancia (Hodkinson, 2005). Sin embargo, en el caso específico de los estafilínidos es distinto y se ha observado que la humedad tiene una mayor influencia ante las altitudes altas, mientras que la temperatura en las bajas y que las estructuras montañosas también pueden variar estos dos factores ambientales, ya que son responsables de formar microclimas que para estos organismos tienen efecto en su distribución (Acuña-Soto, 2004; Trevilla-Rebollar *et al.*, 2010; Moreno-Olvera *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2019; Gomes-Gonçalves, 2021).

Los gremios tróficos dominantes fueron los fungívoros y los depredadores, Leioididae fue la familia representante del primer gremio, la cual fue muy abundante en el muestreo. La dominancia del gremio fungívoro, no concuerda con lo que generalmente se encuentra en otros estudios, donde comúnmente los depredadores son dominantes junto

a los saprófagos y necrófagos, mientras que los xilófagos y fungívoros se mantienen dentro de los menos abundantes (Moreno-Olvera *et al.*, 2014; Rodríguez-Catillo *et al.*, 2022)

Por último, se puede observar que se tiene un patrón de la influencia de la altitud sobre la riqueza, la abundancia y la diversidad teniendo en cuenta todas las familias, ya que generalmente los valores de riqueza disminuyen ante el incremento de la altitud, la abundancia presenta su valor alto en la altitud media y en las zonas con bosque de encino, y la diversidad tiene su valor mínimo en la altitud intermedia, pero tiende a presentar el máximo en la altitud más baja. Este patrón ha sido observado en algunos estudios, sin embargo, difiere con muchos otros acerca del tema, lo cual puede deberse a la dominancia de algunas especies que en este caso se presentaron en la altitud intermedia y superior, aunado a las variables climáticas y el tipo de vegetación donde el bosque de encino parece tener poca variación en los valores de humedad y temperatura con un promedio de 59% Hr y 14.8 °C y máximos y mínimos de 75-41% Hr y 17.6-11.8 °C , sin embargo, el rango altitudinal sino es muy amplio o a una escala mayor puede presentar un patrón fragmentado acerca de la distribución de estos escarabajos (Hodkinson, 2005) y para el presente estudio podría ser el caso, ya que solamente se abarcaron tres sitios de colecta, por lo que podrían añadirse más sitios al muestreo para analizar si existe un patrón más claro.

CONCLUSIONES

- Se tuvo un patrón donde la riqueza disminuye ante el aumento de la altitud, mientras que la abundancia tiene su valor máximo a los 2,600 msnm y en las zonas con bosque de encino.
- La diversidad mostro diferencias significativas en las tres altitudes y el valor mínimo se presenta en la altitud de 2,600 msnm, sin embargo, el máximo se obtuvo en la de 2,500 msnm.
- Los escarabajos necrófilos se presentaron durante todo el año, pero los meses abundantes fueron julio y agosto y los más ricos mayo, agosto y noviembre, que corresponden con la temporada de lluvias.
- Bray-Curtis indicó una similitud faunística del 30% entre las tres altitudes, es decir que solo 27 especies se compartieron. 2,600 y 2,700 msnm tuvieron una similitud del 67% al compartir 7 especies.
- En cuanto a la proporción de gremios tróficos para la riqueza, indicó que más de la mitad de las especies son depredadoras (51%) y para la abundancia los fungívoros (52%) fue el gremio con mayor número de individuos.
- Existe un patrón donde los valores de riqueza disminuyen ante el incremento de la altitud, la abundancia presenta su valor más alto en la altitud media y en las zonas con bosque de encino, y la diversidad tiene su valor mínimo en la altitud intermedia, pero presenta el máximo en la altitud más baja.

LITERATURA CITADA

Acuña-Soto, J. A. 2004. *Coleópteros Necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae e Histeridae) de la Sierra Norte de Puebla, México*. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 83 p.

Bouchard, P., Bousquet, Y., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H. C., Newton, A. F., Reid, C. A. M., Schmitt, M., Ślipiński, S. A., Smith, A. B. T. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *Zookeys* 88: 1-972.

Caballero, U y León-Cortés, J. L. 2012. High diversity beetle assemblages attracted to carrion and dung threatened tropical oak forests in Southern Mexico. *Journal of Insect Conservation* 16: 537-547.

Rubio, E. C., Cárdenas, J. P. y Ballesteros, J. M. 2021. Vertical stratification of arthropods in the dry ecosystems of Colombian Guyana: morphological patterns and their ecological implications. *Revista de Biología Tropical* 69(4): 1289-1305.

Cejudo-Espinosa, E.; Deloya, C. 2005. Coleoptera necrófilos del bosque de *pinus hartwegii* del nevado de Toluca, México. *Folía Entomológica Mexicana* 44(1): 67-74.

Colwell, R. K. 2006. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9.1.0. Recuperado el 04 noviembre de 2021: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>

Flores-Ongay, J. A. 2009. *Coleópteros necrófilos (Histeridae, Leiodidae, Silphidae, Staphylinidae, Trogidae, Scarabaeidae y Nitidulidae) del ejido “El Cedral” en la localidad de San Pablo Ixayoc, Texcoco, México*. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 61 p.

Galante, E. y Marcos-García, M. A. 1997. Detritívoros, Coprófagos y Necrófagos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 20: 57-64.

García-Fernández, C. y Jiménez-Sánchez, E. 2014. Coleópteros necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de la Sierra de Santa Rosa y El Marfil, Guanajuato, México. *Entomología Mexicana* 1: 464-469.

Guerrero, R. J. y Sarmiento, C. E. 2010. Distribución altitudinal de hormigas (Hymenoptera, Formicidae) en la vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (Colombia). *Acta Zoológica Mexicana* 26(2): 279-302.

Gomes-Gonçalves, M. P. 2021. Beetles and Meteorological Conditions: A Case Study. En: Swaroop-Meena, R. (Ed.). *Agrometeorology*. IntechOpen, pp. 193-217.

Halfpeter, G., Favila, M. E. y Arellano, L. 1995. Spatial distribution of three groups of Coleoptera along an altitudinal transect in the Mexican Transition Zone and its biogeographical implications. *Elytron* 9:151-185.

Hammer, O., D. A. T. Harper & P. D. Ryan. 2001. PAST: Palaeontological statistics software package for education and data analysis. *Paleontología Electrónica* 4(1): 9

Hernández-Márquez, B. 2014. *Distribución altitudinal de coleópteros necrócolos (Coleoptera: Scarabaeoidea y Silphidae) en Cerro de García, Jalisco*. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México. 61 p.

Hodkinson, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews* 80: 489-513.

Jaworski, T. y Hilszczański, J. 2013. The effect of temperature and humidity changes on insects development and their impact on forest ecosystems in the context of expected climate change. *Forest Research Papers* 74(4): 345–355

Jiménez-Sánchez, E., Navarrete-Heredia, J. L. y Padilla-Ramírez, J. R. 2000. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) Necrófilos de La Sierra de Nanchititla, Estado de México, México. *Folia Entomológica Mexicana* 108: 53–78.

Jiménez-Sánchez E., Juárez-Gaytán, O. M. y Padilla-Ramírez, J. 2011. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) necrófilos de Malinalco, Estado de México. *Dugesiana* 18(1): 73-84.

Jiménez-Sánchez E., Navarrete-Heredia J. L., Padilla-Ramírez, J., Labrador-Chávez, G. y López-Conteras, E. 2009. Escarabajos (Coleoptera: Staphylinidae, Silphidae, Scarabaeidae y Trogidae). En: Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López-Cano, R., Muñozcano-Quintanar, J., Collado, E., Eivin, J. (Eds.). *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado*. Colección Mayor Gobierno del Estado de México, pp. 97-102.

Jiménez-Sánchez, E., Quezada-García, R. y Padilla-Ramírez, J. 2013. Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Revista de Biología Tropical* 61(3): 1475-1491.

Jiménez-Sánchez, E., Quezada-García, R., Padilla-Ramírez, J., Moreno, M. L. y Ángel, M. A. 2019. Variación de la diversidad de Staphylinidae, Silphidae y Trogidae (Insecta: Coleoptera) en un gradiente urbano-agrícola en una región semiárida del Estado de México, México. *Acta Zoológica Mexicana* 35: 1–16.

Labrador-Chávez, G. 2005. *Coleópteros necrófilos de México: distribución y diversidad*. Tesis de Licenciatura (Biología), Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, México. 147 p.

Llorente, J., González, E. y Papavero, N. 2000. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de B5 México: Hacia una síntesis de su conocimiento, Volumen II*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias, México. 676 p.

- Magurran, A.E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Vedra, Barcelona, España.
- Mazur, S. 2001. Review of the Histeridae (Coleoptera) of Mexico. *Dugesiana* 8 (2): 17-66.
- Márquez, J. 2003. Ecological Patterns in Necrophilous Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) from Tlayacapan, Morelos, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* 89: 69–83.}
- Márquez, J. y Asiain, J. 2010. Three new species of *Philonthus furvus* species group (Coleoptera: Staphylinidae) from Guatemala and Mexico, with taxonomic remarks and distributional records of related Mexican species. *Transactions of the American Entomological Society* 136(3/4): 269-288.
- Martin-Piera, F. y Lobo, J. M. 1993. Altitudinal distribution patterns of corpo-necrophage Scarabaeoidea (Coleoptera) in Veracruz, Mexico. *The Coleopterist Bulletin* 47(4): 321-334.
- Méndez-Castellanos, R. 2002. *Macro-coleopteros necrófilos (Silphidae, Trogidae, Geotrupidae y Scarabaeidae) de la Sierra de Nanchititla, Estado de México*. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 133 p.

Moreno-Olvera, M. L. 2015. *Coleópteros (Coleoptera: Insecta) necrófilos de sitios con diferentes usos de suelo de una región semiárida en el nororiente del Estado de México, México*. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, México. 50 p.

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* 3: 1-47.

Morrone, J. J. 2019. Regionalización biogeográfica y evolución biótica de México: encrucijada de la biodiversidad del Nuevo Mundo. *Revista mexicana de biodiversidad* 90: 1-68.

Navarrete-Heredia, J. L. 1995. Coleópteros Silphidae de Jalisco y del Volcán de Tequila incluyendo comentarios generales sobre su biología. *Dugesiana* 26: 11-28.

Navarrete-Heredia, J. L., A. F. Newton, M. K. Thayer, J. S. Ashe, y D. S. Chandler. 2002. *Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México*. Universidad de Guadalajara y CONABIO, México. 402 p.

Navarrete-Heredia, J. L. y Quiroz-Rocha, G. A. 2000. Macro-coleopteros necrófilos de San José de los Laureles, Morelos, México (Coleoptera: Scarabaeidae y Silphidae). *Folia Entomológica* 110: 1-13.

Navarrete-Heredia, J. L. 2009. *Silphidae (Coleoptera) de México: Diversidad y distribución*. Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Guadalajara, Jalisco. 160 p.

Navarrete-Heredia, J. L., Sainz-Medina, C. I., González-Hernández, A. N., Quiroz-Rocha, G. A., Hernández, A., Vásquez-Bolaños, M., Vega-Romero, D y Hernández-Márquez, B. 2012. Coleópteros necrócolos del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México. *Dugesiana* 19(2): 157-162.

Newton, A F. 1973. *A Systematic Revision of the Rove Beetle Genus Platydacus in North America (Crileoptera: Staphylinidae)*. Tesis de doctorado en Filosofía en la asignatura de Biología, Harvard University Cambridge, Massachusetts. 318 p.

Numa, C., Lobo, J. M. y Verdu, J. R. 2012. Scaling local abundance determinants in mediterranean dung beetles. *Insect Conservation and Diversity* 5: 106-117.

Palacio, F. X., Apodaca, M. J. y Crisci, J. V. 2022. *Análisis multivariado para datos biológicos: teoría y su aplicación utilizando el lenguaje R*. Argentina. 268 pp.

Restrepo B., L. F. y Gonzales L., J. 2007. De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20(2): 183-192.

Rodríguez-Castillo, I., Jiménez-Sánchez, E. y Padilla-Ramírez, J. 2022. Ensamble de coleópteros (Coleoptera) atraídos a la carroña en un bosque artificial resultado de la urbanización en el Área Natural Protegida Sierra de Guadalupe en el centro de México. *Dugesiana* 29(1): 19-30.

Rodríguez, W. D., Navarrete-Heredia, J. L., Klimaszewski, J. y Guevara, R. 2019. The influence of environmental temperature and humidity on the elevational and temporal distributions of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae) in a *Quercus* L. Forest in Jalisco, Mexico. *The Coleopterist Bulletin* 73(1): 202-224.

Sánchez-Ramos, G., Lobo, J., Villalon, M. L. y Reyes-Castillo, P. 1993. Distribución altitudinal y estacional de la entomofauna necrófila en la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. *BIOTAM* 5(1): 13-24.

Trevilla-Rebollar, A., Deloya, C. y Padilla-Ramírez, J. 2010. Coleópteros Necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de Malinalco, Estado de México, México. *Neotropical Entomology* 39(4): 486-495.

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.

Zhang, Z. Q. 2013. Phylum Arthropoda. *Zootaxa* 3703(1): 17-26.

APÉNDICE 1

Abundancia y riqueza mensual de coleópteros necrófilos de la Sierra de Tepotzotlán. N-

O= meses; GT= gremio trófico, D= depredador; F= fungívoro, H= herbívoro, S= saprófago, N= necrófago, X= xilófago.

Taxones	N	D	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	Total	GT
Anthicidae												1	1	
Anthicidae sp. 1												1	1	S
Cantharidae							1	2					3	
Cantharidae sp. 1							1	2					3	D
Carabidae	27	4				3	5	8	19	9	6	6	87	
Carabidae sp. 1	18	2				3	3	6	19	8	4	5	68	D
Carabidae sp. 2	1	1											2	D
Carabidae sp. 3	4						1			1	2	1	9	D
Carabidae sp. 4		1											1	D
Carabidae sp. 5	4							1					5	D
Carabidae sp. 6							1	1					2	D
Cerambycidae								1					1	
Cerambycidae sp. 1								1					1	X
Chrysomelidae				2		1					1		4	
Bruchinae sp. 1				2									2	H
Chrysomelidae sp. 1						1					1		2	H
Cryptophagidae	2	1					1			1		1	6	
Cryptophagidae sp. 1	2	1					1			1		1	6	F
Curculionidae	1	1	1					2	1			2	8	
Curculionidae sp. 1											1		1	H
Curculionidae sp. 2	1												1	H
Curculionidae sp. 3		1											1	H
Curculionidae sp. 4			1										1	H
Curculionidae sp. 5								1					1	H
Curculionidae sp. 6											1		1	H
Scolytinae sp. 1								2					2	X

Histeridae	3	47	26	45	161	718	214	53	10	9	3	5	1294	
<i>Margarinotus</i> sp. 1	1								1				2	D
<i>Saprinus</i> sp. 1				5	5	114	49	18	4	5	2	2	204	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 1	2	35	20	24	97	334	80	28	2	1	1	1	625	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 2		11	6	15	59	269	84	7		1			452	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 3		1		1		1	1		3	2		2	11	D
Hydrophilidae										1	1		2	
Hydrophilidae sp. 1										1			1	S
Hydrophilidae sp. 2											1		1	S
Latridiidae									1				1	
Latridiidae sp. 1									1				1	F
Leiodidae	108	9	3	1	6	24	385	615	772	789	450	106	3268	
Leiodidae sp. 1	108	9	2	1	6	23	385	615	772	789	450	106	3266	F
Leiodidae sp. 2			1			1							2	F
Mycetophagidae				1		2							3	
Mycetophagidae sp. 1				1		2							3	F
Nitidulidae	3	2	4	10	2	9	13		2	1	5	3	54	
Nitidulidae sp. 1	2									1	1	1	5	F
Nitidulidae sp. 2	1	2	4	9	2	9	11		2		4	1	45	F
Nitidulidae sp. 3							1						1	F
Nitidulidae sp. 4												1	1	F
Nitidulidae sp. 5				1									1	F
Nitidulidae sp. 6							1						1	F
Ptiliidae										2	1		3	
Ptiliidae sp. 1										2	1		3	F
Scarabaeidae							1	1					2	
Melolonthinae sp. 1							1						1	H
Melolonthinae sp. 2								1					1	H
Silphidae	108	98	64	16	10	58	64	53	53	66	108	42	740	
<i>Nicrophorus mexicanus</i>	105	97	63	16	9	57	53	43	53	65	108	42	711	N
<i>Oxelytrum discicolle</i>		1	1		1		10	1					14	N
<i>Thanatophilus graniger</i>							1						1	N

<i>Thanatophilus truncatus</i>	3						1	9		1			14	N
Staphylinidae	154	107	43	22	22	60	84	123	152	112	82	30	991	
Aleocharinae sp. 1	63	49	22	11	11	2	5	16	59	28	29	16	311	D
Aleocharinae sp. 2	6	5	1		1	4	2		3	1	1		24	D
Aleocharinae sp. 3	1	1	1			3	1						7	D
Aleocharinae sp. 4	1	12	7	3	1	18	4		6	11	1		64	D
Aleocharinae sp. 5			4	1		1		3	1	1	2		13	D
Aleocharinae sp. 6	3	11	4	4				2	4	7	18	3	56	D
Aleocharinae sp. 7						2				1			3	D
Aleocharinae sp. 8		2	1	1	4	2	10	1	1		1		23	D
Aleocharinae sp. 9		6	1		3	10	5	13	14	12		5	69	D
Aleocharinae sp. 10						1	2	6		3	4		16	D
Aleocharinae sp. 11	1				1			5		5			12	D
Aleocharinae sp. 12		1			1	1							3	D
Aleocharinae sp. 13							1	1					2	D
Aleocharinae sp. 14							1			1			2	D
<i>Baeocera</i> sp. 1	1			1									2	F
<i>Belonuchus apiciventris</i>	1	1						7	11	1			21	D
<i>Belonuchus oxiporinus</i>	12	1						3	40	19	1		76	D
<i>Belonuchus</i> sp. 1	15	7				4	15	17	2	3	1		64	D
<i>Belonuchus</i> sp. 2	1	1		1		4	9	3		2	2		23	D
<i>Belonuchus trochanterinus</i>	11	4						2					17	D
<i>Bryoporus</i> sp. 1										1			1	F
<i>Creophilus maxillosus</i>	2					1	1						4	D
<i>Cyparium</i> sp. 1								2	1				3	F
<i>Heterothops</i> sp. 1	1	1											2	D
<i>Ischnosoma</i> sp. 1						1				1	1		3	F
<i>Lithocharis</i> sp. 1	1												1	D
<i>Philonthus hoegei</i>											1	1	2	D
<i>Philonthus</i> sp. 1	15	3	2			6	25	39	3	9	5	2	109	D
<i>Philonthus testaceipennis</i>	14	2					2	1	2				21	D
<i>Phloeonomus</i> sp. 1	1												1	S

<i>Platydracus mendicus</i>									1				1	D
<i>Platydracus phoenicurus</i>	4					1	2	1	4	4	3		19	D
<i>Proteinus</i> sp. 1										1			1	S
<i>Tachinus mexicanus</i>									3	2	10		15	D
Tenebrionidae	1								1				1	3
Tenebrionidae sp. 1	1								1				1	3
Trogidae					1	2	1			5	1	1	11	
<i>Trox plicatus</i>					1	2	1			5	1	1	11	N
Abundancia	407	269	141	97	202	877	769	859	1010	995	660	196	6482	
Riqueza	1	28	17	17	15	28	33	32	26	33	30	20	79	

APÉNDICE 2

Abundancia y riqueza por altitud de coleópteros necrófilos de la Sierra de Tepotzotlán.

GT= gremio trófico, D= depredador; F= fungívoro, H= herbívoro, S= saprófago, N= necrófago, X= xilófago.

Taxones	2500	2600	2700	Total	GT
Anthicidae	1			1	
Anthicidae sp. 1	1			1	S
Cantharidae	3			3	
Cantharidae sp. 1	3			3	D
Carabidae	56	12	19	87	
Carabidae sp. 1	46	10	12	68	D
Carabidae sp. 2		2		2	D
Carabidae sp. 3	6		3	9	D
Carabidae sp. 4	1			1	D
Carabidae sp. 5	1		4	5	D
Carabidae sp. 6	2			2	D
Cerambycidae		1		1	
Cerambycidae sp. 1		1		1	X
Chrysomelidae	4			4	
Bruchinae sp. 1	2			2	H
Chrysomelidae sp. 1	2			2	H
Cryptophagidae	1	2	3	6	
Cryptophagidae sp. 1	1	2	3	6	F
Curculionidae	6	1	1	8	
Curculionidae sp. 1	1			1	H
Curculionidae sp. 2	1			1	H
Curculionidae sp. 3	1			1	H
Curculionidae sp. 4	1			1	H
Curculionidae sp. 5			1	1	H
Curculionidae sp. 6	1			1	H
Scolytinae sp. 1	1	1		2	X

Histeridae	857	336	101	1294	
<i>Margarinotus</i> sp. 1		1	1	2	D
<i>Saprinus</i> sp. 1	152	36	16	204	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 1	391	186	48	625	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 2	311	111	30	452	D
<i>Xerosaprinus</i> sp. 3	3	2	6	11	D
Hydrophilidae			2	2	
Hydrophilidae sp. 1			1	1	S
Hydrophilidae sp. 2			1	1	S
Latridiidae	1			1	
Latridiidae sp. 1	1			1	F
Leiodidae	88	2134	1046	3268	
Leiodidae sp. 1	88	2134	1044	3266	F
Leiodidae sp. 2			2	2	F
Mycetophagidae	2		1	3	
Mycetophagidae sp. 1	2		1	3	F
Nitidulidae	17	16	21	54	
Nitidulidae sp. 1	2	2	1	5	F
Nitidulidae sp. 2	13	13	19	45	F
Nitidulidae sp. 3			1	1	F
Nitidulidae sp. 4		1		1	F
Nitidulidae sp. 5	1			1	F
Nitidulidae sp. 6	1			1	F
Ptiliidae			3	3	
Ptiliidae sp. 1			3	3	F
Scarabaeidae	1	1		2	
Melolonthinae sp. 1	1			1	H
Melolonthinae sp. 2		1		1	H
Silphidae	166	323	251	740	
<i>Nicrophorus mexicanus</i>	149	315	247	711	N
<i>Oxelytrum discicolle</i>	5	6	3	14	N
<i>Thanatophilus graniger</i>		1		1	N

<i>Thanatophilus truncatus</i>	12	1	1	14	N
Staphylinidae	172	411	408	991	
Aleocharinae sp. 1	11	125	175	311	D
Aleocharinae sp. 10	6	10		16	D
Aleocharinae sp. 11	8	1	3	12	D
Aleocharinae sp. 12	1	2		3	D
Aleocharinae sp. 13	2			2	D
Aleocharinae sp. 14		1	1	2	D
Aleocharinae sp. 2	6	11	7	24	D
Aleocharinae sp. 3		2	5	7	D
Aleocharinae sp. 4	51	9	4	64	D
Aleocharinae sp. 5	9	1	3	13	D
Aleocharinae sp. 6	3	17	36	56	D
Aleocharinae sp. 7	1	1	1	3	D
Aleocharinae sp. 8	17	3	3	23	D
Aleocharinae sp. 9	20	21	28	69	D
<i>Baeocera</i> sp. 1			2	2	F
<i>Belonuchus apiciventris</i>		4	17	21	D
<i>Belonuchus oxiporinus</i>	1	51	24	76	D
<i>Belonuchus</i> sp. 1	1	43	20	64	D
<i>Belonuchus</i> sp. 2	5	5	13	23	D
<i>Belonuchus trochanterinus</i>		10	7	17	D
<i>Bryoporus</i> sp. 1		1		1	F
<i>Creophilus maxillosus</i>	3	1		4	D
<i>Cyparium</i> sp. 1	3			3	F
<i>Heterothops</i> sp. 1	2			2	D
<i>Ischnosoma</i> sp. 1	1	2		3	F
<i>Lithocharis</i> sp. 1			1	1	D
<i>Philonthus hoegei</i>	1	1		2	D
<i>Philonthus</i> sp. 1	16	64	29	109	D
<i>Philonthus testaceipennis</i>		12	9	21	D
<i>Phloeonomus</i> sp. 1			1	1	S

<i>Platydracus mendicus</i>	1			1	D
<i>Platydracus phoenicurus</i>	3	10	6	19	D
<i>Proteinus</i> sp. 1		1		1	S
<i>Tachinus mexicanus</i>		2	13	15	D
Tenebrionidae	2		1	3	
Tenebrionidae sp. 1	2		1	3	S
Trogidae	7	3	1	11	
<i>Trox plicatus</i>	7	3	1	11	N
Abundancia	1384	3240	1858	6482	
Riqueza	56	47	47	79	