



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**FAUNA DE COLEÓPTEROS LAMELICORNIOS DEL
CERRO DEL CUATLAPANGA, TLAXCALA, MÉXICO**

T E S I S

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

BARUCH ALI CISNEROS DE LA PAZ



Tutor:

Dr. ANDRÉS RAMÍREZ PONCE

Cotutor:

Dr. SANTIAGO ZARAGOZA CABALLERO

Cd. Mx. 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Dedicada a la M. en C Juana María de la Paz.

*Muy cerca de mi ocaso, yo te bendigo, vida,
porque nunca me diste ni esperanza fallida,
ni trabajos injustos, ni pena inmerecida;*

*porque veo al final de mi rudo camino
que yo fui el arquitecto de mi propio destino;*

*que, si extraje las mieles o la hiel de las cosas,
fue porque en ellas puse hiel o mieles sabrosas:
cuando planté rosales, coseché siempre rosas.*

*...Cierto, a mis lozanías va a seguir el invierno:
¡más tú no me dijiste que mayo fuese eterno!*

*Hallé sin duda largas las noches de mis penas;
mas no me prometiste tan sólo noches buenas;
y en cambio tuve algunas santamente serenas...*

*Amé, fui amado, el sol acarició mi faz.
¡Vida, nada me debes! ¡Vida, estamos en paz!*

-Amado Nervo

AGRADECIMIENTOS

A mi hermano Ruy por todo el apoyo, fuera y dentro del proyecto. Por todas esas noches en la trampa de luz y todas esas horas buscando lamelicornios. Por siempre apoyarme y nunca dejarme caer.

A mi madre Juana María de la Paz, la cual nunca esperó que fuera entomólogo, espero que donde sea que estes te sientas orgullosa de mí.

A mi primo José Carlos, por el apoyo y las risas en las salidas a campo.

A la Biol. Norma Angélica Gijón con G Díaz. Por brindarme apoyo incondicional en los momentos más difíciles en mi vida, por apoyarme en la culminación de este proyecto, gracias Girasol.

Al Dr. Andrés Ramírez Ponce, que siempre estuvo pendiente del proyecto, por darme la confianza y las herramientas para concluir este trabajo, por ser un ejemplo y un excelente tutor.

Al Dr. Santiago Zaragoza Caballero, por su apoyo en el desarrollo de este trabajo, al igual que a los colegas del LAB. Zaragoza.

Al Dr. Daniel Edwin Domínguez León, por sus palabras y apoyo en los momentos difíciles de la identificación, en especial con los *Diplotaxis*.

A todos los integrantes del Laboratorio de Ecología y Sistemática de Microartrópodos, por lo aprendido, por darme el primer acercamiento a la investigación científica y la docencia. Por esas tardes de contar colémbolos y ácaros, siempre dándome palabras de alivio y brindarme el primer lugar en el que sentí pertenencia, reconocimiento y estabilidad.

Al Dr. José Guadalupe Palacios Vargas, sin cuya confianza y apoyo me hubiese sido imposible concluir este proyecto.

Le agradezco a todos mis profesores y compañeros durante la carrera, por darme las herramientas para desarrollar este trabajo del que me siento satisfecho y orgulloso.

A la comunidad de Cuaxomulco, por darme posada en la capilla de la Virgen, por siempre estar pendientes a mi seguridad y brindarme palabras de agradecimiento por realizar mi trabajo en el cerro del Cuatlapanga. A los niños curiosos que preguntaban qué era la trampa de luz y siempre se asombraban al saber que eran privilegiados por lo que tenían en sus casas y en su cerro.

A mis amigos y compañeros del Zoológico de San Juan de Aragón, por hacerme sentir biólogo y reconocer mi trabajo. Al Área educativa, por hacerme recordar mis metas.

Gracias a todas las personas que me han ayudado a ser quien soy.

ÍNDICE

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CLASIFICACIÓN	3
DIVERSIDAD BIOLÓGICA	4
NÚMERO DE DIVERSIDAD DE HILL	5
EFECTO DE LA ALTITUDINAL EN LA DIVERSIDAD	6
ANTECEDENTES	7
DIVERSIDAD DE COLEÓPTEROS LAMELICORNIOS	9
JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	9
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS PARTICULARES	10
HIPÓTESIS	10
MÉTODO	11
ÁREA DE ESTUDIO	11
MÉTODOS DE RECOLECTA	14
TÉCNICAS DE RECOLECTA	14
<i>I Métodos directos</i>	14
<i>II Métodos indirectos</i>	14
II.I. Trampas de caída	15
II.II. Carpotrampas	15
II.III. Trampas de intercepción de vuelo	16
TRABAJO DE LABORATORIO	16
ANÁLISIS DE DATOS	17
EFICIENCIA DEL MUESTREO	17
NÚMEROS DE DIVERSIDAD DE HILL	20
RIQUEZA	20
COMPOSICIÓN DE LOS PUNTOS	21
EFECTO DEL TIPO DE TRAMPA	21
FENOLOGÍA	22
RESULTADOS	23
EFICIENCIA DEL MUESTREO	23
ABUNDANCIA Y RIQUEZA ESPECÍFICA	23
LISTA DE COLEÓPTEROS LAMELICORNIOS DEL CERRO DEL CUATLAPANGA, TLAXCALA, MÉXICO.	25
DESCRIPCIÓN, BIOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN DE LAS ESPECIES DE LAMELICORNIOS EN EL CERRO DEL CUATLAPANGA, TLAXCALA	26
COMPARACIÓN DE RIQUEZA, DIVERSIDAD Y ABUNDANCIA ENTRE SITIOS	37
ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN	38
EL EFECTO DEL TIPO DE TRAMPA	38
FENOLOGÍA	39
DISCUSIÓN	42
DIVERSIDAD DE TLAXCALA Y NUEVOS REGISTROS	42

EFICIENCIA DEL MUESTREO -----	43
EFEECTO ALTITUDINAL EN EL CERRO DEL CUATLAPANGA -----	43
EFFECTIVIDAD DEL TIPO DE TRAMPAS -----	43
FENOLOGÍA -----	44
DIVERSIDAD REGISTRADA EN BOSQUES DE PINO ENCINO-----	45
CONCLUSIONES -----	47
REFERENCIAS -----	48

Índice de figuras

Figura 1. Especies por familia para el estado de Tlaxcala.....	9
Figura 2. Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala.....	11
Figura 3. Figura 3. Puntos de muestreo (DigitalGlobe, 2008).	13
Figura 4. Modelo de necrotrampa, coprotrampa y carpotrampa.	¡Error! Marcador no definido.
Figura 5. Curvas de acumulación de especies de lamelicornios del cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México	23
Figura 6. Abundancia absoluta y relativa de las tribus del cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México	24
Figura 7. Abundancia absoluta de cada especie del Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México.....	24
Figura 8. Representación gráfica de la diversidad en número de Hill de cada punto.	37
Figura 9. Abundancia de lameliconrios obtenida por tipo de trampa...;	¡Error! Marcador no definido.
Figura 10. Registro fenológico de Lamelicornios del Cerro del Cuatlapanga comparado con la precipitación mensual promedio y la temperatura promedio.	40

Índice de Cuadros

Cuadro 1. Coordenadas de puntos en grados decimales.....	12
Cuadro 2. Esfuerzo de Muestreo	18
Cuadro 3. Número de especies por punto de recolecta.....	37
Cuadro 4. Riqueza estimada con Chao 1 (Colwell & Coddianto, 1994) y riquezas observadas por punto.	38
Cuadro 5. Valores del estadístico R y P obtenidos con análisis de ANOSIM	38
Cuadro 6. Especies capturadas por diferentes tipos de trampas	39
Cuadro 7. Resultados de correlación de Spearman entre el número de especies y las variables a través de los meses.	40

RESUMEN

Se presenta un estudio con el propósito de profundizar en el conocimiento de coleópteros Scarabaeoidea en el estado de Tlaxcala y contribuir con un inventario faunístico, brindando información sobre la estructura de la comunidad en un gradiente altitudinal que habita el cerro del Cuatlapanga, un bosque compuesto por Pino-Encino. Se definieron cinco pisos altitudinales con cuatro tipos de muestreo durante un año que logró registrar 1116 ejemplares perteneciente a 23 especies de 13 géneros en siete subfamilias de Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae. Cuatro de estas especies representan un nuevo registro para el estado. El modelo de riqueza potencial estimó un 96.7% de completitud. Las tribus más diversas fueron Melolonthini y Diplotaxini con siete y cinco especies respectivamente.

Con la finalidad de reconocer el efecto altitudinal en la diversidad de Scarabaeoidea, se analizó el efecto altitudinal entre los cuatro pisos altitudinales de la ladera sur del cerro, comparando la diversidad, riqueza y abundancia mediante el análisis de los números de Hill, el estimador de Chao1, la prueba de Kruskal-Wallis, el coeficiente de disimilitud de Bray-Curtis, y el análisis de similitud. Además, se analizó la influencia del tipo de trampa en la abundancia y la riqueza específica obtenida en cada punto, con ayuda de la prueba de Kruskal Wallis. Los análisis indican que la riqueza potencial oscila entre 24 y 28 especies. El modelo que mejor se ajusta a los datos es el exponencial, con datos aleatorizados ($R^2=0.8488$), que calcula un 96.73% de especies inventariadas. Los números de Hill muestran que el punto 0 es el más diverso, además, en la riqueza y abundancia específica entre los pisos altitudinales no hay diferencia significativa (ANOSIM, $R = 0.433$, $P = 0.005$), de acuerdo con los datos de P y R bajo el índice de Bray Curtis. Finalmente, no existe diferencia significativa entre el tipo de trampa y las especies obtenidas ($X^2= 2.913$, g.l.=3, $P= 0.2966$), y si existe una correlación entre la diversidad y la precipitación mensual registrada.

INTRODUCCIÓN

La clase Hexapoda es megadiversa, presentan más de 1,000,000 de especies descritas a nivel mundial (Gullan & Cranston, 2010). Son notablemente importantes pues cumplen diferentes funciones en los ecosistemas como: reciclaje de nutrientes, propagación de plantas y mantenimiento de comunidades, tanto vegetales como animales, polinización, vectores de transmisión, plagas, parasitismo, control biológico, alimentación, cultura, arte, producción de materiales, tratamientos médicos, biotecnología, entre otros (Roth & Willis, 1957; Stern *et al*, 1959; Yokohama *et al*, 1997; Losey & Vaughan 2006; Zhang *et al*, 2007; Klein *et al*, 2007; Zhang *et al*, 2008; Maclachlan, 2011; Perry *et al*, 2013; Thompson, 2013; Ejiofor, 2016; Bouchard, *et al*, 2017; Robert & Peter, 2017).

Dentro de Hexapoda, el orden Coleoptera es el grupo más diverso, pues contiene el 40% de las especies descritas para la clase (Lawrence & Briton, 1991; McKenna & Farrell, 2009). Este orden se caracteriza por que los adultos presentan una modificación en el primer par de alas, las cuales se encuentran altamente esclerotizadas, conocidas como élitros, que en reposo se mantienen en contacto y le sirven de protección al par de alas funcionales que son considerablemente frágiles, así como para regular la humedad corporal; el mesoescutelo es relativamente pequeño, pero casi siempre es visible y bien definido; hay pérdida del esternito I y reducción del III y la terminalia retraíble hacía el pigidio (Lawrence & Slipinski, 2013).

Los adultos de la superfamilia Scarabaeoidea se caracterizan por presentar antenas lameladas, cuyos últimos tres o cuatro flagelómeros se encuentran en forma de laminilla, las cuales son móviles de manera similar a un abanico. De igual forma el tamaño de la cabeza es pequeño comparado con el del cuerpo. Finalmente, el protórax se encuentra muy desarrollado y es de mayor tamaño que el mesotórax y el metatórax (Morón, 2004).

Su importancia ecológica es amplia. Se sabe que aproximadamente 4,340 de las 6,200 especies descritas en América latina presentan hábitos fitófagos, al igual que 1,860 especies presentan hábitos saprófagos (Morón & Aragón, 2003). Algunas de las especies que se alimentan de tejido vegetal, son inclusive capaces de favorecer el crecimiento de ramas en

especies perennes (Morón, 2003). Algunas especies tienen el potencial de ser plaga en cultivos, principalmente de caña de azúcar, maíz y trigo (Morón *et al.* 1997, 1998; Aragón *et al.*, 2010). Aquellos con hábitos coprófagos, poseen la capacidad de reincorporar el nitrógeno de las heces del ganado, acelerando la nitrificación de este, de igual forma permiten el crecimiento fúngico mediante la producción de condiciones aeróbicas en las heces, por lo que son potenciales remediadores ambientales (Fincher *et al.*, 1981; Yokohama *et al.*, 1997; Bang *et al.*, 2005; Martínez & Lumaret, 2006). Tanto a las larvas como a los adultos se les asocia con el aumento de la oxigenación y la humedad del suelo (Tapia *et al.*, 2013). De igual forma se conoce la capacidad de los lamelicornios saproxilófagos para acelerar la descomposición de las maderas del piso del bosque, tanto larvas como adultos, principalmente passalidos y rutelidos (Morón & Aragón, 2003). Los lamelicornios poseen importancia médica, ya que algunas especies llegan a ser huéspedes intermediarios de acantocéfalos (Ratcliffe, 1976), por otro lado, algunas especies de Scarabaeinae son capaces de dispersar o destruir huevecillos de helmintos y quistes protozoarios (Halffter & Matthews, 1966). Estos inclusive pueden ser utilizados como indicadores ecológicos, biogeográficos y del estado de conservación de ecosistemas (Halffter, 1964, 1987; Morón & Terrón, 1984; Morón, 1991, 1994; Halffter & Favila 1993).

Clasificación

El orden Coleoptera se divide en cuatro subordenes: Archostemata, Myxophaga, Adephaga y Polyphaga. A nivel mundial se conocen 154 familias, 29,593 géneros y 386,755 especies (Bouchard *et al.*, 2017), gracias a su diversidad es posible encontrarlos en casi cualquier hábitat. De igual forma cuentan con gran variedad de hábitos: depredadores, fitófagos, fungívoros, frugívoros, coprófagos y necrófagos e incluso parásitos (Triplehorn & Johnson, 2005).

Dentro del suborden Polyphaga se encuentra la superfamilia Lamellicornia o Scarabaeoidea, a la cual, a lo largo de la historia se le han brindado diferentes clasificaciones, desde Carl Linné (1735), en *Systema Naturae*, donde se clasifican los *Scarabeus* por la principal característica del grupo de los lamelicornios, maza antenal en forma de abanico, capaz de contraerse. Posteriormente, el entomólogo Christian Fabricius (1775) acuñó el término

antena lamelada, utilizado actualmente para referirnos a la misma característica del grupo (Kholmann & Morón, 2003). Sin embargo, una clasificación importante a los ojos de la utilizada en este trabajo fue la de Edrödi (1966), quien clasificó a los Lamelicornios o Scarabaeoidea bajo criterios morfológicos además de conceptos históricos (Kholmann & Morón, 2003), dando como resultado un dendograma que buscaba brindar las relaciones entre las cinco familias dentro de lamelicornia: Scarabaeidae, Trogidae, Melolonthidae, Lucanidae y Passalidae. Finalmente, Morón (1984) en su libro “Escarabajos, 200 millones de años de evolución”, compiló la clasificación para el rango de familia hasta el de subtribu, complementada por diversos autores, que van desde Lacordaire (1856), Blackwelder (1944), Janssens (1949), hasta Britton (1978), Halffter y Edmons (1982), Howden (1982), Mizunuma y Nagai (1994) la cual ha sido ampliamente aceptada por diversos autores latinoamericanos, siendo así, subdividida en 35 subfamilias, 69 tribus y 57 subtribus. Sin embargo, esta no ha sido la única clasificación, ya que en las últimas décadas del siglo XX se han utilizado diversas hipótesis sobre las relaciones dentro de dicho grupo, destacan por ejemplo, la de Janssens (1949), la cual ha sido ampliamente utilizada principalmente por autores Norteamericanos, por otro lado, la clasificación de Balthasar (1963) ha sido acogida por autores europeos, inclusive la clasificación de Crowson (1981), ha sido aceptada por diversos autores, como Scholtz, Chown, Lawrence y Newton (Delgado & Blackaller, 2000). Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de diversos autores, aún faltan evidencia filogenética que arroje luz sobre las afinidades y niveles adecuados de cada grupo en Scarabaeoidea.

Diversidad biológica

La diversidad biológica, también conocida como biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente biológica, comprende la variación dentro de cada especie, entre las especies y los ecosistemas (IAvH, 2000). En 1972, Whittaker propuso que la diversidad de las especies se puede trabajar a tres escalas diferentes, alfa, beta y gama. La primera se basa en las especies que componen a la comunidad de un hábitat, la segunda en la frecuencia y tasa de recambio entre las especies a través de un gradiente de hábitats, y la diversidad gama es la riqueza de especies a través de un rango de hábitats (región). Noss (1990a) la clasifica de acuerdo sus atributos, estructura, composición y función, y es a partir de estas características que se jerarquizan (Villarreal *et al.*, 2004). Los inventarios biológicos,

son parte del reconocimiento, catalogación y cuantificación de entidades naturales como los genes, especies, poblaciones, ecosistemas o paisajes (UNEP, 1995).

El nivel de especie es muy importante, ya que de acuerdo a Noss (1990b) brinda aspectos relevantes para conocer el estado de conservación de un ecosistema, por lo que pueden ser agrupadas en cinco categorías: especies bioindicadores (indican el estado de perturbación de un ecosistema); especies angulares (de las que otras especies dependen); especies sombrilla (capaces de brindar protección a otras); especies bandera (aquellas carismáticas que son símbolos importantes para la conservación); y aquellas que se encuentran vulnerables, que son raras, dependen de recursos específicos, poseen niveles bajos de población o presentan baja reproducción.

En este caso las especies son consideradas bajo el concepto filogenético de especie de De Queiroz (2007), en el que parten de un proceso filogenético ocurrido en metapoblaciones que evolucionan de manera independiente y divergen, dando lugar a especies diferentes mediante el proceso de cladogénesis.

Análisis de la diversidad

A pesar de lo anterior, la diversidad es un tema extensamente utilizado en la biología. En términos generales hace referencia a la complejidad presente en la estructura de una comunidad, de forma que se podría hacer el símil de que la diversidad resume para variables cualitativas lo que la varianza mide para variables cuantitativas (Jost & González-Oreja, 2012). Sin embargo, en estadística, la diversidad es una medida de incertidumbre al momento de valorar la identidad de una especie en una comunidad, de tal forma que se expresa la rareza media de las especies que la integran (Patil 2002). Al utilizar el índice de entropía de Shannon medimos la entropía o la incertidumbre asociada al resultado de un proceso, por lo que, si este se calcula a partir de logaritmos naturales, se puede calcular el número de especies igualmente comunes que integran una comunidad, número efectivo de especies, por lo que este número tiene un significado real como medida de diversidad (Jost 2006, 2007, 2009). Estos análisis estadísticos fueron brindados por el Ecólogo Hill, de aquí su nombre, sin embargo, su importancia no termina aquí, pues al cambiar el orden de q en la fórmula (Visto

como “a” más adelante), los valores de q arrojan diferentes resultados relacionados a la comunidad, siendo los valores menores a uno los que ponderan mayormente a las especies raras de la comunidad, y los valores mayores a uno, las especies comunes, por lo que el valor de uno es el único valor que da el mismo peso a todas las especies (Jost & González-oreja, 2012). Los números de diversidad de Hill o números equivalentes de especies toman en cuenta la diferencia entre las abundancias relativas de las especies de un ecosistema, de tal forma que permiten comparar de forma directa los valores obtenidos y permite aseverar las diferencias entre la diversidad existente (Jost 2006, Jost *et al.*, 2010, Jost & González-Oreja, 2012)

Efecto de la altitudinal en la diversidad

Las montañas son excelentes sistemas de estudio debido a la gran heterogeneidad ambiental que se presenta en un espacio corto, por ello, concentran gran cantidad de diversidad y endemismos (Rahbek *et al.*, 2019).

Los patrones de diversidad altitudinal de ambos hemisferios presentan la tendencia de patrones unimodales, por lo que es en un intervalo altitudinal donde se concentra el mayor número de especies, que puede explicarse gracias a tres factores: mayor grado de extensiones elevadas, asociadas con montañas altas, presencia de mayor perturbación antropogénica en menor altitud y un gradiente climático menor a mayor altitud (Vitousek *et al.*, 1997; Guo *et al.*, 2013). Es por eso por lo que ha sido importante el estudio de la presión que ejerce el ser humano en su entorno (Gardner *et al.*, 2009).

Los Scarabaeoidea han sido ampliamente utilizados como grupo modelo para estudiar las consecuencias de la perturbación ambiental en zonas tropicales (Morón & Terrón, 1984; Halffter *et al.*, 1992; Halffter & Favila, 1993; Favila & Halffter, 1997; Morón, 2003; Filgueiras *et al.*, 2015, 2016, Ramírez-Ponce *et al.*, 2019), por lo que se han registrado diferentes patrones bien definidos. En el caso de los escarabajos coprófagos, existe una relación inversa entre el aumento de la fragmentación del hábitat y la diversidad, esto en zonas tropicales bajas (Filgueiras *et al.*, 2015, 2016).

Por otro lado, en zonas de bosque templado, la diversidad no se ve tan afectada por la fragmentación, pero si por la llegada de especies de altitudes menores, incluso la diversidad puede permanecer constante, pero con una composición diferente (Morón & Terrón, 1984). En el caso de pastizales y zonas de agricultura, que carecen de cobertura vegetal, la diversidad disminuye (Ramírez-Ponce *et al.* 2019). En zonas neotropicales gracias a Escobar *et al.* (2007) y Alvarado *et al.* (2004) se han registrado dos patrones, en el primero se encontró que, a lo largo de tres gradientes altitudinales, la riqueza específica disminuye conforme aumenta la altitud, sin embargo, tanto en bosques como pastizales el número de especies ha sido calculado como similar y solamente ocurre cambio en la composición (Escobar *et al.*, 2007). En los pastizales aumenta el número de especies conforme aumenta la altitud, en el segundo, la diversidad decrece de manera lineal al aumentar la altitud (Alvarado *et al.*, 2004).

En México se han realizado diversos estudios en coleópteros lamellicornios, relacionados a su distribución en un gradiente altitudinal, principalmente con la familia Scarabaeidae (Martín-Piera & Lobo, 1993; Lobo & Halffter, 2000 Verdú *et al.*, 2000; Deloya *et al.*, 2007; Escobar *et al.*, 2007; Trevilla-Revollar *et al.*, 2010), donde se ha demostrado que, en los gradientes altitudinales, conforme se aumenta la altitud, disminuye la riqueza de especies y la diversidad.

Antecedentes

A nivel mundial se conocen cerca de 30, 000 especies de Lamellicornia, divididas en 2,000 géneros (Delgado *et al.*, 2000). En el trabajo realizado por Blackwelder (1945), se enlistan los coleópteros de México, América Central y América del Sur, siendo uno de los primeros trabajos que buscaba realizar un listado para coleópteros en México. En este trabajo se encuentran listadas 980 especies para México (Morón & Márquez, 2012). Estudios más recientes han permitido reconocer que el país cuenta con 1,819 especies descritas (Morón *et al.*, 1997; Morón 2003; Morón 2012), las cuales se dividen en 216 géneros (Delgado *et al.*, 2000).

En México los estudios faunísticos de Lamellicornios se realizaron principalmente por Morón *et al.* (1976, 1979, 1985, 1988, 1991, 1994) y Deloya *et al.* (1992a, 1992b, 1993, 1994, 1998,

1995, 1998, 2003), cuyos trabajos formaron parte de un proyecto que buscaba evaluar la fauna de Lamellicornia en México, sin embargo, no se realizaron trabajos faunísticos sistematizados en todos los estados del país, aunque sí se llevaron a cabo recolectas esporádicas en la mayoría de ellos, así como estudios en seis áreas naturales protegidas. Finalmente, los trabajos realizados entre los años 1976 y 2000 fueron condensados en dos atlas de coleópteros Scarabaeoidea de México (Morón *et al.*,1997; Morón, 2003).

Para el año 2003, Morón contabilizó solamente nueve especies para el estado de Tlaxcala, ubicándolo en el lugar número uno de los estados con menor diversidad. Sin embargo, entre los años 2006 y 2018 se realizaron cuatro trabajos faunísticos (García-de Jesús, 2006, 2011; Minor-Montiel, 2010; Gutiérrez, 2018), tres trabajos derivados de recolectas esporádicas y un trabajo sobre scarabaeidos coprófagos (Arellano & Guevara, 2014). Estos estudios han permitido registrar y describir nuevas especies (Márquez, 2014; Arriaga-Jiménez *et al.*, 2016), e incrementar significativamente el número de registros para la entidad, con un total de 78 especies y 32 géneros (Figura 1). Gracias a los trabajos de García-de Jesús (2006, 2011), se han registrado 36 especies para el volcán de La malinche, el cual se encuentra al sur del cerro del Cuatlapanga.

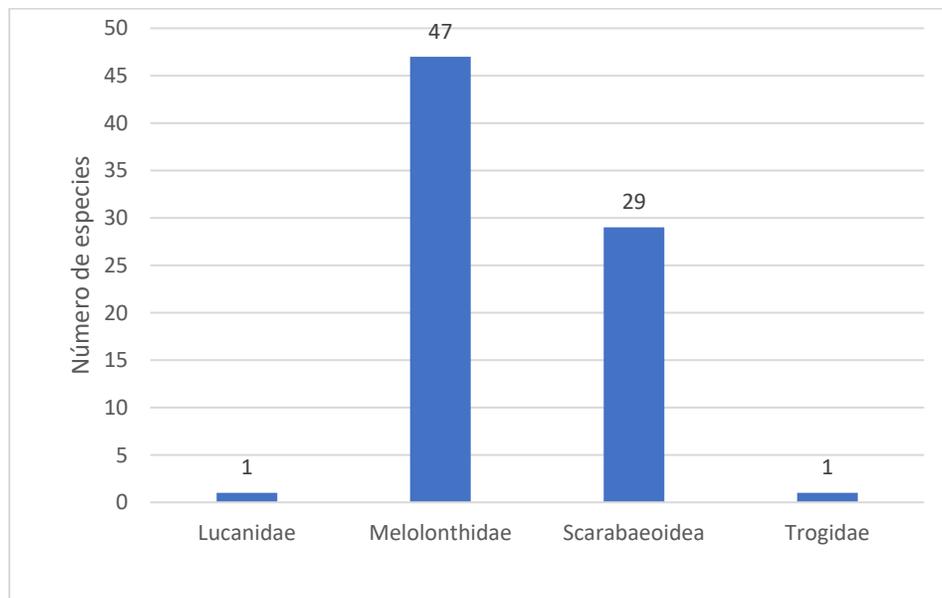


Figura 1. Especies por familia para el estado de Tlaxcala.

Diversidad de Coleópteros lamelicornios

Morón *et al.* (1997, 2003, 2014) intentaron estimar la cantidad de Lamelicornios presentes dentro del territorio mexicano. Se estimó que en los bosques tropicales caducifolios habitan entre 130 y 160 especies de Scarabaeidae, siendo la vegetación con la mayor diversidad específica, seguida por los bosques mixtos de coníferas con encinos que presentan entre 120 y 145 especies. Los Trogidae se encuentran principalmente en bosques tropicales perennifolios donde se estimaron hasta 27 especies. Los Passalidae habitan principalmente en bosques tropicales, donde estimaron entre ocho y 15 especies, por otro lado, dentro de los bosques de coníferas el estimado fue de entre tres a ocho especies (Morón *et al.*, 1997, 2003). Posteriormente, en el 2014 (Morón *et al.*) se realizó un cálculo comparativo para definir la diversidad de los Melolonthidae en cada tipo de vegetación, la mayor diversidad se registra en los bosques tropicales caducifolios con un 32% de las especies (377); un 26% de estas especies (306) se registran en bosques de combinación entre coníferas y encinos; en los bosques tropicales perennifolios y las comunidades xerófilas (pastizales nativos y matorrales) representan el 16% cada una (188 especies), y un 10% de los melolóntidos mexicanos existe en los bosques mesófilos de montaña (117 especies).

Justificación del estudio

Los datos obtenidos en un inventario de biodiversidad pueden ser utilizados para análisis de diferente índole, pues estos nos permiten conocer de forma directa la diversidad de un sitio, siendo así descritos por Dirzo y Raven (1994) como una prioridad a nivel nacional. La información obtenida puede ayudar a definir de patrones de distribución, relaciones filogenéticas, categorías de riesgo, estado de conservación, así como la posibilidad de encontrar especies nuevas para la ciencia o registros nuevos para el estado, lo que brindaría información indispensable para el acervo científico, ayudando a futuros estudios biogeográficos, ecológicos y de sistemática (Morón, 1990; Noss, 1990a; Rivera, 2003; Villareal *et al.*, 2004). Se espera, que la información obtenida en este trabajo contribuya en

el conocimiento básico de diversidad, ecología, riqueza, abundancia, de igual forma, se pretende que el conocimiento plasmado en este mismo repercute de forma directa en los pobladores de la zona, destacando la importancia de los escarabajos en el mantenimiento del ecosistema.

La diversidad es afectada directa o indirectamente por las actividades humanas por la alteración de ecosistemas complejos, modificación de paisajes y comunidades por alteración de patrones hidrológicos, la introducción de especies exóticas, así como la contaminación atmosférica, acuífera y edáfica por sustancias tóxicas (Halffter *et al.*, 2001; Badii *et al.*, 2015). El estado de Tlaxcala se encuentra en la provincia biogeográfica del Eje Volcánico Transmexicano, ubicada en la zona de transición entre la región Neártica y la región Neotropical, siendo un área con composiciones ecológicas complejas (Morrone, 2002), debido a esto y a la posible pérdida de diversidad, se hace indispensable la obtención de datos de la zona, ya que el cerro del Cuatlapanga es uno de los últimos remanentes de bosque de encino del estado de Tlaxcala (INEGI, 2017), por lo que la realización de un estudio faunístico de la diversidad es indispensable ante la posible pérdida de diversidad de esta Área.

Objetivo General

- Realizar un listado faunístico de las especies de lamelicornios presentes en el Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala.

Objetivos particulares

- Comparar la composición de la comunidad de escarabajos lamelicornios del bosque de encino a diferentes altitudes en el cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala.
- Conocer el efecto de tres tipos de trampas sobre la eficiencia de captura de diferentes gremios alimenticios de lamelicornios en el Cerro del Cuatlapanga.
- Complementar el número de especies presentes en el estado de Tlaxcala.

Hipótesis

- El incremento en la altitud tendrá un efecto significativo en la disminución de la diversidad de Scarabaeoidea.

MÉTODO

Área de estudio

El cerro del Cuatlapanga se encuentra en la provincia biogeográfica de Eje Volcánico Transmexicano, subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac, en el distrito I, dentro de los municipios de Cuaxomulco y Teacalco (INEGI, 2000). Cuenta con una superficie de 3,991.14 km², está situada entre una altitud de 2, 2420 msnm y 2900 msnm, en los 19°21' 08" N y 98° 05' 10" W. Los tipos de suelo que predominan son cambisol, luvisol y durisol (INEGI, 2000, 2009). La vegetación se compone por bosque de *Quercus*, además de zonas agrícolas (Figura 2 y 3). El clima predominante es templado subhúmedo con lluvias en verano, cuenta con una temperatura anual de entre 12 °C y 14°C y una precipitación anual mínima de 700 mm y una máxima de 1000 mm anuales, (INEGI 2009, 2017; INAFED, 1999).

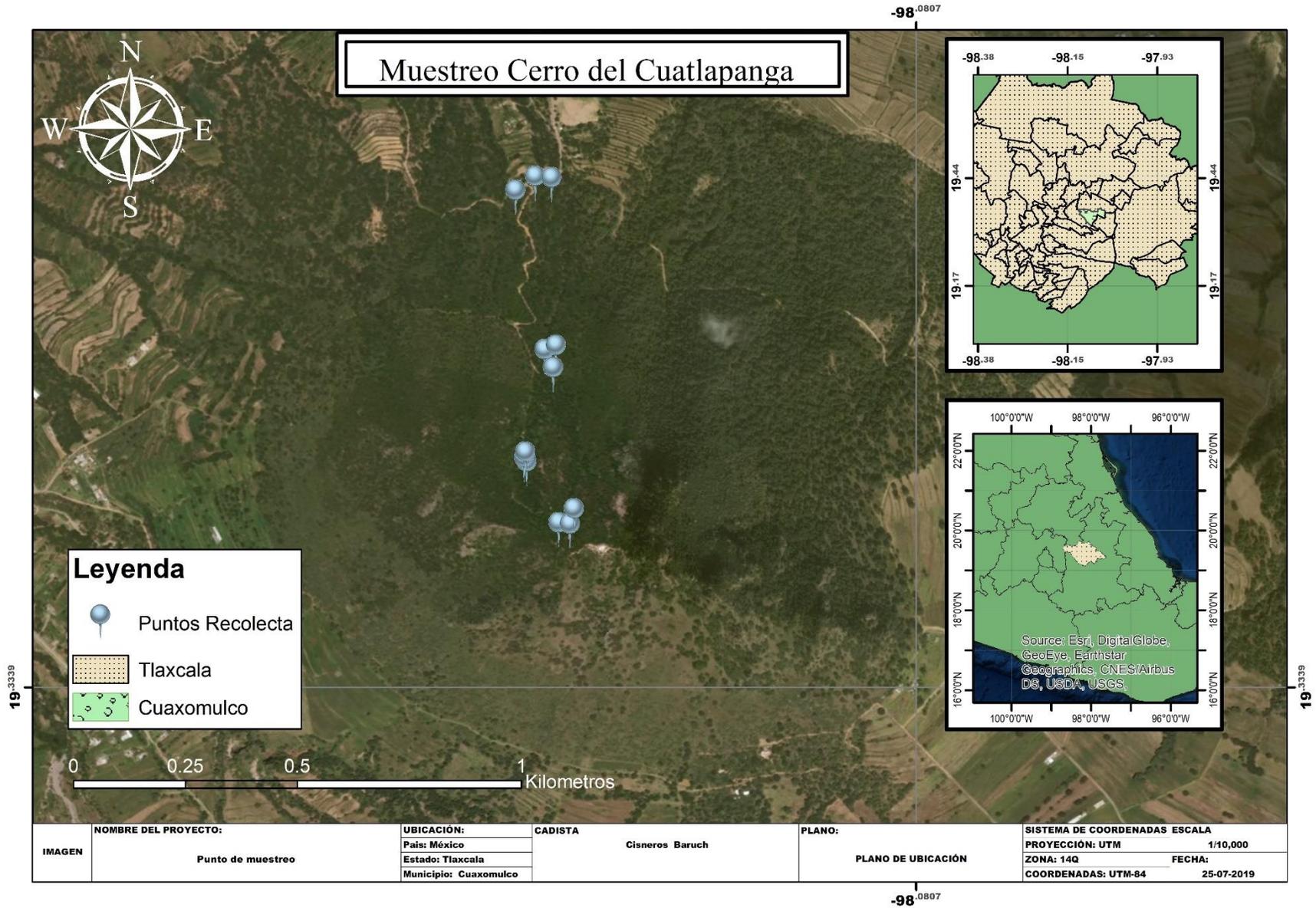


Figura 2. Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala.

Cuadro 1. Coordenadas de los puntos de colecta en grados decimales

Punto	Altitud	Latitud	Longitud
		19.3440278	-98.0883611
0	2540 msnm	19.344	-98.0880278
		19.34375	-98.08875
		19.3405556	-98.0881667
1	2630 msnm	19.3406389	-98.0879444
		19.3401944	-98.088
		19.3383056	-98.0885278
1	2766 msnm	19.3383889	-98.0885833
		19.3385	-98.0885556
		19.3370833	-98.0878889
3	2866 msnm	19.3370556	-98.0876667
		19.3373611	-98.0875833

La numeración de cada punto (0-3) se colocó de manera ascendente con dirección a la cima del cerro (ladera sur)



1

Figura 3. Puntos de muestreo (DigitalGlobe, 2008).

Métodos de recolecta

Se realizaron colectas mensuales a partir del mes de mayo del año 2019, hasta el mes de marzo del año 2020. La zona de estudio se dividió en cuatro estratos altitudinales, con una separación de aproximadamente 90 m, empezando en los 2540 msnm y alcanzando los 2856 msnm. Se seleccionaron tres puntos en cada estrato donde se colocaron dos trampas pitfall con distinto cebo (calamar y excremento), una carpotrampa y una trampa de intercepción de vuelo. Entre cada punto y cada trampa pitfall se dejaron aproximadamente 10 m de separación, para minimizar la interferencia entre trampas y replicas. Las carpotrampas se colocaron a una altura aproximada de dos metros, y las trampas de intercepción de vuelo a 30 cm del suelo. El muestreo completo quedó formado por un total de 36 trampas cebadas y 12 trampas de intercepción (Fig. 3, Cuadro 1).

Adicionalmente, se implementó una trampa de luz, la cual se colocó en distintos puntos, con la finalidad de obtener el mayor número de especies nocturnas. Esta se usó al menos tres días del mes, iniciando una hora antes del ocaso. De igual forma se recolectaron ejemplares de manera manual durante el recorrido hacía las trampas.

Técnicas de recolecta

Métodos directos

Como método directo se utilizaron las manos, red aérea, pala, pinzas, cuchillo y hacha, con la finalidad de buscar en diferentes sustratos, tocones, troncos podridos y árboles (Márquez, 2005; Solís, 2007).

Métodos indirectos

Como método indirecto se utilizaron cuatro tipos de trampa: necrotrampas, coprotrampas, carpotrampas y trampas de intercepción de vuelo. El líquido conservador, consistió en una mezcla de alcohol, agua, sal y detergente líquido. El cebo de las necrotrampas y carpotrampas se cambió mensualmente, durante un año al igual que la revisión de las trampas de intercepción de vuelo permanecieron en el mismo lugar. El tiempo de actividad de las coprotrampas fue durante la estancia en campo.

Trampas de caída

Las necrotrampas y coprotrampas, fueron modificaciones de la NTP-80 (Morón & Terrón, 1984). Para ello se utilizó un recipiente grande de 2.5 l, y uno pequeño de 50 ml para la necrotrampa, y en el caso de la coprotrampa se utilizaron botes de 80 ml. Tanto los botes grandes como los pequeños contaron con un par de ventanas en su costado. En la coprotrampa la abertura del bote grande fue de 6.5cm x 16cm, en la necrotrampa de 3cm x 17cm. El bote pequeño contó con aberturas de 4cm x 4.5cm. La tapa de este último se sujetó a la tapa grande por medio de tornillos, los cuales se insertaron en orificios previamente realizados con cautín, de tal forma que el frasco pequeño sirvió para sostener el cebo y el grande contuvo a los individuos que fueron atraídos y colectados (Fig. 4).

Las necrotrampas fueron cebadas con filete de calamar en descomposición, y las coprotrampas con heces humanas. En ambas se vertió aproximadamente 250 ml de líquido preservador. Finalmente se colocaron con las ventanillas a ras del suelo con ayuda de una pala, y se fijaron con rocas para evitar la sustracción o cualquier tipo de daño.

Carpotrampas

Para la elaboración de carpotrampas se realizó a partir de un envase de refresco de tres litros, al cual se le elaboró una ventana rectangular de 15 x 6 cm, al igual que un par de pestañas de 7 x 6 cm, en las cuales se fijaron un par de trozo de tela de color rojo y amarillo, fueron amarradas por la tapa con ayuda de mecatillo. Este tipo de trampa se cebó con plátano macho y piloncillo previamente fermentado (Fig. 4).

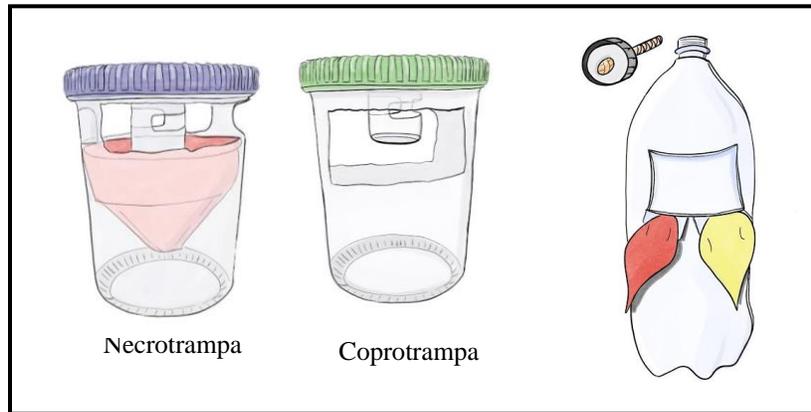


Figura 4. Modelo de necrotrampa, coprotrampa y carpotrampa.

Las necrotrampas contaron con un embudo en su interior para evitar la pérdida de líquido conservador por evaporación.

Trampas de intercepción de vuelo

Las trampas de intercepción de vuelo se realizaron con maya de mosquitero en forma rectangular de aproximadamente 2.5m x 1m. Esta se encontrará amarrada con mecatillo por cada una de sus aristas, las cuales serán sujetadas a árboles cercanos o en su defecto estacas.

Los ejemplares colectados fueron conservados en frascos de 500ml con alcohol etílico al 70%, con una etiqueta que contenía:

- Fecha de recolecta
- Localidad
- Vegetación
- Punto de muestreo
- N° de trampa
- Método de recolecta
- Nombre del recolector.

Trabajo de Laboratorio

Para la identificación se utilizó un microscopio estereoscópico marca Carl Zeiss, la clave genérica y supra genérica de Delgado *et al.*, (2000), las descripciones específicas contenidas

en los Atlas de Escarabajos de México I y II (Morón *et al.* 1997; Morón, 2003), al igual que asesoría especializada del Dr. Andrés Ramírez Ponce y del Dr. Santiago Zaragoza Caballero.

Los ejemplares se secaron con papel absorbente y con ayuda de alfileres de costura se colocarán de forma adecuada durante su montaje sobre una placa de unigel forrado con papel bond. Los ejemplares se sexaron y la disección de genitales se realizó con pinzas entomológicas, los genitales fueron montados con goma entomológica sobre triángulos de papel opalina, los cuales fueron colocados junto al ejemplar correspondiente, al igual que una etiqueta, con los siguientes datos: Nombre de la especie, autor, año de descripción y el nombre de la persona que realizó la identificación y sexo del ejemplar (Márquez, 2005). En las etiquetas principales se utilizó papel opalino, éstas contienen: País, estado, municipio, coordenadas, altitud, tipo de vegetación, biotipo, fecha de colecta, la inicial del nombre y el apellido del colector (Márquez & Asiain, 2000). Fueron agrupados por morfotipos para facilitar su posterior determinación taxonómica. Los ejemplares recolectados se depositaron en la Colección Nacional de Insectos (UNAM) y Colección Entomológica IEXA (INECOL).

Análisis de Datos

Se realizó una base de datos con ayuda del programa Excel (v. 2016) que contenía: número de captura, morfoespecie, familia, género, epíteto específico, técnica de colecta, número de transecto, número de trampa, altitud, coordenadas geográficas, recolector y comentarios. De igual manera, se obtuvo la abundancia absoluta y relativa, así como la fenología de las especies.

Eficiencia del muestreo

Para medir la eficiencia del muestreo se utilizó una curva de acumulación de especies, con la cual se estimó la riqueza específica para la zona, así como la posibilidad de calcular el esfuerzo requerido para completar en su totalidad el inventario de dicha zona. El comportamiento teórico inicial de la curva se debe a que en los primeros muestreos se recolectarán rápidamente especies comunes, lo que implica que una vez obtenidas éstas, se reducirá el crecimiento, sin embargo, gracias a las especies raras la curva llegaría a un declive y a una asíntota, donde hipotéticamente se tendría el 100% de las especies de la zona (Soberón & Llorente, 1993; Colwell & Coddington, 1994; Jiménez-Valverde & Lobo, 2004) Se realizó

una curva general, que abarca cada método de recolecta, con la finalidad de comprobar la calidad del muestreo. Para realizar esta representación gráfica se utilizó como valor independiente cada salida mensual (Cuadro 2) (Jiménez-Valverde & Lobo, 2004; García-de Jesús, 2011), y como valor dependiente las especies observadas.

Cuadro 2. Esfuerzo de muestreo por tipo de trampa.

Unidad mixta por mes		
Muestreo directo	Trampa de luz	5 hr /noche
	Recolecta Manual	5 hrs/ hombre
Muestreo indirecto	Necrotrampas	12 trampas permanentes
	Carpotrampas	12 trampas permanentes
	Coprotrampas	12 trampas (24hrs/día)
	Trampas de intercepción de vuelo	12 trampas permanentes

En el muestreo indirecto se muestra el esfuerzo por punto de recolecta

La curva de acumulación fue suavizada para brindar aleatoriedad a las unidades de muestreo y que no exista un sesgo temporal o espacial, lo que permite que la introducción del esfuerzo de muestreo (t) sea aleatorio y que el número medio de especies $s(t)$ sea calculado a partir de valores entre 1 y 11 (número total de unidades de esfuerzo de muestreo) (Jiménez-Valverde y Hortal 2003). Así se obtuvo una curva promedio de adiciones de esfuerzo. Con ayuda del programa Estimates 9.1,0 (2013) se realizó el proceso de suavizado, con al menos 1000 repeticiones.

Se utilizó la función de Clench ajustada a la curva, esperando que produzca mejores predicciones sobre su comportamiento (Soberón-Mainero, & Llorente-Bousquets, 1993). La expresión matemática es:

$$S(t) = \frac{(a)(t)}{(1 + (t)(b))}$$

Dónde:

- a) es la ordenada al origen, medida relacionada a la facilidad con la que especies nuevas son encontradas al inicio del muestreo,
- b) es el parámetro relacionado a la forma de la curva (pendiente), (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003),
- t) es la unidad de esfuerzo de muestreo y
- S(t) es el número estimado de especies.

Este modelo fue realizado con STATISTICA 13.4 (Statsoft, Inc, 2018). Se obtuvo el coeficiente R^2 el cual indica el nivel de ajuste al modelo de acuerdo con los datos de la curva, permitiendo así conocer qué modelo se ajusta mejor a la curva, con valores de entre 0 a 1. Finalmente se calculó el valor de la asíntota como a/b .

Además, se utilizaron dos modelos adicionales, logarítmico y el exponencial, con la finalidad de determinar qué modelo se ajusta mejor a los datos, gracias al coeficiente de determinación (R^2), además del análisis visual de los residuos (Falther, 1996; Zar, 2010). El modelo logarítmico se basa en el supuesto de que conforme aumenta el registro de especies, la probabilidad de registrar una nueva especie disminuye con el tiempo, en relación proporcional con el tamaño actual de las especies observadas, para eventualmente completar el registro, dependiendo linealmente del tamaño del listado y de que los parámetros sean constantes en el tiempo (Soberón-Mainero, & Llorente-Bousquets, 1993; Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). El modelo exponencial se basa en la suposición de que, al aumentar el registro de especies, la probabilidad de registrar una nueva especie disminuye de forma no lineal, de tal forma que hay un decrecimiento exponencial, por lo cual la probabilidad de encontrar una nueva especie nunca será igual a cero (Soberón-Mainero, & Llorente-Bousquets, 1993; Díaz-Francés & Soberón, 2003; Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

La fórmula del modelo logarítmico es: $S(T) = \frac{1}{z} \ln(1 + zax)$

La fórmula del modelo exponencial es: $S(t) = \frac{a}{b} (1 - e^{-bx})$

Donde: a) es la ordenada al origen, b) Pendiente de la curva, z) siendo $1-\exp(-b)$, finalmente x es el número de muestreos acumulados.

Números de Diversidad de Hill

Se evaluó la diversidad de cada estrato, a partir de los números de diversidad de Hill (1973), derivado del supuesto propuesto de Renyi (1961) de que:

$$H_a = \ln(N_a)$$

Por lo que se entiende que N_a es igual a la sumatoria a la potencia $1/(1-a)$, de las (n) abundancias proporcionales a la potencia a:

$$N_a = (P_1^a + P_2^a + P_3^a + \dots + P_n^a)^{1/(1-a)}$$

Cuando $a = 0$, N equivale al número total de especies presentes:

$$\begin{aligned} N_0 &= (P_1^0 + P_2^0 + P_3^0 + \dots + P_n^0)^{1/(1-0)} \\ &= (1 + 1 + 1 + \dots + 1_n)^1 \end{aligned}$$

Si $a=1$, sería indefinido. N_a es continua y cuenta con derivadas en todos los órdenes, por lo que definimos que $N_1 = \lim_{a \rightarrow 1} (N_a)$, dando así a: $N_1 = \exp(-\sum p_i \ln(p_i)) = \exp(H)$, donde H es el índice de entropía de Shannon, Por lo que cuando $a = 1$; $N_1 = e^{H'}$, siendo H' el índice de Shannon-Weaver, donde:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i y asume que todas las especies se encuentran representadas en las muestras y que el muestreo fue realizado de manera aleatoria (Villareal *et al.*, 2004).

De tal forma que este número de diversidad de Hill representa el número efectivo o real de especies, donde cada especie es ponderada por su abundancia. De igual forma, al ser valores exponenciales se puede comparar la diferencia entre la diversidad de ambos estratos de manera directa (Hill, 1973; Ludwig and Reynolds, 1988; Alcolado, 1984, 1998). Se usó el software Past 3.02 (Hammer, 2013).

Riqueza

Se estimó la riqueza de las categorías de sitio con ayuda del estimador de Chao 1. Mediante el software Estimates 9.1,0 (2013).

La expresión matemática para el estimador de Chao 1 es:

$$S_2 = S_{obs} + \frac{Q_1^2}{2Q_2}$$

Este está basado en especies encontradas en una y dos muestras, Q1 y Q2 respectivamente (singletons y doubletons), de tal forma que se basa en un supuesto de la existencia de poblaciones y no individuos aislados (Villareal *et al.*, 2004).

La abundancia total obtenida en los cuatro puntos se evaluó bajo la prueba de Kruskal-Wallis con ayuda del programa Past 3.02 (Hammer, 2013), buscando encontrar si existen diferencias significativas entre puntos.

Composición de los puntos

Para comparar la composición de cada punto se hizo una matriz con ayuda del coeficiente de disimilitud Bray-Curtys (Herrera, 2000), posteriormente fue valorada mediante análisis de Similitud (por sus siglas en inglés ANOSIM), donde se compararán la abundancia y riqueza de cada estrato con ayuda de la fórmula:

$$R = \frac{\bar{r}_b - \bar{r}_w}{\frac{1}{4}[n(1 - n)]}$$

Donde \bar{r}_b es el promedio del rango entre factor (estrato), \bar{r}_w es el promedio del rango intra-factor y n el número de muestras (Warwick *et al.*, 1990), con ayuda del programa Past 3.02 (Hammer, 2013).

Efecto del tipo de trampa

Para conocer el efecto que tienen los tres tipos de trampas cebadas sobre las diferentes familias, se realizó un Análisis de varianza (por sus siglas en inglés ANOVA), donde se evaluará la riqueza y la abundancia de los organismos por tipo de trampa (Zar, 1999). En caso de existir diferencia significativa se realizará una prueba de Tuckey para conocer dicha diferencia (Wong, 2010).

Fenología

Para conocer si existe relación entre la riqueza mensual obtenida y los parámetros de temperatura y precipitación, obtenidos por la estación meteorológica 766830 de Ocotla, se utilizó el Coeficiente de Correlación de Spearman (Zar, 1999).

Resultados

Eficiencia del muestreo

Entre los meses de mayo del 2019 y marzo del 2020 se realizaron 11 muestreos, con un total de 1116 ejemplares, 23 especies, 13 géneros, 6 tribus y 6 subfamilias. Según los estimadores, la riqueza potencial en la localidad es de entre 24 y 28 especies. El modelo que mejor se ajusta a los datos es el exponencial, con datos aleatorizados ($R^2=0.8488$). De acuerdo con el modelo se obtuvo un 96.73% de especies inventariadas, mientras que con el modelo de Clench se obtuvo un 96.45 ($R^2= 0.6837$), finalmente se empleó el modelo logarítmico ($R^2=0.6469$) (Fig .5).

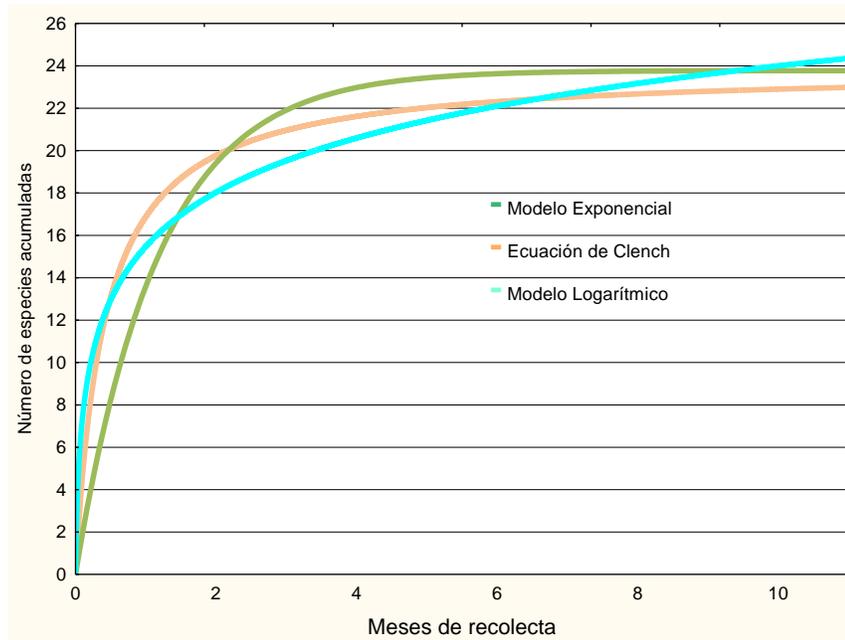


Figura 4. Curvas de acumulación de especies de lamelicornios del cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México.

Abundancia y riqueza específica

El 55.19% (616) de los ejemplares fueron identificados al nivel de especie, el resto se identificaron únicamente a nivel de género. La tribu con el mayor número de individuos fue Aphodiini con 500 ejemplares, siendo el 44.80% del total obtenido, seguido por Melolonthini con 189 ejemplares (16.93%). Las tribus con el menor número de ejemplares fueron Geotrupini y Bolboceratini, con un solo ejemplar registrado cada una (Fig. 6). La especie más abundante fue *Cephalocyclus lagoi*, con 371 ejemplares, representando el 33.24% del

muestreo, seguido por *Onthophagus boliviari* con 146 ejemplares (13.08%). En comparación con la riqueza específica por tribu, la tribu con el mayor número de especies fue Melolonthini con 7 (30.43%), seguido de Diplotaxini con 5 (21.72%) (Fig. 7).

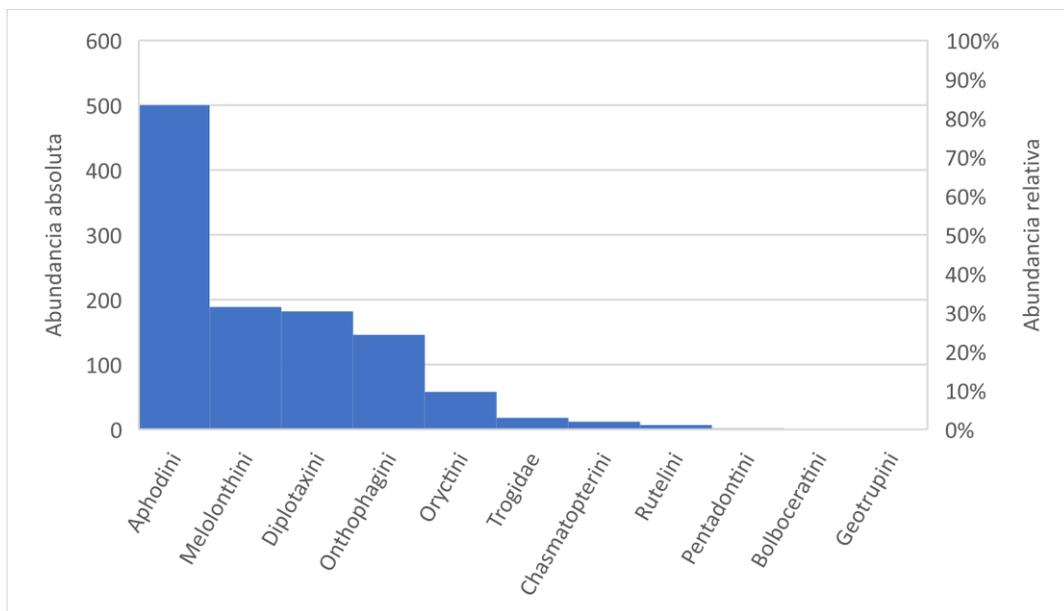


Figura 5. Abundancia absoluta y relativa de las tribus del cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México

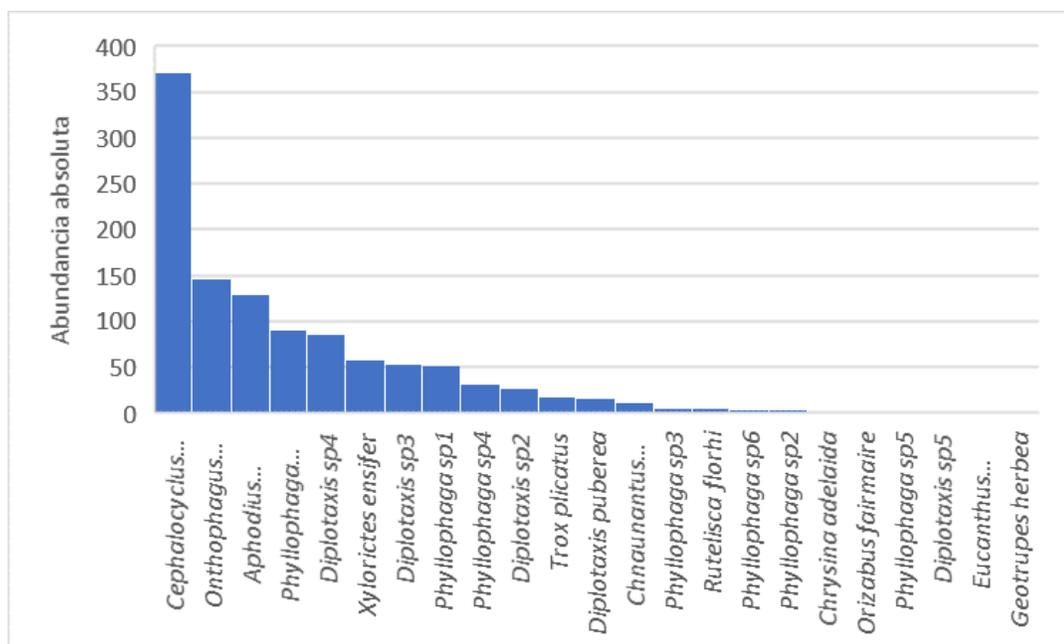


Figura 6. Abundancia absoluta de cada especie del Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México.

Lista de coleópteros lamelicornios del cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala, México

Melolonthidae

Melolonthinae

Melolonthini

Diploptaxis puberea (Bates, 1887)

Diploptaxis sp1

Diploptaxis sp2

Diploptaxis sp3

Diploptaxis sp4

Phyllophaga sp1

Phyllophaga sp2

Phyllophaga sp3

Phyllophaga sp4

Phyllophaga sp5

Phyllophaga sp6

Chasmatopterini

Chasmatopterus discolor (Burmeister, 1844)

Rutelinae

Rutelini

Pelidnotina

Chrysina adelaida (Hope, 1840)

Rutelina

Rutelisca florhi (Bates, 1888)

Dynastinae

Pentadontini

Orizabus faimairei (Bates, 1878)

Oryctini

Xylorictes ensifer (Bates, 1888)

Scarabaeidae

Scarabaeinae

Onthophagini

Onthophagus boliviari (Arriaga-Jimenez, 2016)

Aphodinae

Aphodini

Aphodius sp.

Cephalociclus lagoi (Dellacasa *et al.*, 2007)

Geotrupinae

Geotrupini

Geotrupes herbeus (Jekel, 1856)

Bolboceratini

Eucanthus mexicanus (Howden, 1964)

Trogidae

Troginae

Trox plicatus (Robinson, 1940)

Descripción, biología y distribución de las especies de Lamelicornios en el Cerro del Cuatlapanga, Tlaxcala

Familia Melolonthidae (*sensu* Edrödi)

Los adultos de la familia presentan el escapo antenal más corto que el flagelo, la masa antenal, lamelada, se compone de tres a siete artejos, los cuales son móviles, brillantes, con sedas largas y escasas. La cabeza es pequeña con respecto al cuerpo, el cual es robusto y ovalado. Usualmente presentan tres pares de espiráculos o estigmas abdominales, los cuales se encuentran situados a los lados de los esternitos, estos generalmente son visibles cuando los élitros se encuentran en estado de reposo. Se presenta una condición pentámera en los tres pares de patas, así como uñas bien desarrolladas. En algunas especies el dimorfismo sexual es evidente (Morón, 1997).

Subfamilia Melolonthinae

El cuerpo de estos es generalmente robusto, con forma semicilíndrica, con patas proporcionalmente largas y delgadas, sin embargo, también hay especies con cuerpo esbelto

y alargado, con patas delgadas y largas o incluso con cuerpo compacto y patas cortas. Su coloración es variable, los hay desde el color negro, pardo oscuro o rojizo, castaños, amarillentos, blancos, amarillos, pueden ser opacos o brillantes incluso metálicos, existen aquellas especies que presentan patrones de coloración que contrastan, ya sean azules, rojos o verdes con negro o con blanco, aterciopelados o escamosos.

Los mesoepímeros se encuentran completamente cubiertos por la base del húmero elitral. Las metatibias presentan de uno a dos espolones en su borde apical inferior. Cada par de uñas presente es usualmente del mismo tamaño y forma, pueden ser sencillas, aserradas, pectinadas, enteras o hendidas. Existe el dimorfismo sexual en las proporciones o accesorios de las tibias y tarsos, así como en los esternitos abdominales y la placa pigidial y en las estructuras antenales. Su tamaño va de los 3cm a los 58 cm (Ritcher, 1966; Morón, 1997).

Tribu Meololonthini

Los adultos presentan un labro escabroso, con el borde anterior grueso y normalmente bilobulado o reniforme; mandíbula bien desarrollada, con los bordes exteriores engrosados; antenas compuestas con ocho a diez artejos; maza antenal se compone por tres o siete lamelas, las cuales son muy variables en longitud y volumen; con siete esternitos abdominales de los cuales cuatro o cinco se encuentran fusionados; las procoxas se encuentran provistas de quillas transversales anteriores; meso y metatibias con dos espolones apicales; con uñas tarsales hendidas, bífidas, dentadas, aserradas, pectinadas o sencillas. Su talla va de los 5 mm hasta los 40 mm. El dimorfismo sexual en las antenas, los tarsos y el abdomen, este puede ser acentuado o muy escaso (Howden, 1968; Baraud, 1985; Morón 2003).

Género *Diplotaxis* (Kirby, 1837)

Son diplotaxina con el borde interior del clípeo redondeado, sinuado, lobulado biangulado o bidentado; poseen antenas que presentan de nueve a 10 artejos, su maza antenal se forma por tres lamelas que son siempre más cortas que el flagelo; presentan nueve estrías puntuadas en los élitros; protibias tridentadas; capsula genital masculino bilateralmente simétrica, con los parámetros y la pieza basal casi de la misma longitud; eedeago sin accesorios (Vaurie, 1958).

Se registraron cuatro especies de *Diplotaxis*, las cuales no se lograron identificar a nivel de especie.

***Diplotaxis puberea* (Bates, 1887)**

Coloración parda oscura rojiza a negra, regiones dorsales con pubescencias fina, clípeo con el borde anterior ligeramente sinuado, entre los ángulos dentiformes, y los bordes laterales ligeramente sinuados; antena con 10 artejos. En ambos sexos cuentan con cuatro de los artejos basales con almohadillas con sedas amarillentas en las partes ventrales. Longitud de 10 mm a 12 mm, anchura elitral máxima de 6 mm a 6.5 mm (Vaurie, 1958).

Biología: se recolectaron 15 ejemplares en el mes de mayo y uno en el mes de agosto, fueron atraídos por la trampa de luz.

Distribución: Chiapas, Guerrero, Michoacán, Oaxaca.

Genero *Phyllophaga* (Harris, 1827)

Son Rhizotrogina de talla mediana o pequeña, presentan un cuerpo ovalado, robusto; su glabro se encuentra cubierto por sedas o estructuras cuticulares de diversos tipos; el labro es profundamente emarginado; las antenas están formadas por ocho a 10 artejos, la maza antenal se compone por tres a seis lamelas de longitud y grosor variable; meso y metatibias con carinas o proyecciones dentiformes; capsula genital masculina compleja, edeago frecuentemente provisto de estructuras esclerosadas muy diversas (Morón, 1986).

Se registraron seis especies pertenecientes a *phyllophaga*, que por cuya complejidad morfológica no se logró su identificación al nivel de especie.

Tribu Chasmatopterini

Los adultos presentan el labro membranoso, transversal, puede encontrarse oculto o expuesto. Maza antenal pequeña y ovalada; los esternitos abdominales se encuentran parcial o totalmente fusionados entre sí, las coxas presentan una quilla transversal anterior, las uñas tarsales son hendidas, ligeramente dentadas o sencillas. Son de talla pequeña, de 3 mm a 7 mm. El dimorfismo sexual es poco acentuado (Saylor 1937; Baraud, 1985).

***Chnaunanthus discolor* (Burmaister, 1844)**

Longitud aproximada de 3 mm; anchura de 1.8 mm. Cabeza, pronoto y regiones ventrales de color pardo oscuro; élitros amarillo pajizo y brillantes. Clípeo más largo que ancho. La placa pigidial masculina es más larga que ancha y cubierta de sedas (Saylor 1937).

Biología: Se recolectaron 12 ejemplares entre los meses de septiembre y octubre (tres y nueve respectivamente), se encontraron dentro de los pétalos de una flor amarilla junto al templo de la virgen de Guadalupe, actualmente el parque ecológico de los dinosaurios de Cuaxomulco.

Distribución: Guanajuato, Michoacán, Valle de México, Oaxaca y Puebla.

Subfamilia Rutelinae

Los adultos de esta subfamilia poseen forma ovalada y robusta, rara vez estilizada, con el dorso convexo, sus patas son fuertes, la longitud varía entre especies. La coloración va desde el negro intenso y brillante, hasta el dorado metálico. Normalmente las mandíbulas no se encuentran cubiertas por el ángulo de la base del clípeo. La base del escapo antenal se encuentra cubierta por el ángulo basal del clípeo. Las uñas tarsales son grandes y su articulación les permite un movimiento amplio. Las uñas de cada mesotarso y metatarso tienen diferente longitud, forma y grosor. El dimorfismo sexual es evidente en algunas especies, en el borde de los élitros, la placa pigidial, el grosor de uñas y tarsos o el desarrollo del metatórax. Su longitud va de los 3 mm a los 60 mm (Ritcher, 1966).

Tribu Rutelini

Presentan el labro en posición horizontal, casi paralelo con respecto al clípeo, estos se encuentran separados por una sutura; las antenas se forman por 10 artejos, rara vez por ocho o nueve (Ohaus, 1934).

***Chrysinia adelaida* (Hope, 1840)**

Presentan una coloración verde metálico, élitros con costillas más oscuras o incluso de color marrón rojizo, con nueve estrías punteadas; tarsos y uñas cobrizas; clípeo fuertemente lobulado, color verde con márgenes dorados, densa y débilmente punteado; pronoto verde con manchas y márgenes dorados. (Burmeister, 1844)

Biología: Dos hembras fueron atraídas por la trampa de luz, en los meses de agosto y noviembre.

Distribución: Chihuahua, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Puebla y Veracruz

***Rutelisca flori* (Bates, 1888)**

Presentan un diente apical en las mandíbulas; el ápice del mentón se recurva hacia la cavidad oral; con sutura frontoclipeal incompleta; frente y clípeo cariniforme; ápice y márgenes del clípeo estrechamente recurvados; las metatibias presentan espolones en los ápices; las profémures son redondeados; las uñas meso y metatarsales ampliamente hendidas, los parámetros se encuentran proyectados hacia afuera, presentan coloración negra, con algunas manchas amarillentas en el pronoto o en la cabeza. No presentan un dimorfismo aparente, Tienen una longitud de 12 cm a 20 cm (Ohaus, 1934).

Biología: Se encontraron cinco ejemplares, en el mes de junio, de los cuales cuatro se encontraron en trampas de intercepción de vuelo a una altitud de 2630 msnm, únicamente uno fue atraído por la trampa de luz, siendo esta una hembra, la cual no presenta ningún tipo de coloración en el protórax.

Distribución: Colima, Estado de México, Ciudad de México, Guerrero, Jalisco, Oaxaca y Veracruz

Subfamilia Dynastinae

El cuerpo de los Dynastinae tiene forma ovalada y alargada, usualmente con el dorso convexo, y sus patas son proporcionalmente robustas; la coloración predominante es parda

oscura, negruzca o rojiza, en algunos grupos es frecuente la coloración amarillenta, con manchas o franjas oscuras simétricas. Se caracterizan porque la base del escapo está oculta por la expansión latero-basal del clípeo y el canto ocular; las mandíbulas son fuertes y sus extremos apicales y los bordes exteriores no están cubiertos por el clípeo; los mesoepímeros están ocultos bajo los ángulos humerales de los élitros; las uñas meso y metatarsales son sencillas, recurvadas, y aguzadas. En algunas especies el dimorfismo sexual es evidente y muy acentuado, pues los machos pueden presentar ornamentaciones o tubérculos en el pronoto y en la cabeza. Su longitud varía de los 8 mm a los 170 mm (Ritcher, 1966)

Tribu Pentadontini

Son dinastinos cuyos adultos presentan carinas, fosetas o tubérculos de dimensiones moderadas en la cabeza o el pronoto. Las mandíbulas son anchas y pueden o no poseer denticulos. El propigidio puede presentar estructuras estriduladoras; el ápice de las metatibias es generalmente es truncado, las protibias presentan tres procesos dentiformes en el borde externo. Dimorfismo sexual poco acentuado (Morón, 1991).

***Orizabus fairmairei* (Bates, 1878)**

Su cuerpo es muy robusto, coloración de castaña rojiza a café oscura; clípeo semi trapezoidal, con el ápice redondeado, la carina sub apical del clípeo está levemente sinuada; la región frontoclípeal presenta un tubérculo pequeño en la parte central; los márgenes laterales son más amplios en la parte posterior, el pigidio es levemente convexo; presenta protibias tridentadas, con dos dientes basales con el ápice redondeado, las metatibias presentan de 26 a 28 espinas; los parameros poseen proyecciones preapicales en el borde lateral. Longitud de 14 a 19 mm (Delgado, 2008).

Biología: Se encontraron dos ejemplares, un macho y una hembra, atraídos por la trampa de luz, estos fueron colectados en los meses de Julio y octubre.

Distribución: Coahuila, Ciudad de México, Durango, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Zacatecas.

Tribu Oritcitni

Son dynastinos cuyos adultos se caracterizan por su cuerpo grande y robusto, las mandíbulas usualmente son anchas, y muy expuestas, con o sin dentículos en el borde externo. El propigidio generalmente presenta estructuras estriduladoras; las protibias presentan dentículos, tres o cuatro; con dimorfismo sexual acentuado, con tubérculos, fosetas o cuernos en la cabeza y el pronoto (Edrödi, 1966; 1976; 1985).

***Xylorictes ensifer* (Bates, 1888)**

Su coloración es negra o castaña oscura; el clípeo y la frente se encuentran puntuadas, el clípeo es bilobulado; las protibias son tridentadas; en los márgenes laterales de los élitros se presentan sedas cortas de color rojizo, los élitros son lisos; la placa pigidial es más ancha que larga; presentan dimorfismo sexual acentuado, los machos presentan un cuerno recurvado en la frente, mientras que las hembras presentan un tubérculo, el pronoto de los machos presenta una foseta en la mitad anterior, la cual se encuentra densamente punteada y posee una depresión en la parte media que se proyecta hacia el frente, en las hembras el pronoto es liso y sin tubérculos ni puntuaciones. Presentan una longitud de 26 mm a 31 mm (Morón & Bitar, 2014).

Familia Scarabaeidae

Son Lamelicornios que en su forma adulta el escapo antenal es más corto que el flagelo, y la maza antenal es formada por tres artejos en forma redondeada y parcialmente excavada, la apariencia de las maza antenas es opaca, esto porque cuentan con numerosas sedas y sensilas; su cuerpo es robusto y compacto; cuentan con tres pares de estigmas respiratorios, los cuales se localizan en los pleuritos del abdomen, generalmente se encuentran cubiertos por los élitros en estado de reposo; cuentan con una condición pentámera en los tarsos de los tres pares de patas; su coloración es muy variable. El dimorfismo sexual es evidente gracias a la presencia de tubérculos y proyecciones tanto cefálicas como torácicas. Su longitud va de los 1.5 mm a los 67 mm (Morón, 2003).

Subfamilia Scarabaeinae

Los adultos de esta subfamilia se caracterizan por presentar el labro y las mandíbulas ocultas bajo el clípeo, el clípeo presenta una expansión, el borde plegado en los márgenes de la cabeza, el clípeo puede ser dentado o aplanado; metatibias con espolones apicales; presentan una doble articulación en la coxa anterior; Pigidio expuesto completamente, forma del cuerpo generalmente ovalada (Halffter & Edmonds, 1982)

Tribu Onthophagini

Son Scarabaeinae que se distinguen por presentar una cabeza con tubérculos, quillas o cuernos; el tercer artejo de los palpos labiales es inconspicuo; las antenas se forman por nueve artejos; el pronoto es convexo y presenta quillas o cuernos; el escutelo se encuentra oculto (Zunino, 2003). atlas

***Onthophagus boliviari* (Arriaga-Jiménez *et al.*, 2016)**

Suturas genales inconspicuas; carina frontal sinuada levemente en la parte media; intervalos elitrales con puntuaciones simples y finas; coloración negra o marrón oscuro, cabeza y parte anterior del pronoto distintivamente brillantes, mientras que la parte posterior del pronoto y los élitros son de apariencia sedosa; el clípeo está cóncavo, posee forma pentagonal (Arriaga-Jiménez *et al.*, 2016).

Biología: Se encontraron 146 ejemplares, recolectados mediante coprotrampas, necrotrampas y manualmente sobre excremento de diferentes animales, fueron más abundantes durante el mes de Junio (108), sin embargo, también se recolectaron en los meses de Mayo (1), Julio (30), Agosto (3) y Septiembre (4).

Distribución: Puebla, Tlaxcala y Veracruz.

Subfamilia Aphodiinae

Los adultos de esta subespecie presentan un cuerpo alargado, ovalado, oblongado, subparalelo, convexo, aplanado dorso ventralmente; aunque su coloración varía son generalmente opacos, oscuros, con apariencia alutácea, los hay glabros y pubescentes; el clípeo es amplio y cubre las partes bucales; antenas con nueve artejos, clava con tres artejos,

pronoto liso o con carenas y tubérculos; Abdomen con seis segmentos visibles. Con longitud de 1.5 mm a 10.0mm (Deloya, 2003). Atlas

Tribu Aphodiini

Los adultos son aphodinos que carecen de ecarenas y no presentan acanaladuras transversales; con la cabeza generalmente lisa, con líneas vermiculares y presencia de tubérculos; el clípeo puede ser dentado, mesotibias y metatibias con carenas transversales. Las especies presentan coloraciones nergas bicoloradas o maculadas (Dellacasa, 1987)

***Cephalociclus lagoi* (Dellacasa et al., 2007)**

Cuerpo elongado, convexo, brillante y glabro, con coloración marrón; margen del clípeo, lados del pronoto y élitros marrones rojizas; Clípeo sub truncado anteriormente, ampliamente redondeado a los lados; pronoto moderadamente transversal, convexo, fina y regularmente puntuado. Escutelo convexo, puntuado densamente, tanto lateral como basalmente. Tibia trasera con un espolón apical tan largo como el primer tarsómero. Los machos presentan la cabeza relativamente más larga, menos convexa y con mayor separación entre las puntuaciones. Pronoto menos convexo. Longitud de 0.5mm a 5.5mm (Dellacasa *et al.*, 2007)

Biología: Se registraron 371 individuos, hubo registros en los meses de mayo (92), Junio (263), Julio (9), Agosto (4), Octubre (3). Los individuos recolectados se obtuvieron mediante trampas de luz, siendo únicamente dos, recolectados manualmente.

Distribución: Coahuila, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí.

Subfamilia Geotrupinae

Todas las especies pertenecientes en esta subfamilia presentan el labro y las mandíbulas visibles, no ocultas bajo el clípeo; las antenas están formadas por 11 artejos y la maza antenal formada por tres de ellos; el pigidio se encuentra parcial o totalmente oculto por los élitros (Morón, 2003).

Subtribu Geotrupini

Los geotrupini presentan el cuerpo de forma ovalada y alargada; maza antenal no siempre convexa en los dos lados. La longitud de su maza antenal es equivalente a la mitad de la longitud de los ocho segmentos precedentes combinados. Ojos divididos por el canthus ocular. Coloración purpura iridiscente, azul o verde parda oscura o negra brillante (Morón, 2003).

***Geotrupes herbeus* (Jekel, 1856)**

Longitud de 12.2 mm a 15.5 mm. Presentan coloración dorsal verde brillante, raramente negro verdoso. Con el pronoto cupreo en algunas ocasiones. Ojos relativamente pequeños. Maza antenal negra grisasea. Clípeo con forma de “U” con un tubérculo cónico bajo posterior. Pronoto sin concavidad anterior; borde marginal ausente. Estrías elitrales claramente punteadas (Morón, 2003).

Biología: Se recolectó un organismo hembra en el mes de Julio, atraída por la trampa de luz.

Distribución: Durango, Ciudad de México, Morelos, Puebla, Veracruz.

Tribu Bolboceratini

Los adultos se reconocen por presentar un cuerpo convexo, coloración dorsal bicolor, pardo rojizo y negro o uniforme color acanelado o pardo oscuro; mandíbula derecha con no más de un lóbulo lateral; metacoxas separadas por no más de la mitad de la anchura del labro; Escutelo triangular; élitros glabros, en algunas especies es bicolor, con unas pocas sedas en los puntos grandes (Ritcher, 1966).

***Eucanthus mexicanus* (Howden, 1964)**

Machos con la carena o cuerno clipeal mucho más elevado que la carena frontal, las hembras presentan ambas carinas aproximadamente a la misma elevación. Pronoto con el borde transversal medio y los tubérculos laterales bien desarrollados en los machos y menos aparentes en las hembras. Estrías elitrales con puntos grandes, separados por una distancia máxima de uno de sus diámetros. Longitud de 11.0 mm a 15.1 mm (Howden, 1964).

Biología: Se registró un ejemplar macho, atraído por la trampa de luz en el mes de agosto.

Familia: Trogidae

Cuerpo de forma alargada-oval, robusta, muy convexa aplanado de forma dorsal y ventral, exoesqueleto grueso y duro, con una cabeza muy pequeña, oculta parcialmente en el pronoto. Pronoto y élitros tubérculos, carenas o quillas prominentes, abdomen con cinco o seis esternitos visibles. Estigmas respiratorios situados cerca de la membrana pleural. Los élitros cubren totalmente el abdomen, y la placa pigidial. Patas con condición pentámera, fuertes, anchas y cortas, con uñas protarsales bien desarrolladas. Con coloraciones opaca, pardusca, rojiza o incluso con sustrato adherido a este (Deloya, 2003). atlas

***Trox plicatus* (Robinson, 1940)**

Cabeza débil o fuertemente tuberculada, sedas inconspicuas, escapo antenal con sedas amarillentas, pronoto brillante o tomentoso, tubérculos laterales presentes como tumescencias. Élitros brillantes y tomentosos, tercero y quinto intervalo elitral débiles, angostos y contiguamente elevados, redondeados apicalmente; todos los intervalos impares presentan grupos de sedas amarillentas o color bronce, casi tan largas como las presentes en el margen del pronoto. Tibia posterior fuertemente aserrada, con un pequeño diente en el margen exterior, pequeño, pero bien definido en el centro (Vaurie, 1955).

Biología: Se registraron 18 individuos, en los meses de mayo (1), junio (6), julio (4), agosto (5) y septiembre (2). De los cuales 12 fueron recolectados mediante necrotrampa, cinco fueron atraídos por la trampa de luz, y únicamente un ejemplar fue recolectado con la trampa de intercepción de vuelo.

Distribución: Aguascalientes, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Sonora, Veracruz, Zacatecas.

Comparación de riqueza, diversidad y abundancia entre sitios

Se procedió a realizar los análisis estadísticos de los ejemplares obtenidos de los métodos de muestreo indirectos de cada punto de recolección, donde se encontraron siete de las 22 especies (Cuadro 3).

Cuadro 3. Número de especies por punto de recolecta.

Punto	Especies						
	<i>Aphodius sp1</i>	<i>Diploptaxis sp2</i>	<i>Onthophagus bolivari</i>	<i>Phyllophaga sp1</i>	<i>Rutelisca florhi</i>	<i>Trox plicatus</i>	<i>Xylorictes ensifer</i>
0	2	0	5	0	0	5	0
1	2	0	77	1	4	5	1
2	0	1	13	4	0	1	0
3	0	1	43	0	0	2	0

Los números de Hill demuestran que el punto 0 es el que presenta mayor diversidad de los cuatro puntos, seguido del punto dos, finalmente, el punto tres es el que presenta menor diversidad (Fig. 8).

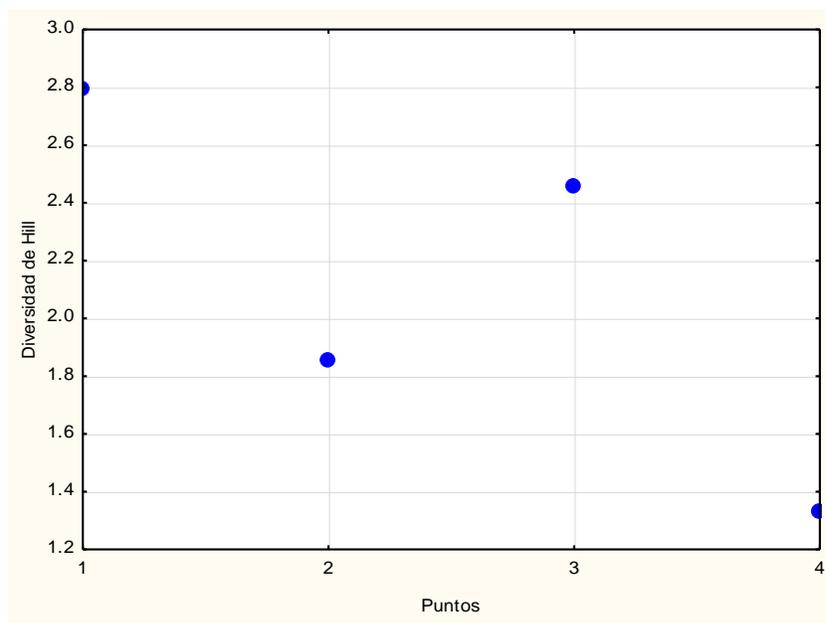


Figura 7. Representación gráfica de la diversidad en número de Hill de cada punto.

La riqueza obtenida mediante el estimador de riqueza de chao 1 (Cuadro 4) demuestran que únicamente en el punto dos se estima una especie más de las observadas.

Cuadro 4. Riqueza estimada con Chao 1 (Colwell & Coddianto, 1994) y riquezas observadas por punto.

	Punto 0	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Chao 1	3	6	5	3
Riqueza observada	3	6	4	3

En el análisis de kruskall-Wallis, no se encontró diferencia significativa entre las abundancias de lamelicornios entre los puntos (Kruskall-wallis: $\chi^2 = 2.236$, g.l. =3, P = 0.485).

Análisis de composición

Las riquezas y abundancias de las especies entre los puntos difieren significativamente entre ellos (ANOSIM, R = 0.433, P = 0.005), sin embargo, de acuerdo con los datos de P y R bajo el índice de Bray Curtis, se sabe que no se existen diferencias significativas (Cuadro 5) (error tipo I)

Cuadro 5. Valores del estadístico R y P obtenidos con análisis de ANOSIM.

Puntos comparados	R	P
1 con 0	0.0667	0.1001
2 con 0	0.4815	0.1023
3 con 0	0.8333	0.979
1 con 2	0.5741	0.093
1 con 3	-0.2778	1
2 con 3	0.2963	0.2034

Muestreos realizados entre los meses de mayo del 2019 y marzo del 2021

El efecto del tipo de trampa Las especies obtenidas mediante métodos indirectos representan el 14.96% de la muestra total (cuadro 6). Se realizó una prueba no paramétrica de Kruskall-Wallis, al no poseer normalidad bajo la prueba de Shapiro-Wilks (W= 0.49, P < 0.005), por

lo que se determinó que no existe diferencia significativa entre el tipo de trampa y las especies obtenidas ($X^2= 2.913$, g.l.=3, $P= 0.2966$).

Cuadro 6. Especies capturadas por diferentes tipos de trampas.

	Especies						
	<i>Aphodius sp1</i>	<i>Diploaxis sp2</i>	<i>Onthophagus bolivari</i>	<i>Phyllophaga sp1</i>	<i>Rutelisca florhi</i>	<i>Trox plicatus</i>	<i>Xylorictes ensifer</i>
Carpotrampa	0	1	0	0	0	0	0
Coprotrampa	4	1	12	3		0	0
Necrotrampa	0	0	126	0	0	12	1
Telaraña	0	0	0	2	4	1	0

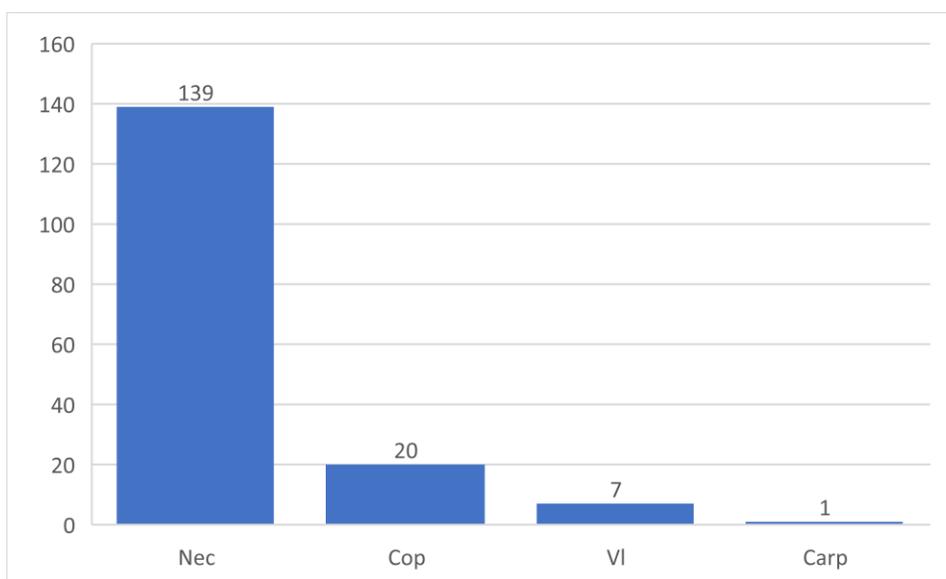


Figura 9. Abundancia de lamellicornios obtenida por tipo de trampa. Nec= Necrotrampa, Cop= Coprotrampa, VI= Intercepción de vuelo, Carp. Carpotrampa.

Fenología

Con ayuda de los datos recabados por estación meteorológica 766830 de Ocotla, Tlaxcala, se obtuvieron las temperaturas y las precipitaciones promedio mensuales entre los meses de mayo del 2019 y marzo del 2020 (CONAGUA, 2021) (Fig. 10).

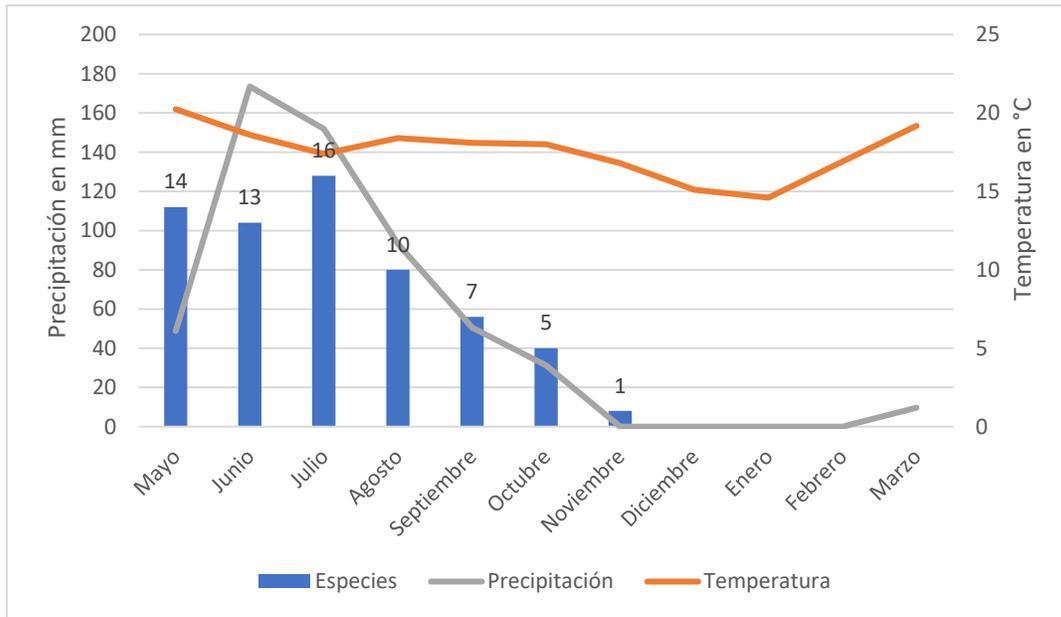


Figura 8. Registro fenológico de Lamelicornios del Cerro del Cuatlapanga comparado con la precipitación mensual promedio y la temperatura promedio.

Por lo que se procedió a realizar un análisis de correlación de Spearman, para encontrar si existe una relación estadísticamente significativa entre las variables y el número de especies obtenidos mensualmente (Cuadro 7).

Cuadro 7. Resultados de correlación de Spearman entre el número de especies y las variables a través de los meses.

	Especies	Temperatura	Precipitación
Especies	1	-	-
Temperatura	0.5257	1	-
Precipitación	0.8642*	0.6420*	1

* Valores con $P < 0.05$.

Se encontró que existe una relación entre el aumento de las especies obtenidas y la precipitación mensual registrada, durante el mes de julio, con una precipitación mensual promedio de 151.69 mm, se registró el 69.56% del total de las especies recolectadas, seguido

por el mes de junio, con el promedio mensual de 173.56 mm, en el que se registró el 56.52% del total obtenido. Por otro lado, en noviembre y diciembre se registró una precipitación mensual de 0 mm, donde únicamente se colectó una especie en el mes de noviembre, representando el 4.35% del total.

Discusión

Diversidad de Tlaxcala y Nuevos registros

En las recolectas se obtuvieron cuatro especies que representan nuevos registros para el estado de Tlaxcala (*Cephalocyclus lagoi*, *Chnaunantus discolor*, *Diplotaxis puberea* y *Orizabus fairmaire*), de acuerdo con los trabajos previamente realizados por García-de Jesús, (2006, 2011), Minor-Montiel (2010), Arellano & Guevara (2014), Márquez, 2014; Arriaga-Jiménez *et al.*, (2016) y Gutiérrez (2018). Con estos antecedentes y el presente trabajo, el número de especies registradas para el estado asciende a 82, siendo Melolonthidae la familia la más diversa, con un total de 50, seguido por Scarabaeidae con 30, y finalmente Passalidae y Trogidae, ambas con una sola especie. La especie más abundante fue *Cephalocyclus lagoi*, con 371 ejemplares.

La familia Melolonthidae fue la que presentó la mayor riqueza específica con la presencia de 17 de las 50 especies registradas para el estado, seguida de la familia Scarabaeidae con cinco especies de las 31 enlistadas, finalmente se registró también la única especie de Trogidae para el estado. No hubo registro de especies de la familia Lucanidae, a pesar de existir la presencia de una especie en La Malinche (Morón *et al.* 1997). Con respecto a la familia Passalidae, hasta el momento no hay registro de especie alguna en la entidad. Existen especies que no pudieron ser determinadas por su pertenencia a grupos taxonómicamente complicados, pero que pueden incrementar el número de registros estatales o al conocimiento de la diversidad del país si se trata de especies inéditas.

En el año 1997 Morón había registrado seis especies para el estado de Tlaxcala, 25 años después, se han logrado registrar 76 especies más, gracias al esfuerzo realizado por los autores previamente mencionados, así como del presente trabajo, por lo que se destaca la importancia de los inventarios biológicos, frente al constante aumento de la destrucción de las comunidades naturales, a su vez, al ser la base científica para la posible delimitación de áreas naturales con potencial para incorporarse al sistema de áreas protegidas (Dirzo, 1994).

Eficiencia del muestreo

El modelo que mejor se ajustó a los datos obtenidos fue el modelo exponencial, con el cual, se tiene el supuesto de que la probabilidad de agregar una nueva especie nunca será cero, sin embargo, se logró registrar un porcentaje mayor al 70% de las especies estimadas, que representa una estimación de la riqueza asintótica más estable (Jimenez & Hortal, 2003). El número de especies puede verse afectado por los elementos que no alteren las condiciones biológicas o ambientales del paisaje, tales como: especies localmente raras, especies turistas, fenómenos demográficos, la delimitación del área de muestreo y la heterogeneidad espacial del paisaje. Las especies raras parecen ser mayormente abundantes en bosques tropicales, por la complejidad de estas comunidades (Hubell & Foster, 1986); las especies turistas dependen de la apertura topológica que presente el sistema para el tipo de especies estudiadas (Jiménez & Hortal, 2003), por lo que los resultados obtenidos deberían variar de acuerdo con las condiciones presentadas durante el periodo de muestreo.

Efecto altitudinal en el cerro del Cuatlapanga

Los resultados obtenidos en este estudio mostraron que en el cerro del Cuatlapanga, no existe diferencia significativa entre la riqueza y abundancia altitudinal de las especies, por lo cual no hay una disminución significativa entre las diferentes altitudes registradas. De igual forma, gracias a los números de diversidad de Hill, no se encontró diferencia significativa entre la diversidad de cada punto. Sin embargo, de acuerdo con Lobo (1992), se registran tres de las principales subfamilias analizadas en los trabajos altitudinales, que son Scarabeinae, Aphodiinae y Geotropinae, de las cuales al menos las primeras dos se encuentran representadas, por una especie cada una. Se conoce que las causas de la disminución de especies pueden variar dependiendo de la reducción de recursos o incluso el tamaño del área disponible, la contaminación, e inclusive el efecto que tiene el aumento de la altitud en el periodo climático favorable (Lawton *et al*, 1987), por lo que se puede pensar que las condiciones a lo largo del gradiente altitudinal en el cerro son homogéneas, o no presentan una gran variación significativa.

Efectividad del tipo de trampas

En la efectividad de las trampas, no existe diferencia significativa entre las especies obtenidas, sin embargo, se puede ver que existe una complementariedad en ellas pues a pesar

de que se registrara una mayor abundancia aparente en las necrotrampas, las corpotrampas y las trampas de intercepción de vuelo permitieron registrar especies que no fueron recolectadas por la primera, que se explica por pertenecer a un gremio trófico diferente, tal es el caso de *Rutelisca florhi*, los cuales de acuerdo con Morón et al. (1997) son rara vez atraídos por las trampas de luz y se han encontrado en el suelo o bajo la corteza desprendida.

Fenología

Los primeros registros de lamelicornios se obtuvieron durante el mes de mayo, (*Aphodius contaminatus*, *cephalociclus lagoi*, *Diplotaxis puberea*, *Diplotaxis sp1*, *Diplotaxis sp2*, *Diplotaxis sp3*, *Onthophagus boliviari*, *Phyllophaga sp1*, *Phyllophaga sp2*, *Phyllophaga sp3*, *Phyllophaga sp4*, *Phyllophaga sp5*, *Phyllophaga sp6*, *TroxPlicatus*). Los lamelicornios presentan tres ciclos de vida diferentes, anuales, bianuales y bivoltinos (Morón, et al 2010). El ciclo de vida más común para los Lamelicornios de México es anual, que corresponde a un patrón en el que los adultos emergen durante el mes de mayo pocos días después de las primeras lluvias o riegos. En zonas con una altitud mayor, tienden a emerger en el mes de julio o septiembre, esto debido a la acumulación lenta de calor (Arce & Morón, 2000), la longevidad de los adultos suele ser de entre 15 y 30 días, algunas hembras pueden permanecer en el suelo hasta tres meses, esperando las lluvias para emerger (Rodríguez, 1996). Existe una relación entre el aumento de la temperatura y el incremento de las especies, este patrón existe gracias a que la precipitación de las zonas templadas: subhúmedas, se concentra durante una temporada de lluvias definida, por lo que gracias a estas se brindan las condiciones idóneas para permitir que los adultos emerjan (Morón et al. 2010), sin embargo, en este estudio, gracias al análisis de correlación de Spearman se sabe que en el cerro del Cuatlapanga no hay relación entre el aumento de la temperatura y el aumento del número de especies, pero si hay relación entre el aumento de precipitación y las especies.

En condiciones ambientales similares y vegetación de pino-encino, dentro del mismo estado de Tlaxcala, Garcia (2006, 2011) y Minor (2010) encontraron que los adultos empiezan a emerger principalmente durante los mes de febrero y marzo, sin embargo, han registrado que en su mayoría los adultos dejan de registrarse entre los meses de agosto y octubre, con pocos registros y baja riqueza específica en estos meses, además, la mayor actividad se registra entre los meses de mayo y Junio, en comparación, en este estudio se registra nula presencia

durante los meses de febrero y marzo, empezando la actividad en el mes de mayo, se registran adultos hasta el mes de noviembre y el pico más alto de actividad es en el mes de julio. En estos trabajos previos la mayor temperatura promedio se registra durante el mes de abril y la mayor precipitación durante el mes de junio, en este trabajo se registra la mayor temperatura promedio durante el mes de mayo y la mayor precipitación durante el mes de julio, por lo que, a pesar de existir un desfase en los meses de actividad, se respeta la respuesta a las condiciones climáticas dentro del grupo, lo que concuerda con morón (2014), que indica que los adultos de esta superfamilia tienen una actividad de tres a ocho meses durante el año, periodo que puede encontrarse ligeramente desfasado y depende de la región.

Diversidad registrada en Bosques de Pino encino

De acuerdo con trabajos realizados por Morón *et al.*, (1997, 2003, 2014), se estima que en los bosques compuestos por coníferas y encinos se encuentran un máximo de 145 especies de Scarabeidae, siendo el segundo tipo de vegetación que presenta la mayor diversidad de especies de esta familia. En el cerro del Cuatlpanga se recolectaron cinco especies de esta familia, representando el 3.45% de las especies presentes en este tipo de vegetación, lo que representa un número bajo de especies para el tipo de vegetación. En el caso de la familia Melolonthidae se registraron 14 especies, por lo que estas representan el 1.2% de especies dentro del territorio mexicano, a su vez son el 4.6% de las especies que existen dentro de los bosques compuestos por coníferas y encinos, de tal forma que se presenta un número bajo de especies para el tipo de vegetación. De igual forma se estima que en este tipo de vegetación se encuentran un máximo de ocho especies de Passalidae, en esta localidad no se encontró registro alguno. En el caso de los Trogidae, se sabe que su mayor diversidad se encuentra en otros tipos de vegetación como bosques tropicales caducifolios y ambientes xerófilos, por lo que no es raro haber registrado únicamente una especie.

En los estudios realizados previamente por García (2006, 2011) y Minor (2010), en bosques de pino encino se registraron 36, 24 y 23 especies respectivamente, en todos los casos la familia melolonthidae fue la que presentó mayor riqueza específica, a su vez la subfamilia melolonthinae fue la más representativa, con porcentajes mayores al 30%, en este estudio se registraron 23 especies, por lo que el número de especies registradas es similar al registrado previamente en el mismo estado y tipo de vegetación. En comparación con otros estudios

realizados previamente en el mismo tipo de vegetación, Ramirez-Ponce et al. (2009) registraron 74 especies en una localidad del estado de Oaxaca (Santiago Xiacui), Quiróz-rocha et al. (2008), en un trabajo sobre coleópteros necrófilos registraron 19 especies para una localidad del estado de Jalisco (Mascota), por lo que, al ser comparados con estos últimos dos trabajos, el número de especies encontradas es casi un tercio de lo encontrado en Oaxaca. Finalmente, en dos trabajos relacionados, que incluyen los Bosques de Pino Encino y Liquidambar, se registran para Montebello, Chiapas (Delgado et al. 2012), un total de 43 especies y para Teziutlan, Puebla (Muñoz-Hernandez et al. 2008), se registraron 59 especies, obteniendo aproximadamente la mitad de las especies registradas en comparación para este tipo de vegetación que se encuentra relacionada.

Conclusiones

- La Fauna de Coleópteros Scarabaeoidea del bosque de pino encino del Cerro del Cuatlapanga se conforma por 23 especies, clasificados en 13 géneros, siete subfamilias y tres familias, con mayor presencia de Melolonthidae con 14 especies.
- De las 23 especies recolectadas, cuatro representan un nuevo registro para el estado de Tlaxcala.
- La especie más abundante fue *Cephalocyclus lagoi*, con 371 ejemplares, representando el 33.24% del muestreo total, seguido por *Onthophagus boliviari* con 146 ejemplares (13.08%).
- El registro para el estado de Tlaxcala asciende a 82 especies de Scarabaeoidea.
- El efecto altitudinal no afecta significativamente la diversidad, riqueza y abundancia de los coleópteros Scarabaeoidea del cerro del Cuatlapanga.
- No existe diferencia significativa por el tipo de trampa utilizado y las especies obtenidas.
- El uso de diversos tipos de trampas permitió complementar de mejor manera el inventario.
- Existe correlación entre la precipitación mensual promedio y el aumento de la actividad de los Scarabaeoidea en el cerro del Cuatlapanga.
- Podría existir una relación más estrecha entre la diversidad y la historia biogeográfica de la localidad que directamente por el tipo de vegetación.

Referencias

Alcolado, P. (1984). Utilidad de algunos Índices ecológicos estructurales en el estudio de comunidades marinas de Cuba. *Ciencias Biológicas* 11: 61-77.

Alcolado, P. (1998). Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicenia* 8(9): 7-21.

Alvarado, F., Escobar, F., & Montero-Muñoz, J. (2014) Diversity and biogeographical makeup of the dung beetle communities inhabiting two mountains in the Mexican Transition Zone. *Organisms Diversity & Evolution* 14:105–114.

Aragón, A, Morón, A, Tapia, C, Pérez, T, & López, J. (2010). “Gallina Ciega” en Puebla, pp: 337-347. En: Rodríguez L., & Morón, M. (eds.) Plagas del Suelo. Vol I. Mundi prensa, México.

Arce, R., & Morón, M. (2000). Taxonomía y distribución de las especies de *Macroductylus* Latrille (Coleoptera: Melolonthidae) en México y Estados Unidos de América. *Acta Zoológica Mexicana* (s.n.) (79:123-239.

Arellano, L., & Castillo-Gevara, C. (2014). Efectos de los incendios forestales no controlados en el ensamble de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque templado del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 854-865.

Arriaga-Jimenez, A., Moctezuma, V., Rossini, M., Zinino, M. & Halffter., G. (2016). A new species of *Onthophagus* (Scarabaeoidea: Scarabaeinae) from the Mexican Transition Zone, with remarks on its relationships and distribution. *Zootaxa* 4072 (1): 135-143.

Badii, H., Guillen, A., Rodríguez, C., Lugo, O., Aguilar, J., & Acuña, M. (2015). Pérdida de Biodiversidad: Causa y efecto. *Daena: International Journal of Good Conscience* 10(2)156-174.

Bang, H., Lee, J., Kwon, O., Na, Y., Jang, Y., & Kim, W. (2005). Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology* 29: 165-171.

Balthasar, V. (1963). Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der paläarktischen und Orientalischen region (Coleoptera: Lamellicornia) Band 1-3 Tschechoslowak Akademie der Wissenschaften, prahapp, 1-287.

Baraud, J. (1985). Coleopteres Scarabaeoidea. Faune du Nord de l'Afrique du Maroc au Sinai. Paris: Editions Lechevalier. 651 pp.

Basualdo, C. (2011). Choosing the best non-parametric richness estimator for benthic macroinvertebrates databases. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina* 70(1-2), 27-38.

Blackwelder, R. (1945). Checklist of the coleopterous insects of México, Central America, The west indies and South America. Parts 1 through 6. United States, *Smithsonian institution United States National Museum*. Bulletin 184. Parte 2, 189-342.

Bouchard, P., Smith, A., Douglas, H., Gimmel, M., Brunke, A., & Kanda, K. (2017). Biodiversity of Coleoptera. En: Foottit, R., & Adler, H. (Eds). *Insect Biodiversity: Science and Society* Volume I. John Wiley & Sons Ltd. Reino Unido.

Burmeister, G. (1844). Handbuch der Entomologie. (Coleoptera Lamellicornia, Anthobia et Phyllopgaga systellochela). Volume 4 parte 1, Bei Theob Chr Fr & Nblin, Berlin. 587 pp.

Chao, A. & Chiu, C. (2016). Species richness: estimation and comparison. *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*: 1-26.

Colwell, R. & Coddington., J. (1994). Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions: Biological Sciences*. 345: 101-118.

CONAGUA. (2021). Resumen mensual de temperaturas y lluvias de México, México.

Crowson, R. (1981). The biology of the Coleoptera. Academicpres, London, Inglaterra, Pp 802.

Delgado, L. (2008). A New Species of *Orizabus* (Coleoptera: Scarabaeidae) from México, New Records, and a Revised Key to the Species. *Entomological Society of America* 101 (1): 53-57.

Delgado, L., Pérez, A., & Blackaller, J. (2000). Claves para determinar a los taxones genéricos y supragenéricos de scarabaeoidea latreille, 1802 (Coleoptera) de México. *Folia Entomológica Mexicana* 110: 33-87.

Delgado, M., Castro-Ramírez, A., Morón, M., & Ruiz-Montoya, L. (2012). Diversidad de Scarabaeoidea (Coleoptera) en las principales condiciones de hábitat de Montebello, Chiapas, México. *Acta Zoológica Mexicana* 28(1):185-210.

Dellacasa, M. 1987. Contribution to a worldwide catalogue of Aegialiidae, Aphodiidae, Auloenemidae, Termitrogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Bulletino della sieta Entomologica italiana* 120(1): 1-455.

Dellacasa, M., Dellacasa, G. & Gordon, R. (2007). Systematic revision of the genus *Cephalocyclus* with description of eight new species from Mexico. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 23: 89–128.

Deloya, C. (1992a). Lista de las especies de Coleoptera Lamellicornia del estado de Veracruz, México (Passalidae, Trogidae, Lucanidae, Scarabaeidae y Melolonthidae). *Boletín de la Sociedad Veracruzana de Zoología* 2: 19-32.

Deloya, C. (1992b). Necrophilous Scarabaeidae and Trogidae beetles of tropical deciduous forests in Tepexco, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 52: 1-3.

Deloya, C. (2003). Coleoptera Scarabaeidae y Trogidae necrófilos de Valle de Vázquez (“Los Hornos”), Morelos, México. *Folia Entomológica Mexicana* 42: 265-272.

Deloya, C. (2003). Subfamilia Aphodinae. En Morón, M. (Ed). (2003). Atlas de los Escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. II Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae pp 75-93. Argania Editio, España.

Deloya, C. (2003). Familia Trogidae. En Morón, M. (Ed). (2003). Atlas de los Escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. II Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae pp 124-134. Argania Editio, España.

Deloya, C., Burgos, A., Blackaller, J., & Lobo, J. (1993). Los coleópteros Lamellicornios de Cuernavaca, Morelos, México (Passalidae, Trogidae, Scarabaeidae y Melolonthidae). *Boletín de la Sociedad Veracruzana de Zoología* 3: 15-55.

Deloya, C. & Morón, M. (1994). Coleópteros lamellicornios del Distrito de Jojutla, Morelos, México (Melolonthidae, Scarabaeidae, Trogidae y Passalidae). Listados faunísticos de México V. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, 49 p.

Deloya, C. & Morón, M. (1998). Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) necrófagos de “Los Tuxtlas”, Veracruz y Puerto Ángel, Oaxaca, México. *Dugesiana* 5: 17-28.

Deloya, C., Morón, M., & Lobo, J. (1995). Coleoptera Lamellicornia (MacLeay, 1819) del sur del estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 65: 1-42.

De Queiroz K. (2007). Species concepts and species delimitation. *Systematic Biology* 56(6): 879–886.

Díaz-Francés, E. and Soberón, J. (2003). Improvements and Corrections in The Use of Species Accumulation Functions for the Prediction of Species Richness. *Conservation Biology*, 19: 569-573.

Digital Globe. (2008). Earth Observation Imagery: GeoEye-1.

Dirzo, R., & Raven, P. (1994). Un inventario biológico para México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 55: 24-34.

Endrödi, S. (1966). Monographie der Dynastinae (Coleoptera, Lamellicornia). I. Teil. *Entomologische Abhandlungen* 33: 1–460.

Endrödi, S. (1976). Monographie der Dynastini 5, tribus, Oryctini (die Arten Von Amerika). *Folia Entomologische Abhandlungen* 29: 9-174.

Endrödi, S. (1985) The Dynastine of the World. Dordrecht: Dr. W. Junk Publications. 800 pp.

Ejiofor A. (2016) Insect Biotechnology. In: Raman C., Goldsmith M., Agunbiade T. (eds) Short Views on Insect Genomics and Proteomics. Entomology in Focus, vol 4. Springer, Pp. 185-210.

Escobar, F., Halfter, G., & 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

Favila, M., & Halfter, G. (1997) The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana* 72:1–25.

Fabricius, J. (1775). Systema entomologiae. Flensburg y Lipsiae.

Filgueiras, B., Tabarelli, M., Leal, I., Vaz-de-Mello, F., & Iannuzzi, L. (2015) Dung beetle persistence in human modified landscapes: combining indicator species with anthropogenic land use and fragmentation related effects. *Ecological Indicators* 55:65–73.

Filgueiras, B., Tabarelli, M., Leal I., Vaz-de-Mello, F., Peres, A., & Iannuzzi, L. (2016) Spatial replacement of dung beetles in edge-affected habitats: biotic homogenization or divergence in fragmented tropical forest landscapes? *Diversity and Distribution* 22(4):400–409.

Fincher G., Monson, W., & Burton G. (1981). Effects of cattle feces rapidly buried by dung beetles on yield and quality of coastal Bermudagrass. *Agronomy Journal* 73: 775-779.

Flather, C. (1996). Fitting species-accumulation functions and assessing regional land use impacts on avian diversity. *Journal of Biogeography*, 23: 155-168.

García-de Jesús, S. (2006). Estudio faunístico de Coleóptera Lamellicornia de la región la Malinche, Tlaxcala, México. Tesis de Licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Puebla, México.

García-de Jesús, S. (2011). Fauna de Coleóptera Scarabaeoidea de los bosques de coníferas de los municipios de Emiliano Zapata y Terrenate, Tlaxcala, México. Tesis de Maestría. Posgrado del Centro Tlaxcala de Biología de la Conducta. Tlaxcala.

Gardner, T., Barlow, J., Chazdon, R., Ewers R., Harvey C., Peres, C., & Sodhi, N. (2009) Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters* 12(6):561–582.

Gullan, J., & Cranston, P. (2010). The insects, an outline of entomology. Davis, USA: Wiley-Blackwell. Pp: 2-4.

Gutiérrez, E. (2018). Diversidad de escarabajos Lamelicornios del Parque Nacional la Malinche: Conservación, afinidades biogeográficas y ecológicas. Tesis de Licenciatura. Escuela Autónoma de Tlaxcala, Facultad de Agrobiología. Tlaxcala.

Guo, Q., Douglas, A., Zhongyu, S., Hongxiao, L., Liangjun, H., Hai, R., & Jun, W. (2013). Global variation in the elevational diversity patterns. *Scientific Reports* 3(3007): 1-7.

Halfpter, G. (1964). La entomofauna americana, ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Entomológica Mexicana* 6: 1-108.

Halfpter, G. (1987). Biogeography of the montane entofauna of Mexico, Central America. *Annual Review of Entomology* 32: 95-114.

Halfpter, G. & Edmonds, W. (1982). The Nesting Behavior of Dung Beetles (Scarabaeinae). Instituto de Ecología, México. 176 pp.

Halfpter, G., Favila, M., & Halfpter, V. (1992) A comparative study of the structure of the scarab guild in Mexican tropical rain forest and derived ecosystems. *Folia Entomológica Mexicana* 84:131–156.

Halfpter, G. & Favila, 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.

Halfpter, G. & Matthews, E. (1966). The natural story of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera; Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana* 12-14: 1-312.

Halfpter, G., Moreno, C., & Pineda, O. (2001). Manual para la evaluación de biodiversidad en reservas de la biósfera. M&T-Manuales y tesis SEA, Vol. 2, Zaragoza.

Hammer, Ø. (2013). Past 3.02 for windows. <https://folk.uio.no/ohammer/past/>

Herrera, M. (2000). La Clasificación Numérica y su Aplicación en la Ecología. Instituto Tecnológico de Santo Domingo. Próceres, Santo Domingo, República Dominicana. 88 p.

Hill, M. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology* 54: 427-432.

Hope, F. (1840). The coleopterist's manual, part the third, containing various families, genera, and species, of beetles. Londres. Bridgewater and Bowdery & Kerby. 191 pp.

Howden, H. (1964). The Geotrupinae of North and Central America. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*. 39: 1-91.

Howden, H. (1968). Generic relationships of Thyce, Pectrodes, Dinacoma and Hypotrichia, with description of a new genus and species from Easter Texas (Coleoptera: Scarabaeidae, Melolonthini). *The Canadian Entomologist* 54: 1-77.

Hubbell, S & Foster, R. (1986). Biology, chance and history and the structure of tropical rain forest tree communities. En Diamond, J., & Case, T. (Eds). *Community Ecology*, pp. 314-329. Harper and Row Publications. New York, USA.

IAVH. (2000). Convenio de las Naciones Unidas sobre diversidad biológica y protocolo de Cartagena sobre seguridad en la biotecnología. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 99 pp.

INEGI. (2000). Anuario estadístico, Tlaxcala. INEGI, México.

INEGI. (2009). Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Coaxomulco, Tlaxcala: Clave geoestadística 29009. INEGI, México.

INEGI. (2017). Anuario estadístico, Tlaxcala. INEGI, México.

INAFED. (1999). Enciclopedia de municipios y delegaciones de México, estado de Tlaxcala: Coaxomulco. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal, Sistema Nacional de Información Municipal. México.

Jenssens, A. (1949). Table synoptique et essai de classification pratique des coleopteres Scarabaeidae. Bulletin Institute of Royale Science naturelles de belgique, 25.

Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibéroamericana de Aracnología*, 8: 151-161.

Jiménez-Valverde, A., & Lobo, J. (2004). Determining a combined sampling procedure for a reliable estimation of Araneidae and Thomisidae assemblages (Arachnida:Araneae). *J. Arachnol.*, en prensa.

Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113: 363-375.

Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 88: 2427-2439.

Jost, L. (2009). Mismeasuring biological diversity: response to Hoffmann and Hoffmann (2008). *Ecological Economics*, 68: 925-928.

Jost, L., & González-Oreja, J. (2012). Midiendo la diversidad biológica: más allá del índice de Shannon. *Acta Zoologica Lilloana*. 56. 3-14.

Jost, L., DeVries, P., Walla, T., Greeney, H., Chao, A., & Ricotta, C. 2010. Partitioning diversity for conservation analyses. *Diversity and Distributions*, 16: 65-76

Klein, A., Vaissière, B., Cane, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society, B* 274: 303–313.

Kohlmann, B., & Morrón, M. (2003). Análisis histórico de la clasificación de los coleópteros Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica de mexicana*, 90.

Lawrence, J., & Briton, E. (1991). Coleoptera (Beetles). [pp. 543-683]. En: Commonwealth Scientific and industrial Research Organization (Division of Entomology). The insects of Australia: A textbook for students and research workers. Vol. II. New York, USA: Cornell University Press Ithaca.

Linné, C. (1735). Systema Naturae, sive regna tria naturae systematice proposita per classes, ordies, genera et species. *Lugduni Batavorum: Apud Theodorum Haak*.

Lawrence, J., & Slipnski, A. (2013). Australian Beetles, Morfology, classification and keys. Melbourn, Australia: CSIRO Publishing. Pp: 1-3.

Losey, J. & Vaughan, M. (2006). The economic value of ecological services provided by insects. *BioScience* 56: 311–323.

Ludwig, J., & Reynolds, J. (1988). Statistical Ecology: A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York.

Maclachlan, N. (2011). Bluetongue: history, global epidemiology, and pathogenesis. *Preventive Veterinary Medicine* 102: 107–111.

Márquez, J. (2005). Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa* 37: 385-408.

Márquez, J. (2014). Primer registro de *Phanaeus (P.) quadridens* (Say, 1835) para Tlaxcala, México (Coleoptera: Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Acta zoológica mexicana* 30(2), 426-427.

Márquez, J., & Asiain, J. (2000). La colección de Coleoptera (Insecta) del Museo de Zoología “Alfonso L. Herrera”, Facultad de ciencias, UNAM, México. *Acta Zoológica Mexicana, nueva serie* 79: 241-255.

Mártinez, I., & Lumaret, J. (2010). Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. *Folia Entomológica Mexicana* 45(1): 57-68.

- McKenna, D., & Farrell, B. (2009). Beetles (Coleoptera). En Hedges, B., & Kumar, S. (Eds), *Timetree of life*. Oxford, USA: Blackwell Scientific Publications. Pp: 278-289.
- Minor-Montiel, P., (2010). Coleopteros Lamellicornios de la Barranca de Huehuetitla, Tlaxcala, México. Tesis (Licenciatura). Facultad de Agrobiología, UAT. Tlaxcala.
- Moctezuma, V, Rossini M, Zunino M, & Halffter G. (2016). A contribution to the knowledge of the mountain entomofauna of Mexico with a description of two new species of *Onthophagus* Latreille, 1802 (Coleoptera, Scarabaeidae, Scarabaeinae). *Zoo Keys* 572: 23-50.
- Morón, M. (1979). Fauna de coleópteros Lamellicornios de la estación de biología tropical Los Tuxtlas, Veracruz, U.N.A.M. México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México: Serie Zoológica* 50: 375-454.
- Morón, M. (1985). El género *Phyllophaga* en México. Morfología, distribución y sistemática supraespecífica (Insecta: Coleoptera). Instituto de Ecología Publicación 20, México. 342 pp.
- Morón M. (1990). Belleza, diversidad y rareza de escarabajos mexicanos. CONABIO. *Biodiversitas*. 26 (5): 1-6.
- Morón, M. (1991). Estudio Biogeográfico ecológico preliminar del género *Plusiotis*. (Coleoptera: Melolonthidae, Rutelinae). *Giornale italiano di entomología* 5 309-323.
- Morón, M. (1994). Fauna de Coleoptera Lamellicornia en las montañas del noreste de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 63: 7-59.
- Morón, M. (2003). Atlas de los Escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. II Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania Editio, España.
- Morón, M. (2004). Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología. Ciudad de México, México Pp 131.

Morón, M. (2014). Los escarabajos como bioindicadores ecológicos y biogeográficos. En González, C., Vallarino, A., Jiménez, J., & Pfeng, A. (eds). Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental. Instituto Nacional de Ecología de la Frontera sur, México: 309-326 Pp.

Morón, M., & Aragón, A. (2003). Importancia ecológica de las especies americanas de Coleoptera Scarabaeoidea. *Dugesiana* 10 (1): 13-29.

Morón, M. & Bitar, A. (2014). Revisión y análisis filogenético del género *Xyloryctes* (Coleoptera: Melolonthidae: Dynastinae: Oryctini). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85(3): 753-796.

Morón, M., Deloya, C., Ramírez A., & Hernández, S. (1998). Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la región de Tepic, Nayarit, México. *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)* 75: 73-116.

Morón, M., & Deloya, C. (1991). Los Coleoptera Lamellicornia de la Reserva de la Biosfera “La Michilía”, Durango, México. *Folia Entomológica Mexicana* 81: 209-283.

Morón, M., & 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., Nogueira, G., Rojas-Gómez, C., & Arce-Pérez, R. (2014). Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85: 298-302.

Morón, M., Ratcliffe, B., & Deloya, C. (1997). Atlas de los Escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. 1. Familia Melolonthidae. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Morón, M., Rodríguez, L., Aragón G., & Ramirez-Salinas C. (2010). Biología y hábitos de Coleópteros Escarabaeoideos. En Plagas del suelo. Rodríguez, L y Morón M. (eds.) COLPOS. INIFAP, Universidad Autónoma de Chapingo y Mundi Prensa. México.

Morón, M., & Terrón, T. (1984). Distribución altitudinal y estacional de los insectos necróftos de la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* S.N. (3): 1-47.

Morón, M., Villalobos, F., & Deloya, C. (1985). Fauna de coleópteros lamelicornios de Boca del Chajul, Chiapas, México. *Folia Entomológica Mexicana* 6: 57-118.

Morón, M., & Zaragoza, S. (1976). Coleópteros Melolonthidae y Scarabaeidae de Villa de Allende, estado de México *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México: Serie Zoológica* 47: 83-118.

Morrone, J. (2002) Presentación sintética de un nuevo esquema biogeográfico de América Latina y el Caribe. M&T–Manuales & Tesis SEA, vol. 3. Zaragoza, México.

Muñoz-Hernández, A., Morón, M. & Aragón, A. (2008). Coleoptera Scarabaeoidea de la región de Teziutlán, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 24:55-78.

Noss, R. (1990a). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical model. *Conservation Biology* 4: 355-364.

Noss, R. (1990b). From endangered species to biodiversity. In K Kohm, editor. *Balancing on the brink: A retrospective on the Endangered Species Act*. Island Press, Washington, D.C.

Ohaus, F. (1934). Genera Isectorum, Coleoptera, fam. Scarabaeidae: Subfam. Rutelinae. *Erter Teil* 199A. 172 pp.

Patil, G. P. 2002. Diversity profiles. En: El-Shaarawi, A & Piegorisch, W. (eds.), *Encyclopedia of Environmetrics*. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, Pp: 555-561.

Perry, B., Grace, D., & Sons, K. (2013). Current drivers and future directions of global livestock disease dynamics. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*. 110 (52): 20871-20877.

Quiroz-Rocha, G., Navarrete-Heredia, J., & Martinez, P. (2008). Especies de Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae) y Silphidae (Coleoptera) necrófilos de Bosque de Pino-Encino y Bosque Mesófilo de Montaña en el municipio de Mascota Jalisco, México.

Ramirez-Ponce, A., Calderón-Patrón, J., Guzmán, H., & Moreno, C. (2019). Biotic heterogeneity among scarab beetle communities in a anthropized landscape in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. *Journal of insect Conservation* 23: 765-776.

Ramirez-Ponce, A., Allende-Canseco, J., & Morón, A. (2009) Fauna de coleópteros Lamelicornios de Santiago Xiacui, sierra norte, Oaxaca, México.

Ratcliffe, B. (1976). Revision of the genus *Strategus* (Coleoptera; Melolonthidae). *Bulletin University Nebraska State Museum* 10(3); 93-204.

Renyi, A. (1961). On measures of entropy and information. *Proceedings 4th Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1: 547-561. [Citado por Hill, 1973]

Ritcher, P. (1966). *White grubs and their allies. A study of North American scabaeoid larvae*. University Press, Oregon: Corvallis. 219 pp.

Rivera-Gutiérrez, H., Suárez-Mayorga, A., & Varón-Londoño. (2003). Estándar para la documentación de registros biológicos. Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia.

Robert, G. & Peter, H (2017). *Insect Biodiversity: Science and Society*, Volume 1. John Wiley & Sons, New York.

Robert, K. (2013). EstimateS, estimation statistical of species richness and shared species from samples (Version 9.1.0) [Software] de <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>

Rodriguez, L. (1996). Seasonal feeding by *Phyllophaga* critina and *Anomala* spp. (Coleoptera: Scarabaeidae) larvae in northeastern México. *Journal of Entomological Science* 31: 301-305

Roth, L. & Willis, E. (1957). The medical and veterinary importance of cockroaches. *Smithsonian Miscellaneous Collections*.

Saylor, L. (1937). The beetles of subfamily Chasmatopterinae in the New World (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of the Washington Academy of Sciences* 27(12): 531-535

Soberón-Mainero, J., & Llorente-Bousquets, J. (1993). The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology* 7(3): 480-488.

Solís, A. (2007) Métodos y técnicas de recolecta para Coleópteros Scarabaeoideos. Costa Rica: Instituto nacional de Biodiversidad.

StatSoft. (2018). Statistica 13.4 for Windows. <http://www.statsoft.com>.

Stern, V., Smith, R., Van Den Bosch, R & Hagen, K. (1959). The integrated control concept. *Hilgardia* 29: 81–100.

Tapia, A, Aragón, A. & López, J. (2013). Importancia agropecuaria y forestal de los escarabajos en el estado de Puebla. En: Morón, A., Aragón, A., & Carrillo, H. (Eds). *Fauna de Escarabajos del estado de Puebla*. Publicación de Escarabajos Mesoamericanos, A. C., Coatepec. Veracruz, México. Pp: 365-408.

- Thompson, R. (2013). Parasite zoonoses and wildlife: one health, spillover, and human activity. *International Journal for Parasitology* 43: 1079-1088.
- Triplehorn, C., & Johnson, N. (2005). Borron and delong's introduction to the study of insects. USA: Thomson Learning Academic Resource Center. Pp: 365-366.
- UNEP. (1995). Global biodiversity assessment. V., Heywood, R., Watson, T., Cambridge. United Nations Environment Programme.
- Vaurie, P. (1955). Revision of the genus *Trox* in North America. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 106. 89 pp.
- Vaurie, P. (1958). A revision of genus *Diploptaxis* (Coleoptera: Scarabaeidae, Melolonthinae). Part 1. *Bulletine of the American Museum of Natual History* 115 (5): 267-396.
- Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., Mendonza, H., Ospina, M., & Umaña, A. (2004). Manual de métodos para desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de Biodiversidad. Bogotá, Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Pp: 193-197.
- Vitousek, P. Mooney, H., Lubchenco, J., & Melillo, J. (1997). Human Domination of Earth's Ecosystems. *Science* 277 (5325): 494-499.
- Warwick, M., Platt, H., Clarke, K., Agard, J., & Gobin, J. (1990) Analysis of macrobenthic and meiobenthic community structure in relation to pollution and disturbance in Hamilton Harbour, Bermuda. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 138: 119-142.
- Whittaker, R. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* 21: 213-251.
- Wong, G. (2010). ¿Después de un análisis de variación... Qué? Ejemplos en ciencia de alimentos. *Agronomía Mesoamericana* 21(2): 349-356.

Yokoyama, K., Kai, H., Koga, T. & Aibe, T. (1997). Nitrogen mineralization and microbial populations in cow dung, dung balls and underlying soil affected by paracoprid dung beetles. *Soil Biology and Biochemistry* 23: 649–653.

Zar, J. (2010) Biostatistical analysis. fifth edition. Prentice Hall, New Jersey, Pp: 398-400.

Zhang, C., Tang, X., & Cheng, J. (2008). The utilization and industrialization of insect resources in China. *Entomological Research* 38: 38–S47.

Zhang, W., Ricketts, T., Kremen, C., Carney, K., & Swinton, S. (2007). Ecosystem services and dis-services to agriculture. *Ecological Economics* 64: 253–260.

Zunino, M. (2003). Tribu Onthophagini. En Morón, M. (Ed). (2003). Atlas de los Escarabajos de México, Coleoptera: Lamellicornia, Vol. II Familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae pp 67-74. Argania Editio, España.