



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA DE PUEBLA**

ESCUELA DE BIOLOGÍA

**DIVERSIDAD DE LOS ESCARABAJOS
(COLEOPTERA: SCARABAEOIDEA) DEL CERRO
CHACATECA, ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA,
MÉXICO.**

TESIS DE LICENCIATURA

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA

ALMA LUCRECIA TRUJILLO MIRANDA

TUTORA

DRA. HORTENSIA CARRILLO RUIZ



Octubre 2014

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y llenarla de amor, por acompañarme cada instante y sobre todo, gracias porque hoy sé que existes y que gracias a ti es posible todo.

A mi mamá, gracias por todo el apoyo, confianza, libertad y amor que me has brindado, porque aun con tus dudas respecto a la carrera, siempre estabas dispuesta a dar lo mejor de ti para que me desarrollara. Gracias por tus sacrificios y por ser tan comprensiva.

A mi padre y hermanos: Mariana y Armando, gracias por echarme porras y motivarme a seguir, por sus consejos llenos de amor. Gracias Armando por tu paciencia, porque aun cuando me veías estresada me llenabas de abrazos y gracias por tu apoyo en campo.

A Abraham, gracias por compartir tu vida conmigo, por tu paciencia y amor, por escucharme atento, por todas esas pláticas donde me impulsabas a dar lo mejor de mí e ir siempre hacia delante. Gracias por regalarme de tu tiempo para la realización de esta tesis.

A Manuel, por el apoyo que has brindado a mí y a mi familia.

A las personas que me han dedicado su tiempo para escucharme y guiarme, gracias José Guadalupe, Ericka, Adán, Porfirio y Tania.

A la Dra. Hortensia Carrillo Ruiz, gracias por compartir sus conocimientos profesionales y personales conmigo, por guiarme y confiar en mí. Gracias sobre todo por su amistad.

Al Dr. Miguel Ángel Morón Ríos, por su ayuda en la confirmación e identificación de los ejemplares de escarabajos, por sus correcciones, su tiempo, su amabilidad y valiosos comentarios.

Al M. en C. Gózaló Yanes por la paciencia que me tuvo en el análisis y correcciones de este trabajo, por su siempre buena disposición de solucionar cualquier duda, muchas gracias.

A mis profesores: Dra. Sombra Patricia Rivas y Dr. Juan Héctor García. Les estoy muy agradecida por su ayuda en diversas áreas de este trabajo, sus comentarios y material de apoyo brindado.

A mis amigos: Getulio, Saúl, Miguel, Julián, Brenda, Israel, Erick, Fernando, Esteban, Wendoly, Juan, Urike, Iván, Aketzalli, Diego, Juanita. Gracias por estar dispuestos a caminar bajo el sol cargando kilos y kilos, por soportar los malos olores, por su cansancio y sobre todo por su afecto. Sin su ayuda en campo la realización de esta tesis no hubiera sido posible.

A Pedro (Peter) y Miguel, por su apoyo en campo y por compartir sus conocimientos conmigo. A Doña Cristina, por su hospitalidad y amabilidad.

A Marcela, por regalarme de su tiempo para solucionar mis dudas y por el material de apoyo brindado.



Dedicatoria

A mi madre, gracias por existir y brindarme todo tu amor, por tu guía y apoyo incondicional; porque sin ti no hubiera sido posible...

Resumen

En esta tesis se presenta un análisis comparativo de la Fauna de escarabajos (Coleoptera: Scarabaeoidea), establecidos en el Cerro Chacateca, Zapotitlán Salinas, Puebla, México. Los datos se obtuvieron durante la época de lluvias (septiembre 2011) y la época de secas (abril 2012) en tres sitios, los cuales se diferencian por el tipo de suelo, la composición en la vegetación y la altitud. Para la captura de ejemplares se utilizaron coprotrampas de caída, trampas NTP-80 cebadas con calamar, trampas de fruta fermentada, trampas de luz y colecta directa. En total se colectaron 1,315 ejemplares de adultos, los cuales representan a 25 especies incluidas en 16 géneros y seis familias de Scarabaeoidea; entre las especies colectadas 10 constituyen nuevos registros para el Valle de Tehuacán. Durante la época de lluvias se registró una mayor abundancia y riqueza de especies de Scarabaeoideos, aunque solo la abundancia fue significativamente diferente entre las dos épocas ($p < 0.001$). La mayor diversidad se presentó en la época de secas (6.86 vs 3.12 especies efectivas), y según el índice de Jaccard con datos cuantitativos la similitud de la fauna de Scarabaeoidea entre las dos épocas es de 0.31. De acuerdo a los estimadores no paramétricos (Chao 1 y Bootstrap) la eficiencia del muestreo en los sitios de estudio alcanza más del 80%, tanto para el grupo de escarabajos copro-necrófagos como para el de los fitófagos. La abundancia de escarabajos copro-necrófagos depende del sitio de captura ($p < 0.001$), presentándose la mayor abundancia en el sitio de mayor altitud (sitio 3), mientras que el valor más bajo lo presentó el sitio de menor altitud (sitio 1). La riqueza de especies no presentó diferencias significativas entre sitios, pero el sitio 3 tiene la mayor riqueza (9 especies), y los sitios 1 y 2 presentaron la misma riqueza de especies (4 especies). La diversidad en los tres sitios de estudio es muy semejante y estos están caracterizados por la dominancia en número de individuos de especies del género *Onthophagus*. El mayor cambio en la composición de especies lo presentó el sitio 1, con respecto a los sitios 2 y 3. Referente a los escarabajos fitófagos el sitio 1 presentó la mayor abundancia, estando caracterizado por la alta abundancia de *Euphoria subtomentosa*. El número de especies fue el mismo en los sitios 1 y 3, pero la mayor diversidad la presentó el sitio 3 (4.33 especies efectivas). La disimilitud en la fauna de escarabajos fitófagos entre los sitios 1 y 3 es alta (0.97).

Índice

Agradecimientos	i
Dedicatoria	iii
Resumen	iv
Índice	v
1. Introducción	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Diagnósis de las familias de Coleoptera Scarabaeoidea	2
1.2.1 Familia Melolonthidae	2
1.2.2 Familia Cetoniidae	3
1.2.3 Familia Scarabaeidae	3
1.2.4 Familia Trogidae	4
1.2.5 Familia Geotrupidae	5
1.2.6 Familia Passalidae	5
1.3 Los factores bióticos y abióticos asociados con la distribución, abundancia y riqueza de los coleópteros Scarabaeoidea	6
2. Antecedentes	8
3. Justificación	15
4. Objetivos	17
4.1 Objetivo general	17
4.2 Objetivos particulares	17
5. Hipótesis	18
6. Métodos	19
6.1 Zona de estudio	19
6.2 Trabajo de campo	23

6.3 Trabajo de gabinete	24
6.4 Caracterización del Suelo	25
6.5 Análisis de datos	25
6.5.1 Riqueza de especies y abundancia	26
6.5.2 Prueba de hipótesis para la riqueza y la abundancia de especies	26
6.5.3 Eficiencia del muestreo	26
6.5.4 Eficiencia de los métodos de colecta	27
6.5.5 Diagramas de rango-abundancia	28
6.5.6 Diversidad alfa	28
6.5.7 Diversidad beta	29
6.5.8 Hábitos de la fauna de escarabajos	29
7. Resultados	30
7.1 Especies de Scarabaeoidea presentes en el Cerro Chacateca del Valle de Zapotitlán de Salinas, Puebla	30
7.2 Listado comentado de las especies colectadas en el Cerro Chacateca del Valle de Zapotitlán de Salinas, Puebla	32
7.3 Abundancia y Riqueza total de Scarabaeoidea en el Cerro Chacateca	49
7.4 Abundancia, Riqueza de Scarabaeoidea durante la época de lluvias y la época de secas en el Cerro Chacateca	39
7.4.1 Diversidad alfa	40
7.4.2 Diversidad beta	42
7.5 Análisis de los Escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae y Trogidae) por sitio	43
7.5.1 Eficiencia del muestreo	43
7.5.2 Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo	45
7.5.3 Abundancia y Riqueza de especies	46
7.5.4 Diagrama de rango- abundancia	47
7.5.5 Diversidad alfa	48
7.5.6 Diversidad beta	48

7.5.7 Hábitos de los escarabajos copro-necrófagos	49
7.5.8 Nuevos registros de Scarabaeidae en el Valle de Tehuacán	50
7.6 Análisis de los Escarabajos fitófagos (Melolonthidae y Cetoniidae) por sitio	51
7.6.1 Eficiencia del muestreo	51
7.6.2 Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo	52
7.6.3 Abundancia y Riqueza de especies	53
7.6.4 Diagrama rango-abundancia	53
7.6.5 Diversidad alfa	55
7.6.6 Diversidad beta	56
7.6.7 Hábitos alimenticios de los escarabajos fitófagos en el Cerro Chacateca	57
7.6.8 Nuevos registros de escarabajos Melolonthidae y Cetoniidae en el Valle de Tehuacán	58
8. Discusión	59
8.1 Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de Scarabaeoidea	59
8.2. Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae y Trogidae) por sitio	62
8.3 Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de escarabajos fitófagos (Melolonthidae y Cetoniidae) por sitio	66
9. Conclusiones	69
10. Literatura citada	70
11. Anexos	79
11.1 Láminas con las especies de escarabajos colectados	79
11.2 Especies de escarabajos copro-necrófagos exclusivas y compartidas en los sitios de estudio en el Cerro Chacateca	84
11.3 Especies de escarabajos fitófagos exclusivas y compartidas entre el sitio 1 y el sitio 3 en el Cerro Chacateca	85

1. Introducción.

1.1. Generalidades.

La clase insecta es el grupo más extenso de animales, conteniendo más de 750, 000 especies descritas, a estos animales los podemos encontrar ocupando casi todos los ambientes y se caracterizan por tener tres pares de patas y por lo general, dos pares de alas insertas en la región media del cuerpo. Además poseen un único par de antenas, apéndices bucales ectognatos, un par de ojos compuestos, un sistema traqueal para el intercambio de gases y túbulos de Malpighi bien desarrollados (Brusca y Brusca 2005).

Dentro de la clase Insecta, los coleópteros constituyen el mayor orden (Brusca y Brusca 2005) y se pueden identificar porque poseen alas anteriores esclerotizadas y modificadas en cubiertas rígidas, las cuales forman un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen (Morón 2004).

Dentro de este orden, se encuentra la Superfamilia Lamellicornia o Scarabaeoidea llamados comúnmente escarabajos, los adultos de esta superfamilia se distinguen de otros coleópteros por sus antenas lameladas, la condición prognata de sus piezas bucales y por los cinco artejos de los cuales están formados los tarsos de sus tres pares de patas, aunque algunas especies carecen de protarsos (Morón 2003).

La mayoría de los adultos de Coleoptera Scarabaeoidea tienen una vida activa de 5 a 20 días y algunas especies de 2 a 8 meses; mientras que las larvas pueden existir durante 80 a 120 días y de 4 a 32 meses (Morón *et al.* 2010). Tanto las larvas como los adultos tienen gran importancia ecológica, ya que actúan como reguladores del crecimiento de las poblaciones vegetales, contribuyen a la polinización de muchas especies de angiospermas y son alimento de mamíferos, aves y reptiles, además albergan parásitos y parasitoides y procesan excrementos, cadáveres, hojarasca y restos xilosos (Morón 2004).

Los escarabajos adultos tienen numerosos hábitos alimenticios, por esta razón se agrupan en distintos gremios, encontrando así a los especialistas en consumir follaje (filófagos), que aprovechan partes florales (antófilos), los que obtienen alimento de los tejidos de tallos y ramas (caulófagos), los que ingieren secreciones dulces producidas en

diferentes tejidos de la planta (melífagos), los que comen raíces y tallos subterráneos (rizófagos), los que prefieren hongos (micetófagos), los consumidores de excrementos (coprófagos) y de carroñas (necrófagos), los que obtienen su alimento de los restos de animales secos (telionecrofagos), los que aprovechan los tejidos en descomposición (saproxilófagos), y aquellos que se nutren con materia orgánica de origen vegetal o animal en estado avanzado de degradación (saprófagos) (Morón 2013).

Existen varias clasificaciones supragenéricas para los coleópteros Scarabaeoidea, pero en ausencia de una clasificación unitaria, en este trabajo empleamos la propuesta de Morón (2010) modificada a partir de Endrödi (1966), Morón (1984), Scholtz (1990), Smith et al. (2006) (Morón 2013; Cherman y Morón 2014), la cual reconoce para esta superfamilia 12 familias: Geotrupidae, Passalidae, Pleocomidae, Lucanidae, Diphylostomatidae, Trogidae, Glaresidae, Hybosoridae, Ochodaeidae, Scarabaeidae, Glaphyridae, Melolonthidae, y Cetoniidae (de las cuales solo ocho se han registrado en el estado de Puebla).

1.2. Diagnósis de las familias de Coleoptera Scarabaeoidea

1.2.1. Familia Melolonthidae.

Adultos con el labro y las mandíbulas parcialmente expuestas u ocultas por completo bajo el clípeo. Labro parcialmente esclerosado, membranoso o vestigial. Mandíbulas esclerosadas. Antenas formadas por 8-10 artejos, tres a siete de los cuales corresponden a la maza antenal brillante, plegadiza. Con canthus ocular. Abdomen con seis esternitos visibles y siete pares de orificios respiratorios, tres o cuatro en las regiones pleurales, dos o tres en los extremos esternales y uno en la región tergal. Placa pigidial completamente expuesta o cubierta en parte por los élitros. Genitales masculinos bilobulados o fusionados (Morón 1997). Larvas con antenas formadas por cuatro artejos alargados. Epifaringe asimétrica con tormae ampliamente separadas. Maxila con galea y lacinia fusionadas. Placas respiratorias cribiformes. Patas posteriores largas (Morón 1997).

Una gran parte de los adultos de Melolonthidae se alimentan con tejidos y secreciones vegetales, y unas pocas pueden depredar insectos. Las larvas pueden

alimentarse con raíces y tejidos xilosos, hojarasca y humus, y algunas también depredan insectos (Morón 1997).

En los bosques tropicales perennifolios, bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios se pueden encontrar una gran abundancia y riqueza (Morón 1997). Esta familia está compuesta por cinco subfamilias: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Hoplinae y Orphninae (Morón 2013).

1.2.2. Familia Cetoniidae.

Adultos con el labro y las mandíbulas ocultas bajo el clípeo. Labro membranoso. Mandíbulas generalmente membranosas. Antenas formadas por 10 artejos, tres de los cuales corresponden a la maza antenal brillante, plegadiza. Con canthus ocular. Abdomen con seis esternitos visibles y siete pares de orificios respiratorios, tres en las regiones pleurales, tres en los extremos esternales y uno en la región tergal. Placa pigidial usualmente no cubierta por los élitros. Genitales masculinos bilobulados. Larvas con antenas formadas por cuatro artejos cortos y anchos. Epifaringe asimétrica con tormae separadas. Maxila con galea y lacinia separadas. Placas respiratorias cribiformes. Patas posteriores largas (Micó *et al.* 2008 citado por Morón 2013).

Los adultos se alimentan con flores, frutos dulces, polen, néctar y escurrimientos azucarados de numerosas plantas. Sus larvas se desarrollan en el suelo, frecuentemente en acumulaciones de materia orgánica, y en detritus de hormigueros de los géneros *Atta* y *Acromyrmex* (Deloya y Morón 1997).

Esta familia está compuesta por dos subfamilias: Cetoniinae y Trichiinae (Morón 2013).

1.2.3. Familia Scarabaeidae.

En su forma adulta tienen el labro y las mandíbulas ocultas bajo el clípeo, labro parcialmente esclerosado, mandíbulas membranosas o esclerosadas. Antenas formadas por 8-9 artejos, la maza antenal tomentosa con tres artejos, plegadiza o rosetiforme. Con canthus ocular. Abdomen con seis esternitos visibles y siete pares de orificios respiratorios en las regiones pleurales. Placa pigidial oculta por los élitros o expuesta por completo,

Genitales masculinos bilobulados o fusionados (Morón 2003). Larvas con antenas formadas por cuatro artejos, el último muy pequeño. Epifaringe casi simétrica con tormae unidas. Maxila con galea y lacinia separadas. Placas respiratorias cribiformes. Patas posteriores largas (Ritcher 1966 citado por Morón 2013).

Los adultos y las larvas de una parte de las especies de esta familia se alimentan dentro del suelo con materia orgánica en descomposición, sobre todo de origen vegetal; mientras que los adultos de un gran número de especies se alimentan de excrementos o carroña, y estas con frecuencia construyen nidos aprovisionados con excremento, tejidos vegetales fermentados o detritus compactados, en donde se desarrollan las larvas (Morón 2003).

La diversidad de los Scarabaeidae es considerablemente mayor en los bosques tropicales, pero disminuye mucho en ambientes xerófilos y en el bosque mesófilo de montaña (Morón 2003). La familia Scarabaeidae está representada por las subfamilias: Scarabaeinae y Aphodiinae (Morón 2013).

1.2.4. Familia Trogidae.

Los adultos tienen el labro y las mandíbulas ocultas bajo el clípeo, labro parcialmente esclerosado, mandíbulas esclerosadas. Antenas formadas por 10 artejos, la maza antenal tomentosa con tres artejos plegadizos. Sin canthus ocular. Abdomen con cinco esternitos visibles y siete-ocho pares de orificios respiratorios en las regiones pleurales. Placa pigidial siempre oculta por los élitros. Genitales masculinos trilobulados (Scholtz 1990 citado por Morón 2013). Larvas con antenas formadas por tres artejos, el último muy pequeño. Epifaringe casi simétrica con tormae unidas. Maxila con galea y lacinia separadas. Placas respiratorias cribiformes o biperforadas. Patas posteriores largas (Ritcher 1966 citado por Morón 2013)

Tienen coloración opaca, pardusca, rojiza o negra, adicionada con partículas de sustrato lo cual les permite pasar desapercibidos, simulando pedazos de tierra o grumos de tierra (Deloya 2003). Se les puede catalogar como telionecrófagos, ya que tanto las larvas como los adultos se alimentan de cadáveres secos de vertebrados terrestres o de restos orgánicos formados por plumas, pelos y excrementos acumulados de aves o en madrigueras

de pequeños mamíferos, también pueden ser atraídos con excrementos de animales carnívoros y además se les ha observado consumiendo huevos de tortugas marinas.

Los Trogidae se encuentran ampliamente distribuidos y están presentes en las regiones subtropicales, principalmente en las partes áridas (Deloya 2003). La familia Trogidae está conformada por dos subfamilias: Troginae y Omorginae (Morón 2013).

1.2.5. Familia Geotrupidae.

Los adultos con el labro y las mandíbulas esclerosadas, ampliamente expuestas al frente, no ocultas bajo el clípeo. Antenas formadas por 11 artejos, la maza antenal tomentosa, con tres artejos plegadizos. Con canthus ocular. Abdomen con seis esternitos visibles y siete pares de orificios respiratorios en las regiones pleurales, o con ocho pares y el último situado en el tergito final. Placa pigidial parcial o totalmente oculta por los élitros. Genitales masculinos incluidos en una cápsula esclerotizada típica del grupo (Howden 2003). Larvas con antenas formadas por tres artejos, el último de ellos muy pequeño. Epifaringe simétrica con tormae unidas. Maxila con galea y lacinia separadas. Placas respiratorias cribiformes o biperforadas. Patas posteriores cortas, en ocasiones modificadas para estribular (Ritcher 1966 citado por Morón 2013).

Todas las especies excavan túneles y, en algunos casos son aprovisados con humus u hojarasca de la superficie para que se desarrollen sus larvas. Muy pocos Geotrupini utilizan estiércol para el alimento larvario, por ello, como grupo no deben ser llamados escarabajos estercoleros. Los adultos de Bolboceratini cuyos hábitos se conocen se alimentan de hongos (Howden 2003).

Esta familia está compuesta por dos subfamilias: Geotrupinae y Bolboceratinae (Morón 2013).

1.2.6. Familia Passalidae.

Adultos con el labro y las mandíbulas esclerosadas, ampliamente expuestas al frente, no ocultas bajo el clípeo. Labro esclerosado. Antenas formadas por 10 artejos, la maza antenal setosa con tres a cinco artejos enrollables. Con canthus ocular. Abdomen con cinco esternitos visibles y siete pares de orificios respiratorios en las regiones pleurales.

Placa pigdial siempre oculta por los élitros. Genitales masculinos trilobulados (Reyes-Castillo, 2003). Larvas con antenas formadas por dos artejos. Epifaringe simétrica con tormae separadas. Maxila con galea y lacina separadas. Placas respiratorias cribiformes. Patas posteriores cortas, siempre modificadas para estribular (Ritcher 1966 citado por Morón 2013).

Son coleópteros con hábitos subsociales, encontrándose huevos, larvas y adultos juntos, casi en su totalidad agrupa especies saproxilófagas que se alimentan de madera muerta y unas pocas comen residuos de los nido de *Atta*. Los Passalidae son diversos y abundantes en los bosques tropicales mexicanos y son escasos en los bosques de coníferas y encinos, un número importante de especies está restringido a los bosques mesófilo de montaña (Reyes-Castillo 2003). La familia Passalidae está conformada por la subfamilia Passalinae (Morón 2013).

1.3 Los factores bióticos y abióticos asociados con la distribución, abundancia y riqueza de los coleópteros Scarabaeoidea.

La distribución, la abundancia y la riqueza de los escarabajos está relacionada con factores abióticos como son el tipo de suelo, la humedad y la temperatura, así como con factores bióticos con es el tipo de vegetación, su cobertura y riqueza (Arriaga *et al.* 2012, Deloya *et al.* 2007, Escobar 2000, Lobo 1992, Martínez *et al.* 2009, Morón 2004, Nájera-Rincón y Jackson 2010). Las distintas combinaciones de estos factores pueden favorecer o no, el establecimiento de las larvas y adultos de los coleópteros Scarabaeoidea.

Debido a que son un grupo de insectos preponderantemente termófilo e higrófilo, la temperatura y la humedad condicionan la diversidad de estos escarabajos. Por lo cual en las zonas cálidas húmedas es mayor el número de especies que podemos encontrar a lo largo del año mientras que en las zonas cálidas secas hay menos especies pero pueden ser muy abundantes en épocas favorables. Así, los escarabajos están más diversificados en ambientes tropicales y subtropicales y se ha encontrado que en los ambientes templados de México hay una gran abundancia pero una menor riqueza de especies. Respecto a los ambientes áridos o semiáridos han sido pobremente colectados, por lo cual, los datos existentes no son representativos (Morón 2010, Morón 2004).

Respecto a la vegetación, los estudios existentes sugieren que la densidad y la diversidad de la vegetación herbácea condicionan la abundancia y la riqueza de las larvas rizófagas, mientras que la diversidad y la densidad de la vegetación arbórea y arbustiva condicionan la abundancia y la riqueza de las larvas saprófagas (Morón 2013). Además se ha observado en los adultos una predominancia de especies filófagas y florícolas de Melolonthinae cuando las especies arbóreas renuevan su follaje y presenta flores (Carrillo-Ruiz *et al.* 2003). En el caso de los escarabajos coprófagos tienden a especializarse en un determinado tipo de bosque (Escobar 2000).

Es importante hacer notar la correlación que existe entre las comunidades vegetales, la precipitación mensual y la riqueza de especies, ya que por ejemplo, algunas especies de escarabajos dependen de la descomposición de la hojarasca y de la presencia de follaje durante la época de lluvias (Nájera-Rincón y Jackson 2010).

Las condiciones y tipo de suelo pueden ser importantes para definir la actividad y desarrollo de algunas especies de Scarabeoidea. Por ejemplo la textura y humedad del suelo pueden influenciar la distribución espacial de los coleópteros coprófagos y la capacidad de establecimiento de sus nidos en galerías al interior del suelo, encontrándose una mayor abundancia de estos escarabajos en suelos arcillosos que en suelos arenosos (Arriaga *et al.* 2012, Escobar 2000, Sowig 1995). También se ha referido su importancia en algunas especies de Melolonthidae, encontrando que los suelos arenosos son más favorables para la presencia de plagas (Nájera-Rincón y Jackson 2010). En general cuando los suelos son escasos en nutrientes o existe una alta salinidad y temperaturas extremas muy difícilmente serán colonizados por escarabajos (Morón 2013).

Debido a su sensibilidad al cambio de hábitat, la composición de los ensambles de estos coleópteros también puede variar a través de gradientes altitudinales, ya que a través de este gradiente surgen cambios en la temperatura, humedad y presión atmosférica (Esparza-León *et al.* 2007, Lobo y Halfpter 2000, Mc Coy 1990, Morón 2004, Werenkraut 2010). Por ello el estudio de la diversidad de los escarabajos en un corto gradiente altitudinal como lo es un cerro resulta interesante, ya que en este tipo de escenario se pueden presentar cambios en la temperatura, humedad, tipo de suelo y vegetación a distancias relativamente cortas.

2. Antecedentes.

Para el territorio mexicano se han registrado alrededor de 1,713 especies de coleópteros Scarabaeoidea, las cuales están incluidas en 202 géneros, 18 subtribus y 43 tribus que corresponden a 17 subfamilias. Los estados donde se ha registrado la mayor diversidad de especies de Scarabaeoidea son: Chiapas (455), Veracruz (430), Oaxaca (389), Puebla (259) y Jalisco (237). Pero se debe de tomar en cuenta que estos registros están influenciados por la intensidad con la que ha sido explorada la fauna de escarabajos de cada entidad (Morón 2003, Morón 2013).

Antes de 1990 el estado de Puebla había sido poco explorado por los escarabeidólogos y los datos existentes solo procedían de colectas esporádicas, los cuales eran publicados en trabajos monográficos, en descripciones de especies aisladas, en listas o catálogos de colecciones, y rara vez en estudios faunísticos (Morón 1997).

Después de una revisión a la literatura y a las colecciones institucionales y particulares, en el año de 1993, Morón y Deloya prepararon una lista preliminar de las especies de Scarabaeoidea en el estado de Puebla, que incluyó 214 especies pertenecientes a las familias Melolonthidae, Scarabaeidae, Trogidae y Passalidae. Y estimaron que faltaba por registrar más de la mitad de la riqueza faunística del estado (Morón 1997, Morón 2013).

Por lo cual, con el fin de conocer la riqueza, abundancia, ecología, distribución y fenología de los coleópteros Scarabaeoidea, entre 1996 y 2006 un grupo de profesores y estudiantes de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla coordinados por Agustín Aragón y Miguel Ángel Morón, realizaron colectas sistematizadas de coleópteros Scarabaeoidea en 20 municipios y obtuvieron muestras esporádicas de otros 48 municipios del estado de Puebla (Morón 2013).

Como parte de este esfuerzo, durante 1996 y 1997, Agustín Aragón, Miguel Ángel Morón y colaboradores realizaron un estudio sobre las especies de coleóptera Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae en la Sierra del Tentzo (El Aguacate y La Cantera) establecidas entre los 2,000 y 2,350 m de altitud, en un ambiente de transición entre encinares poco húmedos, matorrales xerófilos y bosque tropical caducifolio bajo. Para la

colecta utilizaron trampas de luz y necrotrampas con las cuales obtuvieron 3,568 ejemplares que representan a 49 especies de 19 géneros. Cabe mencionar que la mayor riqueza específica la obtuvo la familia Melolonthidae y que la fenología de todo el conjunto de especies corresponde con la época de lluvias, además, la baja diversidad registrada de Scarabaeoidea se pudo deber a las condiciones de aridez de la región (Morón *et al* 2000) (Cuadro 1).

También en los años de 1996 y 1997, por estos mismos autores, se realizaron colectas esporádicas en los matorrales xerófilos de los alrededores de Tehuacán, San José Miahuatlán, Altepexi y Zapotitlán Salinas, pero debido a la irregularidad de las condiciones ambientales no les fue posible terminar los muestreos y comentan que es necesario continuar con ellos en las regiones de Miahuatlán y Zapotitlán ya que no fue posible obtener muestras representativas de las especies de Scarabaeoidea asociadas con esos ambientes xéricos y de transición. Cabe señalar que con los datos obtenidos en estos años y con datos de colectas esporádicas hasta el 2009 en el valle de Tehuacán han encontrado que uno de los factores limitantes para el establecimiento de los escarabajos son las características del suelo (Morón y Aragón 1999, Morón 2013).

Por otra parte estos autores también realizaron 10 capturas en las localidades ubicadas en los alrededores de la ciudad de Puebla, en sitios representativos del ambiente propio del valle, como Xoxtla (14 spp), San Martín Texmelucan (15 spp), San Manuel y San Francisco Totimehuacán (Morón y Aragón 1999, Morón 2013).

Entre los estudios realizados en la Sierra Norte de Puebla se encuentra el de Carrillo-Ruiz, quien presentó un estudio faunístico de los coleópteros Scarabaeoidea establecidos en Cuetzalan del Progreso, Puebla. Este estudio se realizó entre marzo de 1998 a marzo de 1999 en bosque tropical perennifolio, pastizales inducidos y vegetación secundaria. Se utilizaron trampas de luz tipo pantalla, necrotrampas NTP-80 y colectas directas en alumbrados públicos y sobre vegetación. La mayor diversidad específica correspondió a Dynastinae (21 spp), Melolonthinae (13 spp), Scarabaeinae (13 spp) y Passalinae (8 spp). El análisis de parsimonia de endemividad dio a conocer que la fauna de Cuetzalan está estrechamente relacionada con la de las montañas del noreste de Hidalgo (Carrillo-Ruiz y Morón 2003) (Cuadro 1).

En los años de 1999 a 2000, Muñoz-Hernández evaluó la riqueza, abundancia y fenología de las especies de Coleoptera Scarabaeoidea de la región de Teziutlán, en sitios con bosques de pino-encino y una zona de cultivo, para ello realizó colectas mensuales, utilizando trampas NTP- 80 permanentes, trampa de luz mercurial, alumbrado público y redes entomológicas. Obtuvo 58 especies de 29 géneros, 18 tribus y 7 subfamilias de Melolonthidae, Scarabaeidae y Passalidae. De acuerdo con el análisis realizado se encontró que la fauna de lamelicornios de Teziutlán presenta un 80% de similitud con la fauna de las montañas del noroeste de Hidalgo (Muñoz-Hernández *et al.* 2008) (Cuadro 1).

Además, en estos mismos años, Percino-Figueroa realizó un estudio en el municipio de Zacatlán, Puebla, en el límite entre un bosque de pino- encino y los remanentes de un bosque mesófilo, entre un bosque de coníferas y vegetación de galería, y entre huertos frutales y un bosque mesófilo de montaña, se utilizaron necrotrampas, trampa de luz y colectas directas, obteniendo 633 ejemplares que pertenecen a 40 especies de 20 géneros de cuatro familias de Scarabaeoidea. La abundancia de los escarabajos registrados en esta zona alcanza su mayor número en época de lluvias (Percino y Morón 2013) (Cuadro 1).

Morón y colaboradores, con el fin de evaluar la riqueza de escarabajos Scarabaeoidea, realizaron colectas esporádicas en el municipio de Chietla, en la zona cañera donde el clima es semi-cálido subhúmedo con lluvias en verano, las colectas se realizaron del 2000 al 2003, utilizando trampa de luz tipo pantalla y colecta directa. Se colectaron un total de 1,253 especímenes que representan a cuatro familias y 23 especies, el género mejor representado fue *Phyllophaga* con cinco especies (Aragón *et al.* 2012).

Chacón-Aguayo realizó un estudio de fauna de Scarabaeoidea durante enero del 2003 a enero del 2004 en el municipio de San Felipe Teotlalcingo, Puebla, donde la vegetación que predomina es el pinar. Para este estudio se consideró muestrear dentro de cuatro cotas altitudinales diferentes: 2,733, 3,100, 3,356 y 3,410 msnm, obteniéndose un total de 1,177 ejemplares que representan a 6 subfamilias, 9 géneros y 23 especies de Scarabaeoidea. A una altitud de 3,356 m se encontró la mayor riqueza de especies (15 spp) y la menor riqueza se encontró a los 3,410 m con solo tres especies, es importante mencionar que el número de trampas colocadas en cada altitud no fue el mismo (Chacón *et al.* 2013) (Cuadro 1).

De junio de 2004 a mayo de 2005, Rodríguez y colaboradores, realizaron muestreos sistemáticos mensuales diurnos y nocturnos en bosques de pino-encino y encino-pino en tres cotas altitudinales en la región de Tochimilco, Puebla. Para la colecta se utilizaron trampas NTP-80, trampas de luz y se realizó colecta directa con esto se obtuvieron 3,619 ejemplares representantes de 32 géneros y 70 especies pertenecientes a cuatro familias de Scarabaeoidea. Se observó un número semejante de especies encontradas en las cotas altitudinales más bajas (2,123 y 2,242 m), en tanto que el número de especies decreció notablemente con el aumento de altitud. Al igual que en el trabajo mencionado anteriormente el esfuerzo de muestreo no fue el mismo en cada cota altitudinal (Rodríguez *et al.* 2013) (Cuadro 1).

Otro estudio realizado en vegetación caracterizada por bosque de pino-encino fue realizado por Salamanca-Calixto en la región de Tlachichuca y Ahuatepec del Camino (Ciudad Serdán), Puebla. Los datos se obtuvieron de marzo del 2004 a julio del 2005, utilizando una trampa de luz, necrotrampas y colectas directas. Se capturaron 1,501 ejemplares pertenecientes a 31 especies de seis familias. Se encontró que las fluctuaciones mensuales en la abundancia y riqueza no guardan una relación estrecha con la precipitación (Salamanca *et al.* 2013) (Cuadro 1).

De julio del 2005 a octubre del 2006, Cuate-Mozo realizó un muestreo de coleópteros Scarabaeoidea en el municipio de Chiautla de Tapia, Puebla, el cual presenta bosque tropical caducifolio bajo mezclado con matorrales espinosos dispersos. En el sitio de estudio se capturaron 2,851 ejemplares representantes de 88 especies pertenecientes a siete familias. Los ejemplares fueron capturados instalando coprotrampas, necrotrampas y trampas de luz. La actividad de los Melolonthidae estuvo directamente relacionada con la marcha anual de la temperatura y las lluvias, mientras que los Scarabaeidae mostraron independencia de las condiciones climáticas (Cuate-Mozo *et al.* 2013) (Cuadro 1).

Yanes-Gómez, durante los meses de octubre del 2005 a septiembre del 2006 analizó la fauna de Coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla. En este trabajo se comparó la estructura de las comunidades de un bosque tropical caducifolio y una zona agrícola. En total se encontraron 1,020 ejemplares de adultos que representan a 52 especies incluidas en 29 géneros de tres familias. Además se observó una mayor riqueza

y abundancia en el bosque tropical caducifolio y se concluyó que la composición de especies de ambas comunidades es parecida un 49% y que el efecto antrópico sobre el bosque como resultado de las actividades agrícolas aún es mínimo (Yanes-Gómez y Morón 2010) (Cuadro 1).

Otro trabajo realizado en estos años fue el de Delgado-Solano, quien en el municipio de Chignahuapan evaluó la fauna de coleóptera Scarabaeoidea en bosques de pino- encino y oyamel, mediante colectas directas, trampa de luz, necrotrampas permanentes y coprotrampas. Obtuvo un total de 498 individuos representando a tres familias, seis subfamilias y 30 especies. Entre los resultados obtenidos resalta el hecho de que durante los meses más secos y cálidos predominaron las especies filófagas y saprófagas. (Delgado-Solano *et al.* 2013) (Cuadro 1).

Entre los trabajos más recientes se encuentra el de Ramírez-Domínguez quien de febrero 2009 a enero 2010, realizó una colecta de coleópteros Scarabaeoidea en bosque de encino en el Parque Ecológico “Flor del Bosque”, Amozoc, Puebla. Para ello utilizó una trampa de luz, necrotrampas y coprotrampas, además, de realizar colecta directa. Capturó un total de 447 ejemplares que pertenecen a tres familias (Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae), nueve subfamilias y 19 especies. Con base en un análisis de parsimonia de endemidad se concluyó que las faunas de las regiones de Huehuetlán el grande y la sierra del Tentzo están más relacionadas con la fauna de Flor del Bosque, Puebla (Ramírez-Domínguez 2010) (Cuadro 1).

Es importante señalar que en el estado de Puebla también se han hecho estudios únicamente a nivel de familia, entre ellos encontramos el de Sánchez-Velázquez y colaboradores, quienes realizaron un análisis comparativo de los coleópteros de las familias Scarabaeidae e Hybosoridae establecidos en la comunidad del Rancho el Salado, en el municipio de Jolalpan, Puebla. Los datos se obtuvieron de julio de 2009 a julio del 2010 en una zona representativa de selva baja caducifolia, una zona agrícola, una zona de potrero y una zona urbana, establecidas entre los 926 y 1,140 m de altitud. Se registraron 1,294 individuos pertenecientes a 12 géneros y 16 especies. La zona que presentó una mayor diversidad es la zona de la selva baja, la cual está ubicada a 926 msnm (Sánchez-Velázquez *et al.* 2012).

Cuadro 1. Numero de géneros y especies de Scarabaeoidea registrados en localidades Poblanas. BE: bosque de encino, BO: bosque de oyamel, BP: bosque de pino, BEP: bosque de encino pino, BPE: bosque de pino encino, BM: bosque mesófilo, BTC: bosque tropical caducifolio, BTP: bosque tropical perennifolio, C: cultivo, HF: huertos frutales, ME: matorral espinoso, MX: matorral xerófilo, PI: pastizal inducido, VG: vegetación de galería.

Localidad	Vegetación	Altitud (m)	Géneros	Especies	Referencias
Sierra del Tentzo (El Aguacate y La Cantera)	BE, MX,BTC	2000-2350	19	49	Morón <i>et al.</i> 2000
Cuetzalan del Progreso	BTP,PI,	400-1000	34	63	Carrillo-Ruiz y Morón 2003
Teziutlán	BPE,C	1990-2000	29	58	Muñoz-Hernández <i>et al.</i> 2008
Zacatlán	BPE,BM,VG,HF	2040-2500	20	40	Percino y Morón 2013
San Felipe Teotlalcingo	BP	2733-3800	9	23	Chacón <i>et al.</i> 2013
Tochimilco	BPE,BEP	2123-2,582	32	70	Rodríguez <i>et al.</i> 2013
Tlachichuca y Ahuatepec del Camino	BPE	2600-3780	19	31	Salamanca <i>et al.</i> 2013
Chiautla de Tapia	BTC,ME	844-1190	33	88	Cuate-Mozo <i>et al.</i> 2013
Santo Domingo Huehuetlán	BTC,C	1294-1368	29	52	Yanes-Gómez y Morón 2010
Chignahuapan	BPE, BO	2560-2885	16	30	Delgado-Solano <i>et al.</i> 2013
Flor del Bosque	BE	2372 - 2389		19	Ramírez 2010

Entre los trabajos enfocados a la familia Scarabaeidae realizados en el municipio de Zapotitlán Salinas, Puebla, encontramos el de Halfpter y colaboradores (2011), el objetivo de su estudio fue comparar las faunas de escarabajos coprófagos (Scarabaeinae y Aphodiinae) de dos zonas áridas en el centro de México: la Barranca de Metztitlán, Hidalgo y Zapotitlán Salinas, Puebla. En Zapotitlán Salinas el muestreo se llevó a cabo en junio de 1999 y 2007 en matorral xerófilo que alterna con bosque tropical caducifolio y matorral crassicaule. Para la colecta se utilizaron coprotrampas con distintos cebos. En el matorral crassicaule se colectaron 794 individuos pertenecientes a 6 especies de scarabaeinae y 4 especies de Aphodiinae, mientras que en el matorral xerófilo que alternaba con bosque tropical caducifolio se colectaron 11 especies de Scarabaeinae y 4 especies de Aphodiinae.

Los ensamblajes de escarabajos de ambas zonas (Metztitlán y Zapotitlán Salinas) se caracterizaron por la dominancia marcada, tanto en términos de individuos y biomasa, de una especie del género *Canthon* (Halffter *et al.* 2011).

Otro trabajo desarrollado en el mismo municipio donde se realizó el presente trabajo, fue llevado a cabo por Jiménez-Sánchez y colaboradores en el cual registran la abundancia, diversidad y riqueza de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. Los muestreos fueron llevados a cabo de abril de 1998 a marzo de 1999 en sitios caracterizados por mezquital, matorral espinoso, cardonal y vegetación alterada. Se obtuvo un total de 613 individuos agrupados en 12 géneros y 15 especies, solo 2 especies pertenecieron a Scarabaeidae y 2 especies de Trogidae. La especie *Canthon leechi* tuvo mayor abundancia en el mezquital ribereño (Jiménez- Sánchez *et al.* 2013).

En 2012 se publicó un trabajo sobre escarabajos copronecrófagos, realizado por Arriaga y colaboradores en zonas secas, entre Perote, Veracruz y San Salvador el Seco, Puebla. Las colectas fueron hechas durante la temporada de lluvias (julio, agosto y septiembre) del 2009 y 2010. Para la colecta se ocuparon trampas de caída con diferentes cebos, logrando recolectar un total de 9 especies y 960 individuos de Scarabaeinae, Aphodiinae y Trogidae. Encontraron que en conjunto, la fauna de este paisaje es pobre debido principalmente la naturaleza del suelo, el vulcanismo reciente y la baja disponibilidad de alimento. Además observaron que algunas especies se encontraban en un determinado tipo de suelo y que especies como *Canthon humectus humectus* y *Phanaeus quadridens* fueron más abundantes en las áreas de pastoreo de ganado debido probablemente a la disponibilidad de alimento (Arriaga *et al.* 2012).

Es evidente todo el esfuerzo que se ha realizado para incrementar el conocimiento sobre los coleópteros Scarabaeoidea en el estado, pero a pesar de ello la información disponible sobre las especies de escarabajos en Puebla es aún insuficiente para tener una idea clara de los fenómenos que se han desarrollado en el territorio estatal y alrededores, como parte de la intensa dinámica biótica que caracteriza a la zona de transición Mexicana (Morón 2013).

3. Justificación.

En la actualidad aún existen lugares a lo largo de la República Mexicana en los que se desconocen las especies de coleópteros Scarabaeoidea que los habitan. Estudios faunísticos locales realizados en 14 estados de la República Mexicana durante 36 años han permitido detallar parte de la distribución y hábitos de unas 900 especies, pero aún faltan datos de otras 800 especies referidas al país y de al menos 400 especies inéditas (Morón 2013). Esta situación nos indica que falta mucho trabajo de campo en distintas regiones de México y ello se debe en parte a la pobreza de recolectas en áreas poco habitadas por la población humana y que se han relegado por presentar complicaciones logísticas para su estudio (Morón 2003).

A pesar de los esfuerzos que se han realizado en el estado de Puebla, aún quedan muchos lugares sin explorar y la mayoría de los estudios de escarabajos que se han realizado en el estado se han concentrado en regiones con climas templados, cálidos y semi cálidos y con vegetación de encino, pino, pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, pastizal y zonas agrícolas, siendo poco exploradas las regiones caracterizadas por matorral xerófilo y un clima seco.

Además los estudios realizados en el estado se centran en obtener datos de riqueza y abundancia específica a lo largo de los meses de colecta (fenología), los cuales usualmente se han asociado con datos de precipitación y temperatura o bien, comparan la diversidad de zonas con vegetación conservada con vegetación perturbada, potreros o cultivos. Cabe señalar que en algunos de estos estudios en los que se ha colectado en diferentes cotas altitudinales el esfuerzo de muestro no hay sido el mismo en cada cota, por lo cual no existe para el estado un estudio de la diversidad de especies de Scarabaeoidea en cotas altitudinales distintas con el mismo esfuerzo de muestreo.

Por otro lado uno de los principales retos es la obtención de información precisa para estimar las diversidades alfa, beta y gamma de los coleópteros Scarabaeoideos en los principales paisajes ecológicos del país (Morón 2013).

Con base en lo anteriormente expuesto, se planificó realizar este estudio en una zona caracterizada por matorral xerófilo y un clima semiárido y así incrementar el conocimiento de la fauna de Coleoptera Scarabaeoidea en el estado de Puebla, aportando datos de su diversidad alfa y beta, así como de sus hábitos a través de un corto gradiente altitudinal en el cual varía la vegetación y el tipo de suelo.

4. Objetivos.

4.1. Objetivo general.

Determinar y caracterizar la fauna de Coleópteros Scarabaeoidea que habita en tres ambientes diferentes durante la época de lluvias y la época de secas en el “Cerro Chacateca” del valle de Zapotitlán de Salinas, Puebla.

4.2. Objetivos Particulares.

- Identificar las especies de los coleópteros Scarabaeoidea que habitan en el “Cerro Chacateca”.
- Elaborar un listado comentado de las especies de los coleópteros Scarabaeoidea que habitan en el “Cerro Chacateca”.
- Elaborar una colección entomológica de referencia, de las especies de los coleópteros Scarabaeoidea que habitan en el “Cerro Chacateca”.
- Comparar la abundancia, riqueza y diversidad de los coleópteros Scarabaeoidea durante la época de lluvias y la época de secas.
- Conocer la similitud y disimilitud (Diversidad beta) de la fauna de Scarabaeoidea entre la época de lluvias y la época de secas en el “Cerro Chacateca”.
- Comparar la abundancia, riqueza y diversidad de los escarabajos copro-necrófagos de los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.
- Conocer la similitud y disimilitud (Diversidad beta) de la fauna de escarabajos copro-necrófagos entre los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.
- Comparar cualitativamente las especies de escarabajos copro-necrófagos que se distribuyen en los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.
- Comparar la abundancia, riqueza y diversidad de los escarabajos fitófagos de los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.
- Conocer la similitud y disimilitud (Diversidad beta) de la fauna de escarabajos fitófagos entre los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.
- Comparar cualitativamente las especies de escarabajos fitófagos que se distribuyen en los sitios de estudio en el “Cerro Chacateca”.

5. Hipótesis.

Debido a los distintos hábitos y requerimientos bióticos y abióticos de las especies de los coleópteros Scarabaeoidea, se predice un cambio en la composición y estructura de las comunidades de escarabajos en las distintas épocas (lluvias y secas) y entre los tres sitios de estudio, dado que cada sitio se encuentra a distinta altitud y presenta condiciones particulares de temperatura, humedad, textura de suelo y vegetación.

6. Métodos.

6.1 Zona de Estudio.

El Valle de Zapotitlán Salinas pertenece a la Reserva de la Biósfera de Tehuacán-Cuicatlán y se encuentra en el municipio de Zapotitlán Salinas, al sureste del estado de Puebla (Fig. 1A). El valle tiene una superficie aproximada de 86.76 km², se ubica en los 18° 20' de latitud norte y 97° 28' de latitud oeste, con una altitud que va de los 1,460 msnm a los 2,600 msnm y se encuentra delimitado al oriente por la sierras de Atzingo y Miahuatepec, al norte por los cerros Chacateca y Pajarito, al poniente por el cerro La Mesa y al sur por el cerro Corral de Piedra (Arias-Toledo *et al.* 2001).

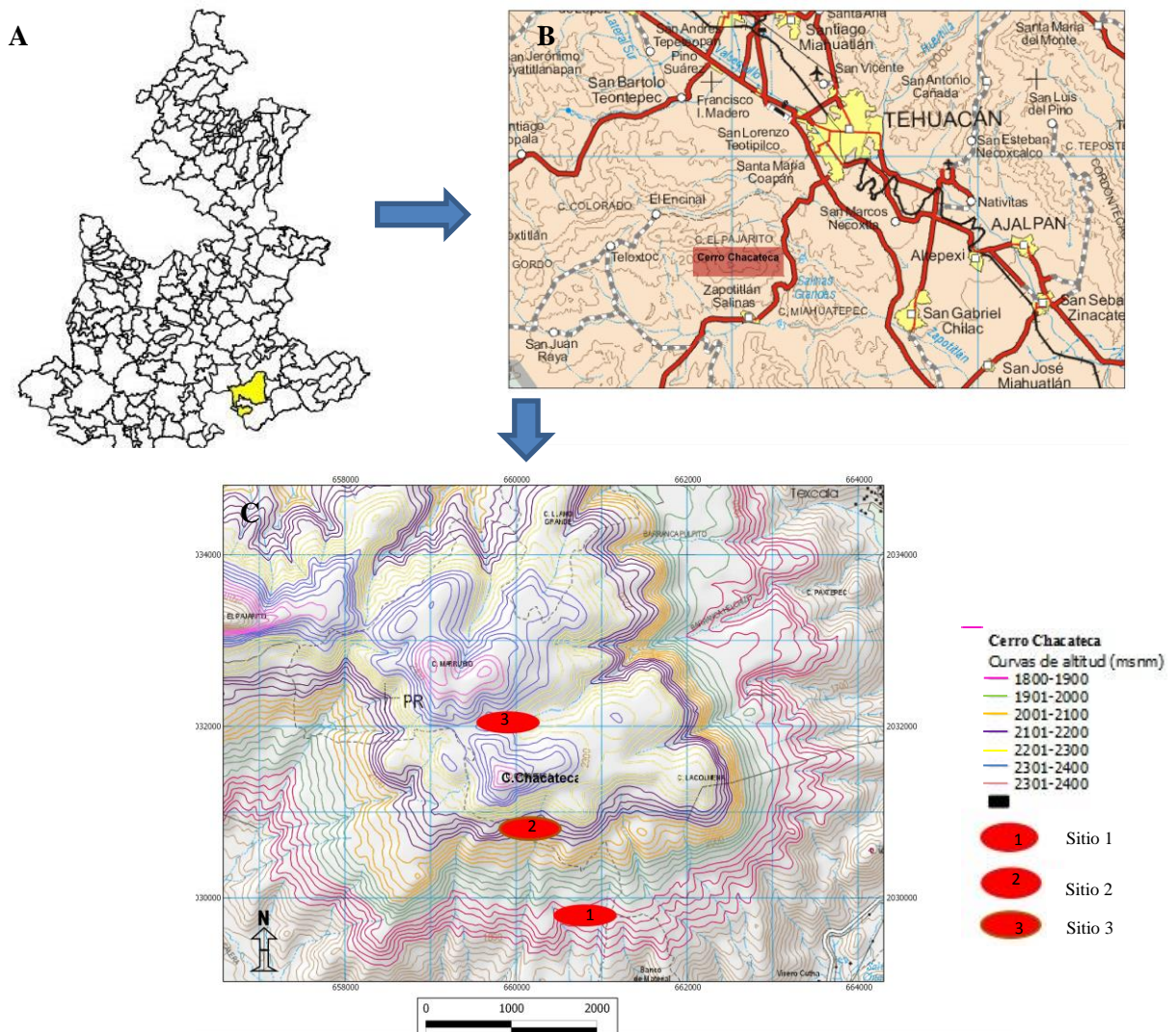


Figura 1. A) Ubicación del municipio de Zapotitlán Salinas en el estado de Puebla. B) Ubicación del cerro Chacateca dentro del Valle de Zapotitlán Salinas. C) Sitios de muestreo en el cerro Chacateca.

La zona presenta un clima predominantemente semiárido o seco con una temperatura media anual de 21.2°C y una precipitación anual de 380 mm. La época de lluvia va de mayo a septiembre y presenta una canícula bien definida a mitad de este periodo, mientras que la época de sequía va de octubre a abril. Los cambios en la temperatura pueden ser extremos, ya que en el día el sol provoca altas temperaturas y en la noche la temperatura puede descender por debajo de los 0°C (Arias-Toledo *et al.* 2001).

La vegetación del valle se incluye dentro del Matorral Xerófilo (Rzedowski 1978) y se pueden distinguir distintos grupos y asociaciones vegetales (Valiente-Banuet *et al.* 2000).

El Cerro Chacateca se encuentra ubicado al norte del valle (Fig. 1B) y su altitud va de los 1,600 a los 2,440 msnm. En este cerro se pueden encontrar ambientes muy heterogéneos, ya que existen diferencias en las características del suelo (textura, color, conductividad eléctrica, materia orgánica y pH), la riqueza de especies vegetales, la abundancia en las formas de vida de la vegetación, la precipitación y la temperatura a lo largo del gradiente altitudinal (Pavón *et al.* 2000).

En el cerro Chacateca ocurren actividades antropogénicas como es el pastoreo no extensivo por cabras y chivos, la extracción de ónix en algunas zonas de las faldas del cerro, la elaboración de pulque en un tinacal que se encuentra a 2,320 msnm y el festejo anual (3 de mayo) en donde los pobladores visitan la cruz ubicada cerca de la cumbre del cerro (Gutiérrez-García 2007).

Para el presente estudio se eligieron tres sitios entre los 1,858 msnm y los 2,319 msnm (Fig. 1C). Cada sitio fue elegido de acuerdo a las diferentes características de la vegetación, el tipo de suelo y la altitud (Cuadro 2). Los sitios 1 (Fig. 3) y 2 (Fig. 4) se ubican sobre la ladera sur oeste y el sitio 3 (Fig. 5) se ubica en la parte superior del cerro con inclinación hacia la ladera norte. Se realizaron dos muestreos, uno en época de lluvias (septiembre) (Fig. 2A) y otro en la época de secas (abril) (Fig. 2B).

Cuadro 2. Caracterización de los sitios de muestreo (Observaciones personales).

		Características del suelo			Características de la vegetación	
Sitio	Altitud (msnm)	Observaciones	Textura	Materia orgánica (%)	Especies de plantas predominantes	Observaciones
1	1,858-1,890 (Ladera sur)	Abundantes rocas	Franco arenoso arcilloso Arena (45.04%) Limo (25 %) Arcilla (29.96%)	7.20 Media alta o extremadamente rico	<i>Echinocactus platyacanthus</i> , <i>Yucca periculosa</i> , <i>Acacia subangulata</i> , <i>Acacia constricta</i> , <i>Prosopis laevigata</i> , <i>Pedilantus sp.</i>	En época de lluvias se puede observar abundante floración de asteráceas. Arbustos disgregados o en parches
2	2,051- 2,290 (Ladera sur)	Abundantes rocas Color del suelo: Grisáceo muy oscuro	Arcillosa Arena (28.04%) Limo (18.00%) Arcilla (53.96%)	9.30 Media alta o extremadamente rico	<i>Dasyliirion acrotriche</i> , <i>Agave verschaffeltii</i> , <i>Mitrocereus fulviceps</i> , <i>Cnidosculus tehuacanensis</i> , <i>Mimosa lacerata</i> , <i>Bursera sp.</i>	Vegetación muy cerrada Abundantes plantas con espinas
3	2,288- 2,319 (zona superior del cerro con inclinación hacia el norte)	Moderada cantidad de rocas, con espacios libres. Color del suelo: negro	Arcillosa Arena (22.76%) Limo (19.28%) Arcilla (57.96%)	10.68 Media alta o extremadamente rico	<i>Brahea dulcis</i> , <i>Brahea nitida</i> , <i>Quercus sp.</i> , <i>Opuntia sp.</i> , <i>Beaucarnea stricta</i> , <i>Nolina parvifolia</i> , <i>Agave salmiana</i> .	Abundantes palmas Presencia de encinos

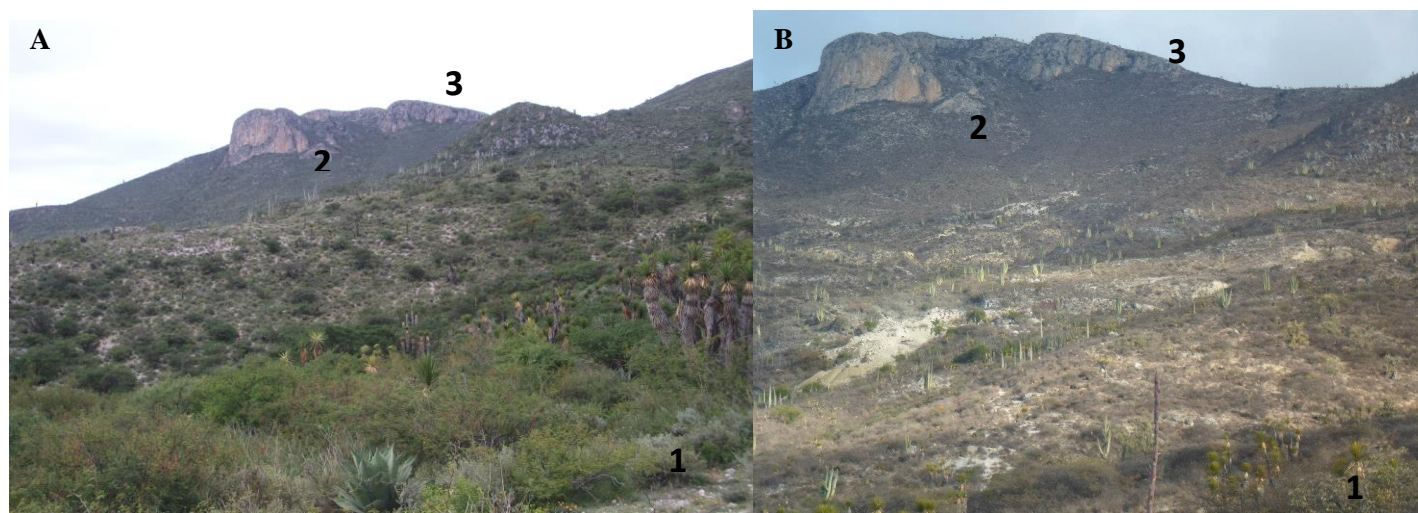


Figura 2. A) Cerro Chacateca durante la época de lluvias. B) Cerro Chacateca durante la época de secas.



Figura 3. A) Sitio1, durante la época de lluvias. B) Sitio 1, durante la época de secas.



Figura 4. A) Sitio 2, durante la época de lluvias. B) Sitio 2, durante la época de secas.



Figura 5. A) Sitio 3, durante la época de lluvias B) Sitio 3, durante la época de secas.

6.2. Trabajo de campo.

Se realizaron dos muestreos, uno efectuado durante la época de lluvias (del 20 al 22 de septiembre de 2011) y otro en la época de secas (del 28 al 30 de abril de 2012). Si bien la mayoría de los estudios realizados para este grupo de insectos han podido ser llevados a cabo durante todo un año, un muestreo más exhaustivo (en el tiempo) no implica necesariamente una mayor detección de la diversidad (Romero-Samper 2009). Además la selección de estos meses se decidió basándonos en los registros de precipitación de la estación climatológica de Zapotitlán Salinas (Fig.6) y como puede observarse el mes más propicio en la época de secas, para realizar una colecta es abril, mientras que para la época de lluvias es junio y septiembre.

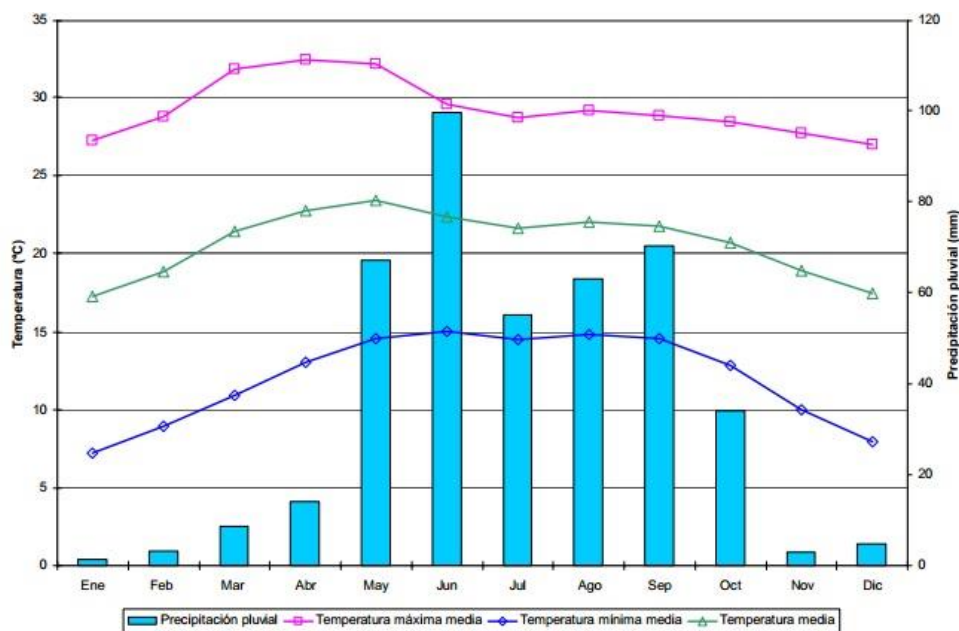


Figura 6. Distribución mensual de la precipitación pluvial y temperatura de la estación de Zapotitlán Salinas (SMN), Zapotitlán.

En los tres sitios y en cada época de muestreo se colocaron tres transectos lineales separados cada uno por 250 m, el primer transecto tuvo una distancia de 270 m en donde se distribuyeron 10 necrotrampas tipo NTP-80 (Morón y Terrón 1988) cebadas con calamar y separadas entre sí por 30 m. El segundo transecto tuvo una distancia de 120 m y se colocaron 5 trampas de fruta separadas por 30 m, empleando como cebo una mezcla de plátano fermentado, azúcar, vainilla y cerveza. El tercer transecto tuvo una distancia de 200

m y se colocaron 5 coprotrampas de caída (cuatro cebadas con excremento vacuno y una cebada con excremento humano) separadas 50 m una de la otra. Todas las trampas estuvieron activas durante tres días.

Además, en cada sitio se realizó un esfuerzo de 8 horas/hombre por día, en sitios aledaños a los transectos y en los caminos de acceso a los sitios, para la búsqueda manual de ejemplares, en la cual se revisó el follaje de las plantas, la hojarasca, tallos podridos, sobre las flores, bajo piedras y en excrementos.

Por dificultades logísticas, las colectas nocturnas se realizaron únicamente en el sitio 1 y en el sitio 3 en los dos periodos de colecta, para ello se colocó una trampa de luz tipo pantalla (Morón y Terrón 1988) en cada sitio, la cual operaba tres horas continuas cada noche (20:00-23:00 hrs), posteriormente los ejemplares colectados se sacrificaron en frascos con vapores de acetato de etilo, los cuales estaban debidamente etiquetados.

6.3. Trabajo de Gabinete.

Los ejemplares capturados fueron llevados al Laboratorio de Entomología, BUAP, donde se les extrajo la genitalia y fueron montados en seco usando alfileres entomológicos (Morón y Terrón 1988) para su posterior identificación a nivel de especie. A cada ejemplar se le colocó una etiqueta de colecta y otra con el nombre de la especie, con estos ejemplares se elaboró una colección entomológica de referencia para los sitios de estudio.

Los ejemplares fueron identificados a nivel específico por la autora, para ello fueron utilizadas las claves dicotómicas para adultos de Coleóptera Scarabaeoidea del estado de Puebla (Morón 2013) y de la Sierra del Tentzo, Puebla (Morón *et al.* 2000). Las identificaciones fueron corroboradas por el Dr. Miguel Ángel Morón especialista en el grupo.

6.4. Caracterización del suelo

Las características del suelo por sitio fueron consideradas homogéneas, así en cada sitio fueron tomadas tres submuestras de suelo de 0 a 30 cm de profundidad, en cada transecto donde fueron colocadas las trampas para los escarabajos. Posteriormente las submuestras se mezclaron para formar una muestra compuesta por cada sitio. Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Microbiología de Suelos, BUAP, donde el M.C. Carcaño Montiel determinó la textura y cantidad de materia orgánica de las muestras (SEMARNAT 2002).

6.5. Análisis de Datos.

En primer lugar se analizó a la superfamilia Scarabaeoidea por época (lluvias y secas) en todo el cerro Chacateca. Para ello se cuantificaron los siguientes parámetros: riqueza de especies y sus abundancias, así como una prueba de hipótesis para saber si existen o no diferencias significativas entre éstas, además se determinó la diversidad alfa y la diversidad beta.

Posteriormente se analizaron las familias de Scarabaeoidea por sitio y de manera independiente de acuerdo al gremio alimenticio al que pertenecen la mayoría de las especies dentro de cada familia; de esta manera los Scarabaeidae que son en su mayoría coprófagos o necrófagos y los Trogidae que aunque no son estrictamente copro-necrófagos se ha observado que son atraídos por los excrementos de herbívoros y carnívoros (Deloya 2003 y Romero-Samper 2009), se analizaron de manera conjunta. Por otra parte los escarabajos fitófagos, como Melolonthidae y Cetoniidae que en su mayoría se alimentan de tejidos y secreciones vegetales se analizaron de manera independiente.

Para cada familia se analizó la eficiencia del muestreo en cada sitio y por método de colecta, la riqueza de especies y sus abundancias, así como una prueba de hipótesis para saber si existen o no diferencias significativas entre éstas, además se realizaron diagramas de rango-abundancia, se determinó la diversidad alfa y sus intervalos de confianza al 95%, la diversidad beta y se calculó el porcentaje de riqueza y número de individuos referente a los hábitos de las especies en cada sitio.

Debido a que de las familias Passalidae y Geotrupidae solo se encontraron una especie y en un solo sitio de estudio, se procedió únicamente a la identificación de las especies y el conteo de individuos.

6.5.1. Riqueza de especies y abundancia.

La riqueza específica por época y en cada sitio de estudio se obtuvo haciendo un conteo total de las especies colectadas. Para la abundancia se contabilizó el número de individuos por especie para finalmente obtener los totales por época y por sitio.

6.5.2. Prueba de hipótesis para la riqueza y la abundancia de especies.

Se utilizó una prueba de Chi cuadrada para determinar si el número de especies y de individuos capturados (abundancia) eran independientes de la época para la superfamilia Scarabaeoidea y del sitio de muestreo para cada una de las familias. El análisis se realizó con el programa Past 3.0 (Hammer *et al.* 2013).

6.5.3. Eficiencia del muestreo.

Para estimar el grado de completitud del muestreo para las familias en cada sitio, se realizaron curvas de acumulación, en las cuales se representa el número de especies acumulado en el inventario frente al esfuerzo de muestreo empleado (Jiménez-Valverde y Hortal 2003).

En el caso de las familias Scarabaeidae y Trogidae el esfuerzo de muestreo se tomó como el número de coprotrampas y necrotrampas (NTP-80) colocadas en los dos periodos de muestreo, además, se incorporaron como dos muestras más el número total de horas de colecta directa de cada época, dado que las horas de colecta directa por época suman 24 horas/hombre en cada sitio y a que se realizaron de manera sistemática, estos datos se pueden incorporar en el análisis (Villarreal *et al.* 2006, Escobar 2000).

Para la familia Melolonthidae y Cetoniidae el esfuerzo de muestreo se tomó como el número de días, y cada unidad (los días) engloba las cinco trampas de fruta, la trampa de luz activa por tres horas y las horas de colecta directa en cada periodo.

Para el análisis se utilizaron dos estimadores no paramétricos: Chao 1 y Bootstrap, ya que estos no se ajustan a un modelo matemático determinado, y a que las distribuciones

de los datos obtenidos en las colectas no presentaron normalidad. Para obtener los estimadores se utilizó el programa EstimateS V. 9.1.0 (Colwell 2013) y con el fin de eliminar el efecto del orden en que son agregadas las muestras y del que se engloban las diferentes técnicas de muestreo se realizaron 100 aleatorizaciones (Pineda-López y Verdú-Faraco 2013).

Bootstrap

$$\text{Bootstrap} = S + \sum (1-p_j)^n$$

Dónde: p_j = La proporción de unidades de muestreo que contienen a cada especie j .

Estima la riqueza de especies a partir de la proporción de muestras que contienen a cada especie (Villarreal *et al.* 2006)

Chao 1

$$\text{Chao 1} = S + a^2/2b$$

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra y utiliza datos de abundancia. S es el número de especies en una muestra, a es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (“*singletons*”) y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (“*doubletons*”) (Moreno 2001).

6.5.4. Eficiencia de los métodos de colecta.

Se obtuvieron los porcentajes del número de individuos y del número de especies que se capturaron por cada tipo de trampa y por colecta directa en cada sitio de estudio. Además, se contabilizó el número de especies exclusivas de cada método de colecta.

6.5.5. Diagramas de rango-abundancia.

Una de las mejores maneras de visualizar la distribución de la abundancia de las especies es por medio de los diagramas de rango-abundancia, ya que con esta representación se puede observar la dominancia y la equidad de una comunidad y compararla con otras. El procedimiento para realizar estos diagramas consistió en obtener la proporción de la abundancia de las especies (p_i), para posteriormente calcular su logaritmo (\log_{10}). Las especies fueron ordenadas de la más abundante a la menos abundante para graficarlas en el eje X y los valores de $\log_{10}p_i$ se colocaron en el eje Y (Magurran 2004).

6.5.6. Diversidad alfa.

La diversidad alfa se evaluó mediante el número de especies efectivas en las comunidades, utilizando la diversidad ‘verdadera’ de orden 1 (Jost 2006). La diversidad verdadera corresponde a la diversidad virtual de una comunidad integrada por S especies representadas todas por el mismo número de individuos (especies efectivas); es decir, igualmente repartidas en la muestra (Moreno *et al.* 2011). Los números efectivos de especies se pueden interpretar fácilmente en términos biológicos e inclusive se puede evaluar directamente la magnitud de cambio entre comunidades (Pineda-López y Verdú-Faraco 2013).

La fórmula para obtener la diversidad verdadera es:

$${}^1D = \exp\left(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i\right) = \exp(H')$$

Donde p_i : abundancia relativa de la especie i en la comunidad, y H' : valor del índice de entropía de Shannon

El valor de la diversidad verdadera y sus intervalos de confianza al 95% se calcularon con el programa SPADE (Chao y Shen 2009). Mediante los intervalos de confianza se determinó si existían diferencias significativas en la diversidad (Moreno *et al.* 2011).

6.5.7. Diversidad beta.

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de reemplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales y puede evaluarse con base en índices o coeficientes de similitud, de disimilitud o de distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos o cuantitativos o bien con índices de diversidad beta propiamente dichos (Moreno 2001).

La similitud de la fauna entre épocas y sitios se calculó con el índice de Jaccard basado en abundancias y que incorpora los efectos de las especies compartidas no vistas (Chao *et al.* 2005). El intervalo de valores de este índice va de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (Moreno 2001). Este índice se calculó con el programa SPADE (Chao y Shen 2009).

A partir de los valores encontrados de similitud (s) se pueden calcular los de disimilitud (d) entre las muestras: $d = 1-s$ (Magurran 1988, en Moreno 2001), así que de esta manera calculamos la disimilitud entre las comunidades de estudio.

6.5.8. Hábitos de la fauna de escarabajos.

En el caso de los escarabajos copro-necrófagos se analizó el tipo de nidificación y del manejo del excremento de las especies (Halfpter y Edmonds 1982) y en el caso de las familias Melolonthidae y Cetoniidae se analizaron los hábitos alimenticios de las especies (Morón 2013). En ambos casos se realizó un conteo del número de especies y de sus abundancias por hábito y se obtuvieron sus respectivos porcentajes para después representarlos en gráficas.

7. Resultados.

7.1. Especies de Scarabaeoidea presentes en el Cerro Chacateca del valle de Zapotitlán de Salinas, Puebla.

Se colectaron 1,315 ejemplares de adultos, los cuales representan a 25 especies incluidas en 16 géneros y seis familias de Scarabaeoidea, las cuales se enlistan a continuación:

Familia Melolonthidae

1. Melolonthinae

A) Melolonthini, Diplotaxina

Diplotaxis angularis LeConte, 1856

Diplotaxis mexcala Vaurie, 1960

Diplotaxis tarsalis Schaeffer, 1907

B) Melolonthini, Rhizotrogina

Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca Morón y Aragón, 1997

Phyllophaga (Listrochelus) sp.1

2. Dynastinae

A) Dynastini

Golofa (Golofa) tepaneneca Morón, 1995

Familia Cetoniidae

1. Cetoniinae

A) Cetoniini, Cetoniina

Chlorixanthe flavoviridis Thomson, 1860

Euphoria basalis (Gory y Precheron, 1833)

Euphoria canescens (Gory y Percheron, 1833)

Euphoria dimidiata (Gory y Percheron, 1833)

Euphoria leucographa (Gory y Percheron, 1833)

Euphoria subtomentosa (Mannerheim, 1833)

Familia Scarabaeidae

1. Scarabaeinae

A) Scarabaeini, Canthonina

Canthon (Canthon) humectus (Say, 1832)

B) Phanaeini

Phanaeus quadridens Say, 1835

C) Oniticellini, Oniticellina

Euoniticellus intermedius (Reiche, 1850)

D) Onthophagini

Onthophagus durangoensis Balthasar, 1939

Onthophagus mexicanus Bates, 1887

Onthophagus lecontei Harold, 1871

2. Aphodiinae

A) Aphodiini

Labarrus pseudolividus (Balthasar, 1950)

Agrylinus aztecus (Harold, 1863)

Planolinellus vittatus (Say, 1825)

Blackburneus saylorea (Robinson, 1940)

Familia Trogidae

1. Omorginae

Omorgus mictlensis Deloya, 1995

Familia Geotrupidae

1. Bolboceratinae

Bolborhombus sallaei sallaei (Bates, 1887)

Familia Passalidae

1. Passalinae

A) Passalini

Ptichopus angulatus Percheron, 1835

7.2. Listado comentado de las especies colectadas en el Cerro Chacateca del valle de Zapotitlán de Salinas, Puebla.

Familia Melolonthidae

Subfamilia Melolonthinae

Tribu Melolonthini

Subtribu Diplotaxina

Género *Diplotaxis* Kirby, 1837

Diplotaxis angularis LeConte, 1856. (Lám.1.A) Se obtuvieron cinco individuos capturados en trampa de luz en abril de 2012, en el sitio 1 a los 1,876 msnm se capturaron tres ejemplares y en el sitio 3 a los 2,288 msnm se colectaron dos ejemplares. En México esta especie se distribuye en Aguas calientes, Chihuahua, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, San Luis Potosí y Zacatecas. En el estado de Puebla se le ha encontrado en las regiones de Chiautla de Tapia, Huehuetlán el Grande, el Valle de Puebla y el Valle de Tehuacán (Zapotitlán Salinas).

Diplotaxis mexcala Vaurie, 1960. (Lám.1.B) Se obtuvieron cinco ejemplares capturados en trampa de luz en abril de 2012, en el sitio 3 a los 2,288 msnm. En México esta especie se distribuye en Guerrero y en el estado de Puebla, se encontró un ejemplar en el Valle de Tehuacán (Zapotitlán Salinas).

Diplotaxis tarsalis Schaeffer, 1907. (Lám.1.C) Se obtuvieron seis ejemplares en el mes de abril de 2012 por medio de la trampa de luz colocada en el sitio 3 a los 2,288 msnm. En México esta especie se distribuye en Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Hidalgo, Jalisco, México y Michoacán. En Puebla sólo se le ha colectado en la región del Iztaccíhuatl y del Popocatepetl; por lo que esta especie constituye un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Subtribu Rhizotrogina

Género *Phyllophaga* Harris, 1827

Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca Morón y Aragón, 1997. (Lám.1.D) Se obtuvo un ejemplar en el sitio 1 a los 1,876 msnm por medio de trampa de luz en el mes de abril de 2012. En el estado de Puebla esta especie se distribuye en el Valle de Tehuacán (Zapotitlán Salinas y San Luis Atolotitlán).

Phyllophaga (Listrochelus) sp.1. (Lám.1.E) Se obtuvieron tres ejemplares, dos en septiembre del 2011 y uno en abril de 2012, en el sitio 3 a los 2,288 msnm por medio de trampa de luz. Todos los ejemplares capturados fueron hembras por lo cual no fue posible determinar la especie.

Subfamilia Dynastinae

Tribu Dynastini

Género *Golofa* Hope 1837

Golofa (Golofa) tepaneneca Morón, 1995. (Lám.3.A) Se obtuvieron tres ejemplares, una hembra capturada durante el mes septiembre de 2011 en el sitio 2 a los 2,051 msnm enterrada en el suelo y dos machos, uno capturado en abril de 2012 enterrado en el suelo debajo de una piedra en el sitio 3 a los 2,316 msnm y el otro se encontró muerto bajo un cactus cerca del sitio 2 en el mes de junio de 2011. Es una especie muy rara que solo se ha encontrado en el estado de Puebla en la región del Valle de Puebla (El Aguacate, El Tepenene, Tecali y en la Sierra del Tentzo). Por lo cual los ejemplares capturados en el cerro Chacateca son un nuevo registro de la especie para el Valle de Tehuacán.

Familia Cetoniidae

Subfamilia Cetoniinae

Tribu Cetoniini

Subtribu Cetoniina

Género *Chlorixanthe* Bates, 1889

Chlorixanthe flavoviridis Thomson, 1860. (Lám.2.A) Se obtuvieron un total de 24 ejemplares en abril de 2012 en el sitio 3 entre los 2,288-2,293 msnm, todos los ejemplares fueron capturados por colecta directa en flores de *Opuntia* sp. Es una especie muy rara, que únicamente se había registrado en Cacaloapan, Tecamachalco, El Aguacate, Puebla y en Oaxaca y Etlá, Oaxaca.

Género *Euphoria* Burmeister 1842

Euphoria basalis (Gory y Precheron, 1833). (Lám.2.B) Se obtuvieron un total de cinco ejemplares en el mes de septiembre de 2011 en el sitio 1 fue capturado un ejemplar mediante colecta directa a los 1,873 msnm y en el sitio 3 fueron capturados cuatro ejemplares por medio de trampas de fruta a los 2,313 msnm. Es una especie de amplia distribución en el país, excepto en las Penínsulas de Baja California y Yucatán. En Puebla se ha encontrado en la región de Chignahuapan, Huehuetlán el Grande, Zacatlán, Citlaltépetl, Popocatepetl, Valle de Puebla y el Valle de Tehuacán.

Euphoria canescens (Gory y Percheron, 1833). (Lám.2.C) Se obtuvieron un total de 13 ejemplares, durante el mes de septiembre de 2011 en el sitio 1 a los 1,863-1,890 msnm, todos los ejemplares fueron capturados mediante colecta directa en flores de Asteraceae. En México ha sido registrada para los estados de Aguas calientes, Guanajuato y Veracruz. En el estado de Puebla solo se había encontrado en el Valle de Puebla (Tecali de Herrera, El Aguacate). Por lo cual la especie constituye un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Euphoria dimidiata (Gory y Percheron, 1833). (Lám.2.D) Se obtuvo un ejemplar durante el mes de septiembre de 2011 en el sitio 1 a los 1,890 msnm, el cual fue colectado sobre una flor de Asteraceae. En México, se ha encontrado en San Luis Potosí, Veracruz, Guanajuato, Hidalgo, Colima Michoacán, Chiapas, Jalisco, Guerrero, Morelos. En el estado de Puebla ha sido registrada en el Valle de Puebla (Tecali de Herrera, Puebla). Por lo cual, la especie constituye un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Euphoria leucographa (Gory y Percheron, 1833). (Lám.2.E) Se obtuvieron dos ejemplares en el sitio 1 durante septiembre de 2011, uno se capturó sobre una flor de Asteraceae a los 1,890 msnm y el otro se capturo en una trampa de fruta a los 1,859 msnm. Es una especie común registrada en Sonora, Chihuahua, Durango, Nayarit, Colima, Michoacán, Guanajuato, Distrito Federal, Hidalgo, Veracruz, Oaxaca, Jalisco, Guerrero, Morelos y Chiapas. En el estado de Puebla se ha encontrado en el municipio de Chiautla de Tapia. Por lo que el ejemplar capturado en el cerro Chacateca, constituye un nuevo registro de la especie para el Valle de Tehuacán.

Euphoria subtomentosa (Mannerheim, 1833). (Lám.2.F) Se capturaron 128 ejemplares durante el mes de septiembre de 2011 sobre flores de Asteraceae en el sitio 1 entre los 1,863 y 1,873 msnm. En México ha sido reportada para los estados de Colima, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán y Oaxaca. En el estado de Puebla se ha encontrado en el municipio de Chiautla de Tapia y para el Valle de Puebla (El Aguacate, Puebla, Tecali de Herrera, La Joya) y el Valle de Tehuacán.

Familia Scarabaeidae

Subfamilia Scarabaeinae

Tribu Scarabaeini

Subtribu Canthonina

Género *Canthon* Hoffmannsegg 1817

Canthon (Canthon) humectus (Say, 1832). (Lám.3.B) Se colectaron siete individuos en el mes de septiembre de 2011, un ejemplar se capturó en el sitio 1 a los 1,886 msnm en una coprotrampa cebada con excremento vacuno, tres ejemplares se capturaron en el sitio 2 en coprotrampas cebadas con excremento vacuno a los 2,140 msnm y los otros tres se colectaron en el sitio 3 en coprotrampas cebadas con excremento vacuno y humano a los 2,319 msnm. Esta especie se distribuye en el Altiplano Central de México y de Oaxaca, de Chiapas y de Guatemala. En el estado de Puebla ha sido reportada en las regiones de Chignahuapan, Huehuetlán el Grande y el Valle de Puebla (El Aguacate). Por lo cual, esta especie representa un nuevo registro para la región del Valle de Tehuacán.

Tribu Phanaeini

Género *Phanaeus* MacLeay 1819

Phanaeus quadridens Say, 1835. (Lám.3.C y D) Se colectaron siete individuos durante el mes de septiembre de 2011, en el sitio 2 a los 2,210 msnm se colectaron tres individuos en coprotrampa cebada con excremento vacuno y en el sitio 3 se colectaron cuatro individuos en coprotrampas cebadas con excremento vacuno y humano a los 2,319 msnm. Esta especie se distribuye en gran parte del Altiplano, desde el eje Volcánico Transversal del centro- sur del país, por el lado del este de la Sierra Madre Occidental hasta entrar al suroeste de Arizona; además, se ha reportado en el municipio de Chignahuapan, Puebla. Esta especie representa un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Tribu Oniticellini
Subtribu Oniticellina
Género *Euoniticellus* Janssens 1953

Euoniticellus intermedius (Reiche, 1850). (Lám.3.E) Se obtuvieron dos ejemplares, una hembra y un macho durante septiembre de 2011 en el sitio 1 mediante colecta directa en excremento de caballo a los 1,871 msnm. Es un elemento africano introducido intencionalmente en Texas, EUA, desde donde se ha dispersado en casi todo el norte y centro de México. En el estado de Puebla se ha reportado en las regiones de Chiautla de Tapia, Huehuetlán el Grande, Popocatépetl, el Valle de Puebla y el Valle de Tehuacán.

Tribu Onthophagini
Género *Onthophagus* Latreille 1802

Onthophagus durangoensis Balthasar, 1939. (Lám.3.F) Se obtuvieron un total de 153 ejemplares. Durante septiembre de 2011 en el sitio 1 se colectaron 16 ejemplares en coprotrampas (6) y mediante colecta directa sobre excremento de caballo (7) a los 1,871 msnm; en el sitio 2 se colectaron 34 ejemplares en coprotrampas (33) y mediante colecta directa en excremento vacuno (1) entre los 2,070 y 2,278 msnm; en el sitio 3 se colectaron 100 ejemplares durante septiembre de 2011 en coprotrampas (87) y colecta directa en excremento vacuno (13) y tres ejemplares en abril de 2012 en coprotrampas y colecta directa en excremento vacuno (1) entre los 2,294 y los 2,316 msnm. En México, se encuentra en Hidalgo, Guanajuato y Veracruz. En el estado de Puebla se ha registrado en las regiones de Cuetzalan, el Popocatépetl y el Valle de Tehuacán (Zapotitlán Salinas).

Onthophagus mexicanus Bates, 1887. (Lám.4.A) Se colectaron 861 ejemplares, en el sitio 2 se colectaron 212 ejemplares en septiembre de 2011 mediante coprotrampas (211) y en colecta directa en excremento de vaca (1), además de un ejemplar en abril del 2012 mediante colecta directa en excremento de caballo entre los 2,070 y los 2,290 msnm. En el sitio 3 se colectaron 641 ejemplares en septiembre de 2011 en coprotrampas (618) y mediante colecta directa en excremento de vaca (23), además de siete ejemplares en abril de 2012 entre los 2,293 y 2,316 msnm. Es una especie común que se ha registrado en el Distrito Federal, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Veracruz. En el estado de Puebla se ha registrado en las

regiones de Chignahuapan, Huehuetlán el Grande, Zacatlán, Matlalcuéytl, Popocatépetl, Valle de Puebla y Valle de Tehuacán.

Onthophagus lecontei Harold, 1871. (Lám.4.B) Se colectaron 41 ejemplares en el sitio 3 durante septiembre de 2011 en coprotrampas cebadas con excremento humano (14) y excremento vacuno (27) entre los 2,306 y los 2,316 msnm. Esta especie tiene amplia distribución en las montañas y altiplanos del centro, sur y noreste de México. En el estado de Puebla se ha encontrado en las regiones de Chignahuapan, Huehuetlán el Grande, Matlalcuéytl, Popocatépetl, Valle de Puebla y el Valle de Tehuacán.

Subfamilia Aphodiinae

Tribu Aphodiini

Género *Labarrus* (Labarrus) Mulsant and Rey, 1870

Labarrus pseudolividus (Balthasar, 1950). (Lám.4.C) Se encontró un ejemplar en el sitio 3 a los 2,298 msnm en abril de 2012 mediante colecta directa en excremento de vaca. Presenta una amplia distribución desde los Estados Unidos hasta Sudamérica y en México se le ha capturado en 16 estados. En el estado de Puebla se ha reportado en la región de Chiautla de Tapia, Huehuetlán el Grande, Teziutlán, Popocatépetl, Valle de Puebla y Valle de Tehuacán (Tehuacán y Zapotitlán Salinas).

Género *Agrilinus* Musant and Rey 1870

Agrilinus aztecus (Harold, 1863). (Lám.4.D) Se encontró un ejemplar en el sitio 3 a los 2,319 msnm en septiembre de 2011, en una coprotrampa cebada con excremento vacuno. Esta especie se ha registrado en Guerrero, Hidalgo, México, Oaxaca, Veracruz y Guatemala. En el estado de Puebla se ha reportado en la región de Chiautla de Tapia y del Citlaltépetl (Tlalchichuca y Ahuatepec). Esta especie es un nuevo registro para la región del Valle de Tehuacán.

Género *Planolinellus* Dellacasa and Dellacasa 2005

Planolinellus vittatus (Say, 1825). (Lám.4.E) Se encontraron 16 ejemplares en el sitio 3 a los 2,319 msnm en septiembre de 2011 en coprotrampas cebadas con excremento vacuno. En México se distribuye en los estados de Chiapas, Guanajuato, Hidalgo, Morelos, Tabasco y Veracruz. Esta especie es un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Género *Blackburneus* Schmidt 1913

Blackburneus saylorea (Robinson, 1940). (Lám.4.F) Se encontraron dos ejemplares en el sitio 3 a los 2,319 msnm en septiembre de 2011 en coprotrampas cebadas con excremento vacuno. Esta especie ha sido cita para el estado de Puebla, tiene una amplia distribución en el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental, y la Sierra Madre del Sur. Esta especie es un nuevo registro para el Valle de Tehuacán.

Familia Trogidae

Género *Omorgus* Erichson 1847

Omorgus mictlensis Deloya, 1995. (Lám.5.B) Se encontró un individuo en el sitio 1 a los 1,858 msnm en septiembre de 2011, capturado mediante colecta directa en excremento de caballo. Esta especie ha sido reportada para el estado de Puebla en Tepeyehualco y el Valle de Tehuacán (Zapotitlán Salinas).

Familia Geotrupidae

Subfamilia Bolboceratinae

Género *Bolborhombus* Cartwright 1953

Bolborhombus sallaei sallaei (Bates, 1887). (Lám.5.A) Se encontraron cuatro individuos en septiembre de 2011 en el sitio 3 a los 2,288 msnm, los ejemplares fueron capturados por medio de trampa de luz. La especie tiene una amplia distribución en México pero no es común, se ha encontrado en Durango, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Coahuila, Sinaloa y Sonora. En el estado de Puebla se ha encontrado en Acatlán y Tehuacán.

Familia Passalidae
Subfamilia Passalinae
Tribu Passalini
Género *Ptichopus* Kaup 1869

Ptichopus angulatus Percheron, 1835. (Lám.5.C) Se encontraron 10 individuos en el sitio 1 a los 1,859 msnm, en septiembre de 2011 se colectaron dos ejemplares y en abril de 2012 se colectaron ocho ejemplares. Es una especie muy común y de muy amplia distribución en el país. En el estado de Puebla ha sido colectada en la región de Chiautla de Tapia, Cuetzalan, Huehuetlán el Grande, Popocatepetl, Valle de Puebla y el Valle de Tehuacán.

7.3. Abundancia y Riqueza total de Scarabaeoidea en el Cerro Chacateca.

La mayor riqueza de especies por familia la presentó Scarabaeidae (10 especies) seguida de Melolonthidae (6 especies) y Cetoniidae (6 especies). Las familias Trogidae, Passalidae y Geotrupidae solo estuvieron representadas por una especie cada una: *Omorgus mictlensis*, *Ptichopus angulatus* y *Bolborhombus sallaei sallaei* respectivamente, de las cuales la especie perteneciente a la familia Trogidae y Passalidae solo se encontraron en el sitio 1 y la especie de la familia Geotrupidae solo se encontró en el sitio 3.

La mayor riqueza genérica la obtuvo la familia Scarabaeidae (8 géneros), seguida de Melolonthidae (3 géneros) y Cetoniidae (2 géneros). Las familias Trogidae, Passalidae y Geotrupidae solo tuvieron un género.

La mayor abundancia la obtuvo la familia Scarabaeidae (1,091 individuos), seguida de Cetoniidae (187 individuos), Melolonthidae (22 individuos), Passalidae (10 individuos), Geotrupidae (4 individuos) y Trogidae (1 individuo).

7.4. Abundancia, Riqueza de Scarabaeoidea durante la época de lluvias y la época de secas en el Cerro Chacateca.

En la época de lluvias (septiembre) se registraron seis familias de Scarabaeoidea, el 48% de las especies estuvieron representadas por la familia Scarabaeidae, el 26% por la familia Cetoniidae y el 11% por Melolonthidae. En la época de secas (abril) se registraron cuatro familias y el 55% de las especies estuvieron representadas por la familia Melolonthidae y el 27% por la familia Scarabaeidae (fig.7).

Durante la época de lluvias (septiembre) se registró la mayor cantidad de especies y de individuos (19 especies y 1,252 individuos), mientras que en la época de secas (abril) se registró una menor riqueza y abundancia (11 especies y 63 individuos) (Cuadro 3). De acuerdo a la prueba de hipótesis (Chi Cuadrada) la riqueza de especies no dependen de la época ($\chi^2= 1.086$, $p= 0.297$), pero la abundancia de Scarabaeoidea si depende de la época ($\chi^2= 675.5$, $p= 6.360E-149$).

La especie más abundante de la temporada de lluvias fue *Onthophagus mexicanus* con 857 individuos la cual se encontró en el sitio 3 y la especie más abundante de la temporada de secas fue *Chlorixanthe flavoviridis* con 24 individuos la cual se encontró en el mismo sitio.

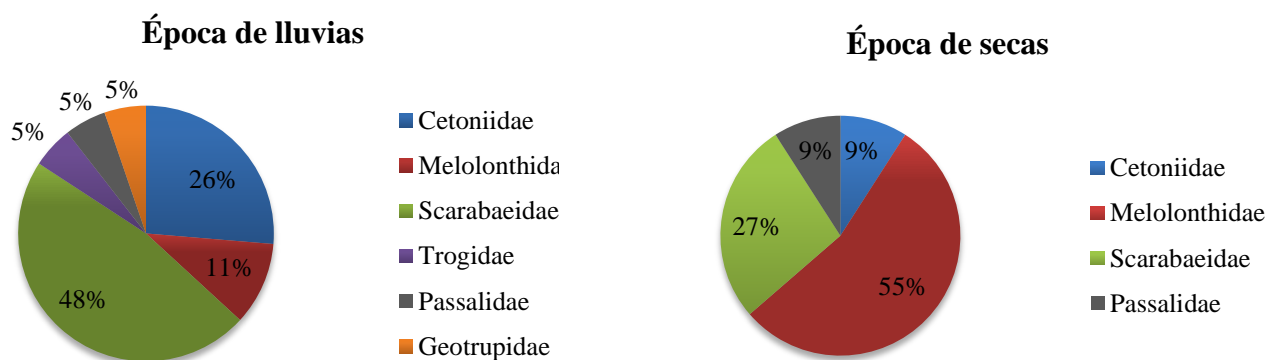


Figura 7. Porcentajes de la riqueza por familia por época.

7.4.1. Diversidad alfa.

A pesar de que hubo una mayor abundancia y riqueza durante la época de lluvias, la mayor diversidad se registró durante la época de secas con 6.86 especies efectivas, mientras que la época de lluvias solo registro 3.12 especies efectivas. Es decir, la época de secas registró más del doble (2.19 veces más) de la diversidad de Scarabaeoidea que la época de lluvias. Además, los intervalos de confianza al 95% no se solapan, lo que nos indica que existe una diferencia significativa en la diversidad de ambas épocas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Abundancia de cada especie por periodo. En la parte inferior se presenta la abundancia y riqueza total, además de la diversidad y sus intervalos de confianza al 95%.

Especie	Lluvias (septiembre)	Secas (abril)
Familia Melolonthidae		
<i>Phyllophaga (Listrochelus) sp. 1</i>	2	1
<i>Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca</i>	0	1
<i>Diplotaxis tarsalis</i>	0	6
<i>Diplotaxis angularis</i>	0	5
<i>Diplotaxis mexcala</i>	0	5
<i>Golofa tepaneneca</i>	1	1
Familia Cetoniidae		
<i>Euphoria subtomentosa</i>	142	0
<i>Euphoria canescens</i>	13	0
<i>Euphoria leucografa</i>	2	0
<i>Euphoria basalis</i>	5	0
<i>Euphoria dimidiata</i>	1	0
<i>Chlorixanthe flavoviridis</i>	0	24
Familia Scarabaeidae		
<i>Onthophagus durangoensis</i>	150	3
<i>Onthophagus mexicanus</i>	857	8
<i>Onthophagus lecontei</i>	37	0
<i>Euoniticellus intermedius</i>	2	0
<i>Canthon (Canthon) humectus</i>	7	0
<i>Phaneus quadridens</i>	7	0
<i>Labarrus pseudolividus</i>	0	1
<i>Planolinellus vittatus</i>	16	0
<i>Agrylinus aztecus</i>	1	0
<i>Blackburneus saylorea</i>	2	0
Familia Trogidae		
<i>Omorgus mictlensis</i>	1	0
Familia Geotrupidae		
<i>Bolborhombus sallaei sallaei</i>	4	0
Familia Passalidae		
<i>Ptichopus angulatus</i>	2	8
Número total de individuos	1252	63
Riqueza de especies	19	11
Diversidad (número efectivo de especies)	3.12	6.86
Intervalos de confianza (95%)	3.35-2.90	8.38-5.34

7.4.2. Diversidad beta.

El valor de similitud de la fauna de Scarabaeoidea entre las dos épocas que nos proporcionó el índice de Jaccard con datos cuantitativos fue de 0.31, por lo cual podemos decir que la fauna de las dos épocas son semejantes un 31% o diferentes un 69% según el valor de disimilitud. En la temporada de lluvias se encontraron 14 especies exclusivas y en la temporada de secas solo seis especies exclusivas, compartiendo cinco especies entre épocas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Especies exclusivas por época y especies compartidas entre épocas.

Especies exclusivas de la época de lluvias	Especies compartidas entre épocas	Especies exclusivas de la época de secas
<i>Euphoria subtomentosa</i>	<i>Phyllophaga (Listrochelus)</i> sp. 1	<i>Phyllophaga (Listrochelus)</i> <i>cuicateca</i>
<i>Euphoria canescens</i>	<i>Golofa tepaneneca</i>	<i>Diplotaxis tarsalis</i>
<i>Euphoria leucografa</i>	<i>Onthophagus durangoensis</i>	<i>Diplotaxis angularis</i>
<i>Euphoria basalis</i>	<i>Onthophagus mexicanus</i>	<i>Diplotaxis mexcala</i>
<i>Euphoria dimidiata</i>	<i>Ptichopus angulatus</i>	<i>Chlorixanthe flavoviridis</i>
<i>Onthophagus lecontei</i>		<i>Labarrus pseudolividus</i>
<i>Euoniticellus intermedius</i>		
<i>Canthon (Canthon) humectus</i>		
<i>Phaneus quadridens</i>		
<i>Bolborhombus sallaei sallaei</i>		
<i>Planolinellus vittatus</i>		
<i>Agrylinus aztecus</i>		
<i>Blackburneus saylorea</i>		
<i>Omorgus mictlensis</i>		

7.5. Análisis de los Escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae y Trogidae) por sitio.

7.5.1. Eficiencia del muestreo.

Los estimadores no paramétrico (Chao 1 y Bootstrap) utilizados para saber el número de especies esperado y la eficiencia del muestreo nos mostró que para los tres sitios de estudio faltan entre una y dos especies por capturar. En general la eficiencia del muestreo en los tres sitios alcanza un 80% por lo cual podemos considerar que el inventario está razonablemente completo en los tres sitios (Cuadro 5,6 y 7 y Figs.8, 9 y 10).

Cuadro 5. Comparación de los valores obtenidos mediante los diferentes estimadores no paramétricos en el sitio 1.

Estimador	Especies colectadas	Especies esperadas	Especies faltantes	Eficiencia del muestreo
Chao 1	4	4.48	1	89.20%
Bootstrap	4	5.21	2	77%

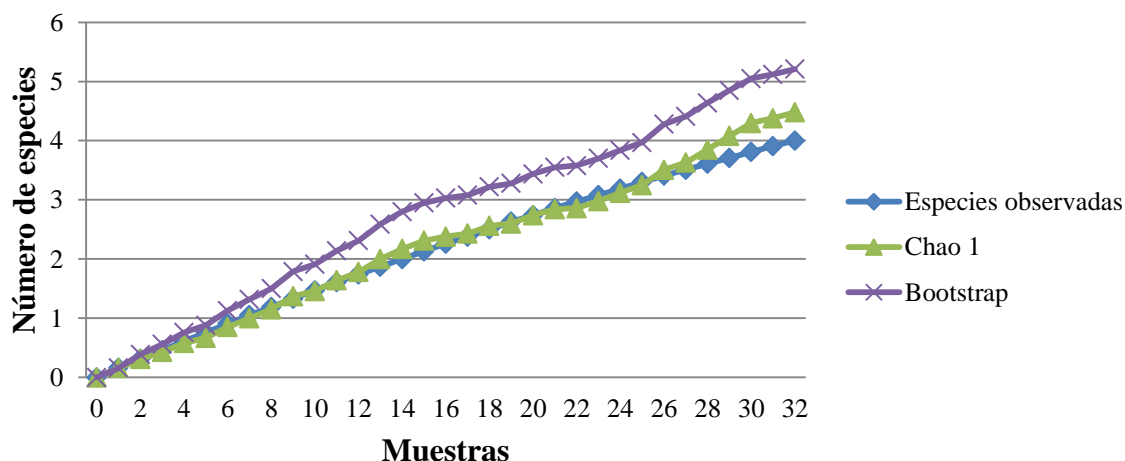


Figura 8. Curvas de acumulación de especies colectadas en el sitio 1.

Cuadro 6. Comparación de los valores obtenidos mediante los diferentes estimadores no paramétricos en el sitio 2.

Estimador	Especies colectadas	Especies esperadas	Especies faltantes	Eficiencia del muestreo
Chao 1	4	4	0	100%
Bootstrap	4	4.41	1	90.70%

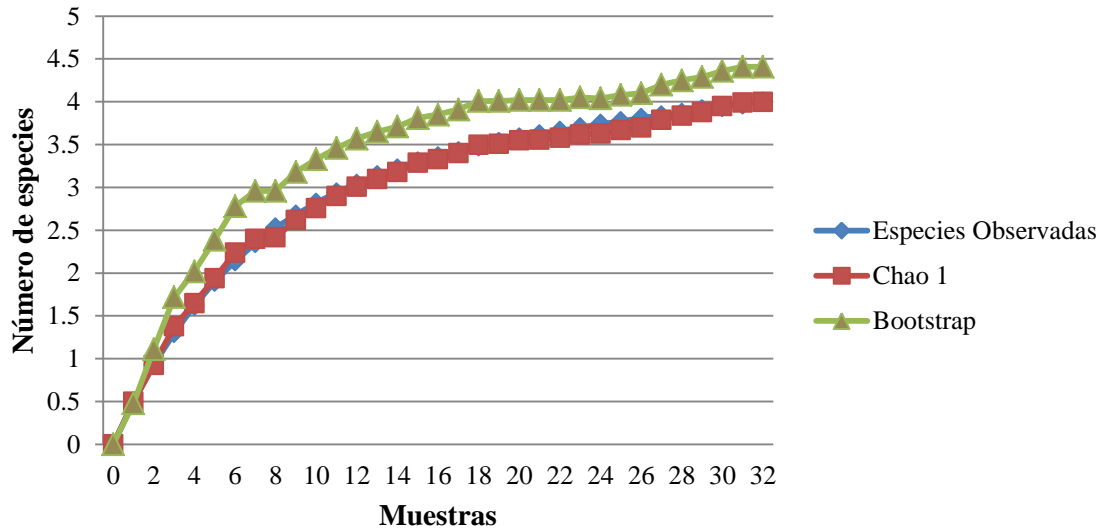


Figura 9. Curvas de acumulación de especies colectadas en el sitio 2.

Cuadro 7. Comparación de los valores obtenidos mediante los diferentes estimadores no paramétricos en el sitio 3.

Estimador	Especies colectadas	Especies esperadas	Especies faltantes	Eficiencia del muestreo
Chao 1	9	9.5	1	94.70%
Bootstrap	9	10.71	2	84%

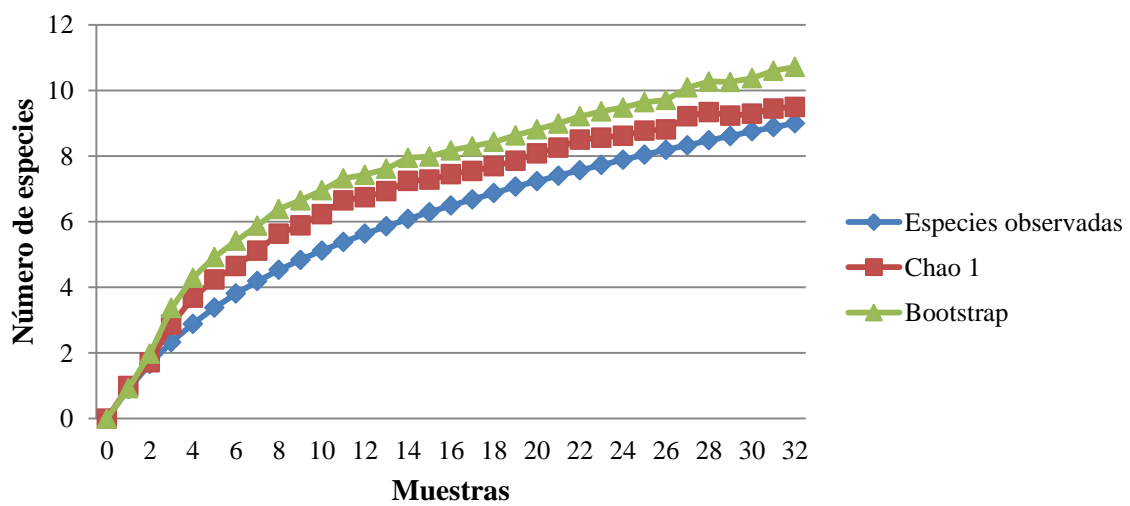


Figura 10. Curvas de acumulación de especies colectadas en el sitio 3.

7.5.2. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo.

Se colectaron 11 especies, 9 géneros y 1,095 individuos en total. El género mejor representado fue *Onthophagus* con tres especies, los demás géneros estuvieron representados por una especie cada uno.

En el sitio 1 se colectó un 50% de los individuos mediante colecta directa y se capturaron dos especies exclusivas por este medio de colecta: *Omorgus mictlensis* y *Euoniticellus intermedius*; el otro 50% se capturó mediante coprotrampas y *Canthon (Canthon) humectus* fue exclusiva de este método. En el sitio 2 se capturó un 98.8% de los individuos mediante coprotrampas: *Canthon (Canthon) humectus* y *Phaneus quadridens* se colectaron exclusivamente por este medio y solo el 1.2% de los individuos fue colectado por colecta directa. En el sitio 3 el 94.8% de los individuos fueron colectados por coprotrampas habiéndose encontrado cinco especies exclusivas por este método de captura: *Canthon (Canthon) humectus*, *Phaneus quadridens*, *Planolinellus vittatus*, *Agrylinus aztecus*, y *Blackburneus saylorea*; mediante colecta directa se capturo un 4.6%, siendo *Labarrus pseudolividus* exclusiva de este método de colecta; el otro .48% fue colectado en una necrotrampa, en la cual solo se capturó a la especie *Onthophagus lecontei* (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo utilizadas para la captura de escarabajos copro-necrófagos en cada sitio de muestreo.

Técnica de colecta	Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3		
	Necro trampa	Copro trampa	Colecta directa	Necro trampa	Copro trampa	Colecta directa	Necro trampa	Copro trampa	Colecta directa
Abundancia	0	10	10	0	250	3	4	777	38
Riqueza	0	2	2	0	4	2	1	8	3
Especies exclusivas	0	1	2	0	2	0	0	5	1

7.5.3. Abundancia y Riqueza de especies.

En el sitio 1(1,858-1,890 m), se colectaron 20 ejemplares incluidos en cuatro especies pertenecientes a tres géneros de Scarabaeidae y un género de Trogidae. En el sitio 2 (2,051-2,290 m) se colectaron 253 individuos, tres géneros y cuatro especies de Scarabaeidae. Por último en el sitio 3 (2,288-2,319 m) se encontraron 819 individuos que corresponden a siete géneros y nueve especies de Scarabaeidae, siendo este sitio el que presento una mayor abundancia y riqueza de especies (Cuadro 9).

Cuadro 9. Abundancia de cada especie por sitio y por época. En la parte inferior se presenta la abundancia y riqueza total, además de la diversidad y sus intervalos de confianza al 95% por sitio.

Especie	Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3	
	(1858-1890 msnm)		(2051-2290 msnm)		(2288-2319 msnm)	
	Lluvias (Septiembre)	Secas (Abril)	Lluvias (Septiembre)	Secas (Abril)	Lluvias (Septiembre)	Secas (Abril)
<i>Onthophagus durangoensis</i>	16	0	34	0	100	3
<i>Onthophagus mexicanus</i>	0	0	212	1	641	7
<i>Onthophagus lecontei</i>	0	0	0	0	41	0
<i>Euoniticellus intermedius</i>	2	0	0	0	0	0
<i>Canthon (C.) humectus</i>	1	0	3	0	3	0
<i>Phaneus quadridens</i>	0	0	3	0	4	0
<i>Labarrus pseudolividus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Planolinellus vittatus</i>	0	0	0	0	16	0
<i>Agrylinus aztecus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Blackburneus saylorea</i>	0	0	0	0	2	0
<i>Omorgus mictlensis</i>	1	0	0	0	0	0
Abundancia	20	0	252	1	808	11
Riqueza	4	0	4	1	8	3
Diversidad (Número efectivo de especies)	2.03		1.68		2.12	
Intervalos de confianza (95%)	2.90-1.15		1.86-1.50		2.27-1.95	

En el sitio 1 no hubo presencia de escarabajos coprófagos durante la época de secas y en el sitio 2 solo se capturó un ejemplar de *Onthophagus mexicanus*. En el sitio 3 hubo una menor riqueza y abundancia durante esta época, presentándose solo tres especies y 11 individuos, mientras que en la época de lluvias se encontraron ocho especies y 808 individuos (Cuadro 9).

De acuerdo a la prueba de hipótesis (Chi Cuadrada) el número de individuos depende del sitio de muestreo ($\chi^2 = 503.14$, $p = 5.564E-110$), pero la riqueza de especies no depende del sitio ($\chi^2 = 0.91036$, $p = 0.63433$).

7.5.4. Diagrama de rango- abundancia.

En la gráfica de rango abundancia podemos observar que en el sitio 1 solo la especie *O. durangoensis* es dominante (16 individuos) y que las demás especies muestran una distribución más homogénea en cuanto a sus abundancias. En el sitio 2 y 3 las especies dominantes son *O. mexicanus* con 213 y 648 individuos respectivamente, seguida de *O. durangoensis* con 14 y 103 individuos respectivamente, las dos especies restantes en el sitio 2 (*P. quadridens* y *C. (C.) humectus*) presentaron la misma abundancia. En general en los tres sitios de estudio existe una alta dominancia en número de individuos por parte de las especies del género *Onthophagus* (Fig.11).

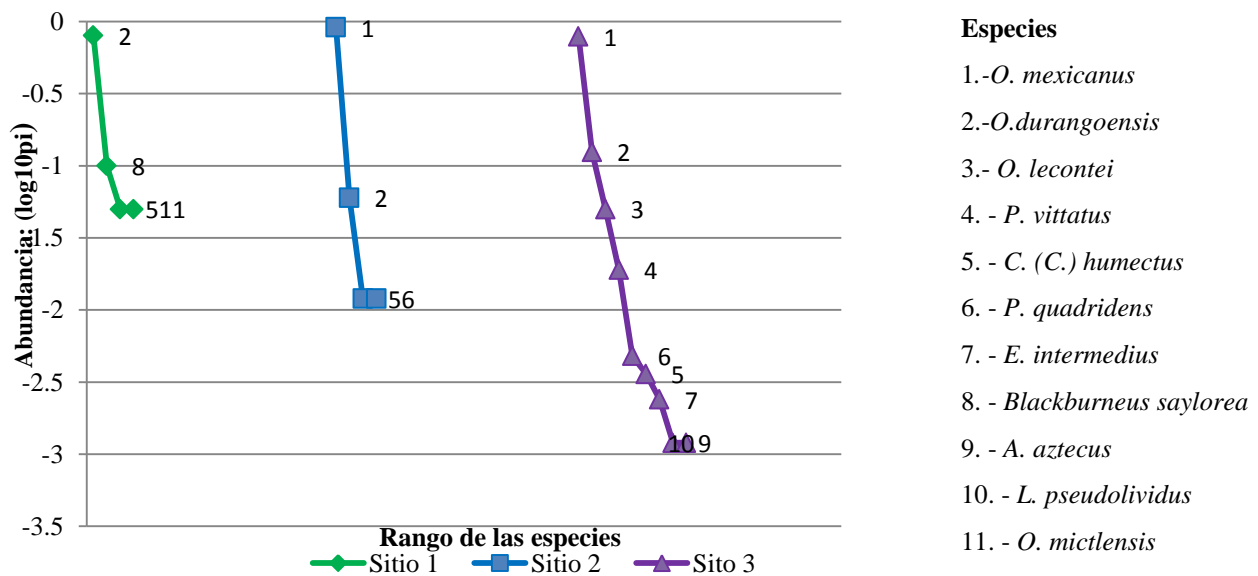


Figura 11. Gráfica de rango-abundancia de los tres sitios de estudio. Los números representan la identidad de las especies.

7.5.5. Diversidad alfa.

La diversidad en el sitio 3 (2.12 especies efectivas) fue ligeramente mayor que en el sitio 1 (2.03 especies efectivas), aunque la diferencia no fue estadísticamente significativa. La diversidad en el sitio 2 es menor que en los sitios 1 y 3 con 1.68 especies efectivas, es decir, el sitio 2 tiene 82.7% de la diversidad que tiene el sitio 1 y 79.2% de la diversidad que tiene el sitio 3. Pero las diferencias solo son estadísticamente significativas entre la diversidad de los sitios 2 y 3 (Fig. 12).

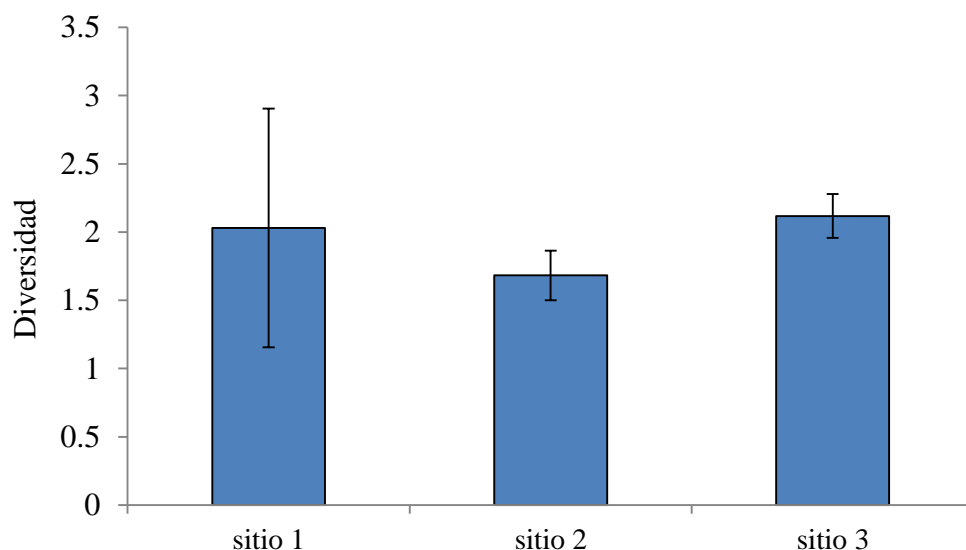


Figura 12. Diversidad e intervalos de confianza al 95% de escarabajos copro-necrófagos en los tres sitios de estudio en el Cerro Chacateca.

7.5.6. Diversidad beta.

El sitio 2 y el sitio 3 presentaron la más alta similitud con un valor de 0.92, ya que todas las especies del sitio 2 se encuentran en el sitio 3 y solo difieren en sus abundancias. La menor similitud se presentó entre el sitio 1 y el sitio 3 con un valor de 0.12, seguida del sitio 1 y el sitio 2 con un valor de solo 0.14, por ende estos sitios son los que presentan una mayor disimilitud (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valores de similitud y disimilitud entre los tres sitios de estudio.

Medidas	Sitios		
	1 y 2	1 y 3	2 y 3
Similitud	0.14 (14%)	0.12 (12%)	0.92 (92%)
Disimilitud	0.86 (86%)	0.88 (88%)	0.08 (8%)

En el sitio 1 se encontraron dos especies exclusivas: *Euoniticellus intermedius* y *Omorgus mictlensis*. En el sitio 3 se encontraron cinco especies exclusivas: *Onthophagus lecontei* y cuatro especies de Aphodiinae. En tanto que, en el sitio 2 no se presentaron especies exclusivas. Los tres sitios de estudio compartieron dos especies. (Cuadro 11 y Anexo 11.2).

Cuadro 11. Especies compartidas entre los tres sitios y especies compartidas entre el sitio 2 y 3.

Especies compartidas entre los tres sitios
<i>Onthophagus durangoensis</i>
<i>Canthon (Canthon) humectus</i>
Especies compartidas entre el sitio 2 y 3
<i>Onthophagus mexicanus, Onthophagus durangoensis</i>
<i>Phaneus quadridens, Canthon (Canthon) humectus</i>

7.5.7. Hábitos de los escarabajos copro-necrófagos.

Basándonos en el tipo de nidificación y en el manejo del excremento encontramos que de las cuatro especies colectadas en el sitio 1, dos son paracópridas y una es telecóprida, la especie *Omorgus mictlensis* encontrada en esta zona no entra en esta clasificación, pero se sabe que entre los *Trogidae* no se observan cuidados parentales ni hacia los huevos ni hacia las larvas, limitándose las hembras a ovopositar en el suelo subyacente al recurso. En el sitio 2 encontramos tres especies paracópridas y una telecóprida. En el sitio 3 encontramos cuatro especies paracópridas, una telecóprida y cuatro endocópridas (Cuadro 12). La proporción de especies paracópridas es mayor en los tres sitios de estudio (Fig. 13 A) al igual que su abundancia (Fig. 13 B).

Cuadro 12. Hábitos de las diferentes especies en los tres sitios de estudio.

Hábito	Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Telecópridos (Moldean una porción esferoide de estiércol que ruedan a distancia de la fuente del recurso, procediendo entonces a su enterramiento)	- <i>C. (C.) humectus</i>	- <i>C. (C.) humectus</i>	- <i>C. (C.) humectus</i>
Paracópridos (Nidifican en el suelo subyacente al recurso trófico)	- <i>O. durangoensis</i> - <i>E. intermedius</i>	- <i>O. durangoensis</i> - <i>O. mexicanus</i> - <i>P. quadridens</i>	- <i>O. durangoensis</i> - <i>O. mexicanus</i> - <i>Onthophagus lecontei</i> - <i>Phaneus quadridens</i>
Endocópridos (El desarrollo embriogenético se sucede en el interior del estiércol o en su interfase con el subsuelo ,pero sin que exista recolocación del recurso trófico)			- <i>Labarrus pseudolividus</i> - <i>Planolinellus vittatus</i> - <i>Agrylinus aztecus</i> - <i>Blackburneus saylorea</i>
Trogidae	- <i>Omorgus mictlensis</i>		

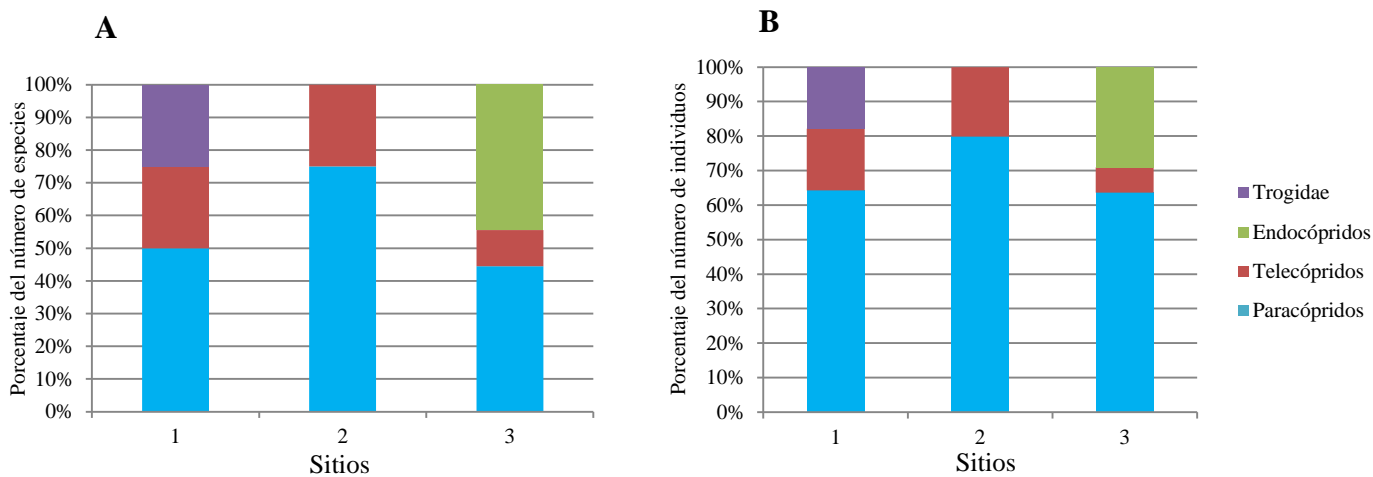


Figura 13. Porcentaje del número de especies (A) y de individuos (B) de cada hábito por sitio.

7.5.8. Nuevos registros de Scarabaeidae en el Valle de Tehuacán.

Se encontraron cinco especies que constituyen nuevos registros para el Valle de Tehuacán: *Canthon (Canthon) humectus* (Say, 1832), *Phanaeus quadridens* Say, 1835, *Agrylinus aztecus* (Harold, 1863), *Planolinellus vittatus* (Say, 1825) y *Blackburneus Saylorea* (Robinson, 1940).

7.6. Análisis de los Escarabajos fitófagos (Melolonthidae y Cetoniidae) por sitio.

7.6.1. Eficiencia del muestreo.

Los estimadores no paramétrico (Chao 1 y Bootstrap) utilizados para saber el número de especies esperado y la eficiencia del muestreo nos mostró que para el sitio 1 faltan dos especies por capturar y que para el sitio 3 falta una especie por capturar. La eficiencia del muestreo en los dos sitios alcanza más del 80% por lo cual podemos considerar que el inventario está razonablemente completo en los dos sitios (Cuadro 13 y 14 y Figs. 14 y 15).

Cuadro 13. Comparación de los valores obtenidos mediante los diferentes estimadores no paramétricos en el sitio 1.

Estimador	Especies colectadas	Especies esperadas	Especies faltantes	Eficiencia del muestreo
Chao 1	7	8.49	2	82%
Bootstrap	7	8.46	2	83%

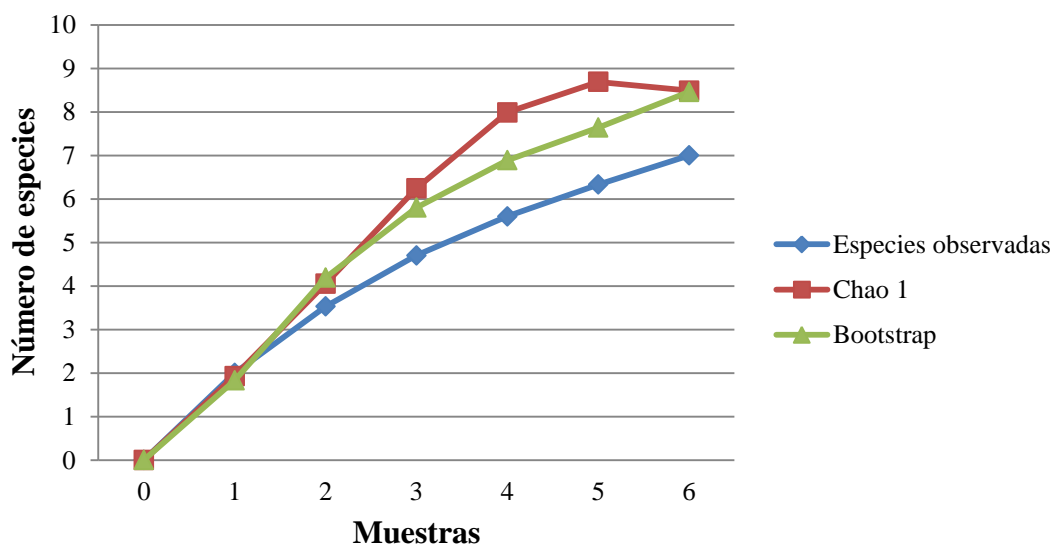


Figura 14. Curvas de acumulación de especies de colectadas en el sitio 1.

Cuadro 14. Comparación de los valores obtenidos mediante los diferentes estimadores no paramétricos en el sitio 3.

Estimador	Especies colectadas	Especies esperadas	Especies faltantes	Eficiencia del muestreo
Chao 1	7	7	0	100%
Bootstrap	7	7.86	1	89%

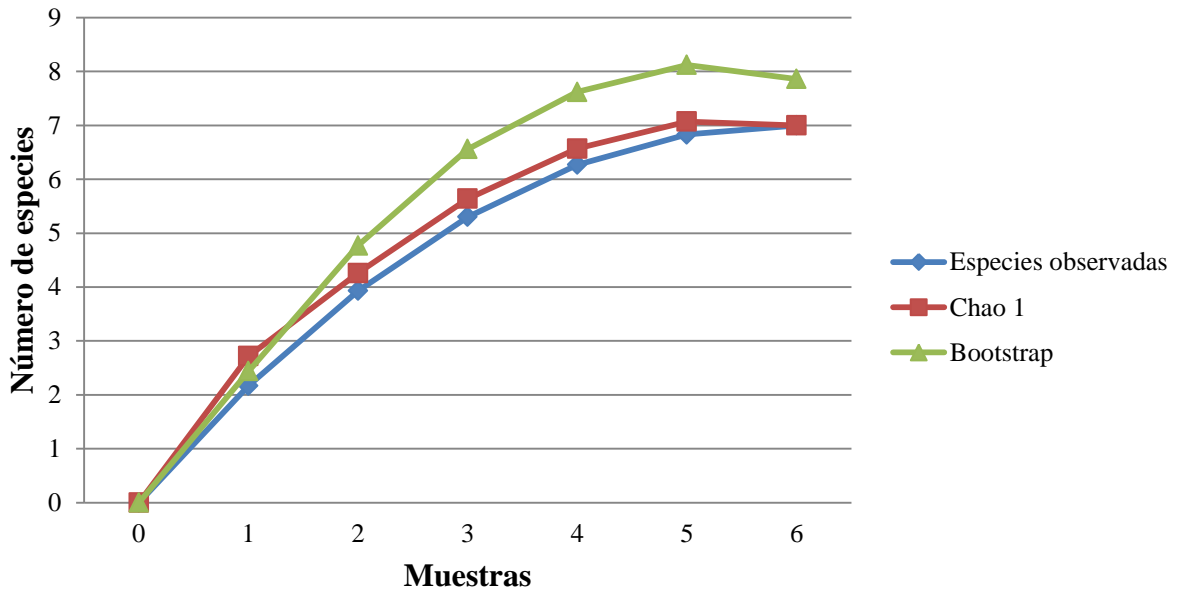


Figura 15. Curvas de acumulación de especies de colectadas en el sitio 3.

8.6.2. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo.

Se colectaron 12 especies, 5 géneros y 194 individuos en total. El género mejor representado fue *Euphoria* con cinco especies, seguido de *Diplotaxis* con tres especies y de *Phyllophaga* con dos especies. El género *Chlorixanthe* y *Golofa* solo estuvieron representados por una especie cada uno.

En el sitio 1 se colectó un 96.64% de los individuos mediante colecta directa y por este medio se colectaron cuatro especies exclusivas pertenecientes del género *Euphoria*, un 2.68% se capturo mediante trampa de luz, *Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca* y *Diplotaxis angularis* solo se colectaron por este medio, el otro .67% de los individuos se

colectó por trampa de fruta. En el sitio 3 el 55.5% de los individuos fueron colectados por colecta directa habiéndose encontrado dos especies exclusivas de este medio: *Chlorixanthe flavoviridis* y *Golofa tepaneneca*, mediante trampa de luz se capturó un 35.5% y las especies pertenecientes al género *Diplotaxis* y *Phyllophaga* fueron exclusivas de este medio de colecta, el otro 8.88% fue colectado por trampa de fruta en la cual solo cayó una especie *Euphoria basalis* (Cuadro 15). Cabe mencionar que en ambos sitios todas las especies de la familia Cetoniidae se colectaron únicamente por colecta directa y trampa de fruta, mientras que los miembros de la subfamilia Melolonthinae (familia Melolonthidae) fueron exclusivos de la trampa de luz.

Cuadro 15. Efectividad de las diferentes técnicas de muestreo utilizadas para la captura de escarabajos fitófagos en cada sitio de muestreo.

Sitio	1			3		
	Colecta directa	Trampa de luz	Trampa de fruta	Colecta directa	trampa de luz	Trampa de fruta
Abundancia	144	4	1	25	16	4
Riqueza	5	2	1	2	4	1
Especies exclusivas	4	2	0	2	4	1

8.6.3. Abundancia y Riqueza de especies.

En el sitio 1 (1,858-1,890 m), se colectaron 149 ejemplares incluidos en tres géneros y siete especies, de las cuales cinco pertenecen a la familia Cetoniidae y dos a Melolonthidae. En el sitio 3 (2,288-2,319 m) se encontraron 45 individuos que corresponden a cinco géneros y siete especies, de las cuales cinco pertenecen a la familia Melolonthidae y dos a Cetoniidae. Ambos sitios presentaron la misma riqueza total de especies, pero el sitio 3 presentó una mayor riqueza genérica y el sitio 1 la mayor abundancia de individuos (Cuadro 16).

Durante la época de lluvias en el sitio 1 se capturaron cinco especies pertenecientes al género *Euphoria* y durante la época de secas se colectaron dos especie, una del genero *Phyllophaga* y una del genero *Diplotaxis*. En el sitio 3 se colectaron dos especies en época de lluvia, una perteneciente al género *Phyllophaga* y la otra al género *Euphoria* y en la época de secas se registraron seis especies pertenecientes a los géneros: *Chlorixanthe*,

Golofa, *Diplotaxis* y *Phyllophaga*. Con esto podemos observar que el sitio 1 presenta una mayor riqueza y abundancia que el sitio 3 durante la época de lluvias, mientras que el sitio 3 presenta una mayor riqueza y abundancia que el sitio 1 durante la época de secas.

De acuerdo a la prueba de hipótesis (Chi Cuadrada) el número total de individuos depende del sitio de muestreo ($\chi^2= 30.034$, $p= 4.245E-08$), pero la riqueza de especies no depende del sitio ($\chi^2= 0$, $p= 1$).

Cuadro 16. Abundancia de cada especie por sitio y por época. En la parte inferior se presenta la abundancia y riqueza total, además de la diversidad y sus intervalos de confianza al 95% por sitio.

Especie	Sitio 1		Sitio 3	
	(1858-1890 msnm)		(2288-2319 msnm)	
	Lluvias (Septiembre)	Secas (Abril)	Lluvias (Septiembre)	Secas (Abril)
<i>Phyllophaga (Listrochelus) sp. 1</i>	0	0	2	1
<i>Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca</i>	0	1	0	0
<i>Diplotaxis tarsalis</i>	0	0	0	6
<i>Diplotaxis angularis</i>	0	3	0	2
<i>Diplotaxis mexcala</i>	0	0	0	5
<i>Golofa tepaneneca</i>	0	0	0	1
<i>Euphoria subtomentosa</i>	128	0	0	0
<i>Euphoria canescens</i>	13	0	0	0
<i>Euphoria leucografa</i>	2	0	0	0
<i>Euphoria basalis</i>	1	0	4	0
<i>Euphoria dimidiata</i>	1	0	0	0
<i>Chlorixanthe flavoviridis</i>	0	0	0	24
Abundancia	145	4	6	39
Riqueza	5	2	2	6
Diversidad (Numero efectivo de especies)	1.79		4.33	
Intervalos de confianza (95%)	2.10-1.46		5.53-3.13	

7.6.4. Diagrama rango-abundancia.

En la gráfica de rango- abundancia se puede observar que en el sitio 1 existe dominancia de solo una especie (*Euphoria subtomentosa* con 128 individuos) y que el resto de las especies tiene un número muy reducido en sus abundancias en comparación con esta. Por otra parte el sitio 3 presentó una mayor equitatividad, oscilando la abundancia de un 86% de las especies entre seis y un individuos, además, la abundancia de la especie que presentó un mayor número de individuos (*Chlorixanthe flavoviridis* con 24 individuos) no es tan contrastante con el resto de las especies del sitio (Fig.16).

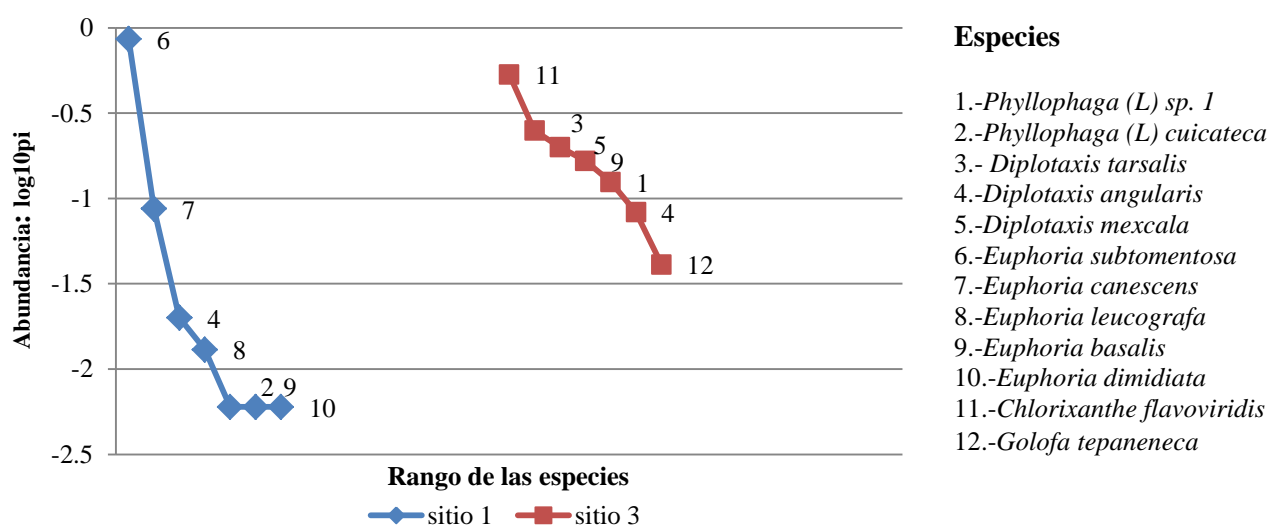


Figura 16. Gráfica de rango-abundancia de los tres sitios de estudio. Los números representan la identidad de las especies.

8.6.5. Diversidad alfa.

La diversidad de escarabajos fitófagos en el sitio 1 es de 1.79 especies efectivas y en el sitio 3 es de 4.33 especies efectivas, por lo cual podemos decir que el sitio 3 es más del doble de diverso que el sitio 1 (2.41 veces más diversidad), además, estadísticamente las diferencias en la diversidad son significativas (Fig. 17).

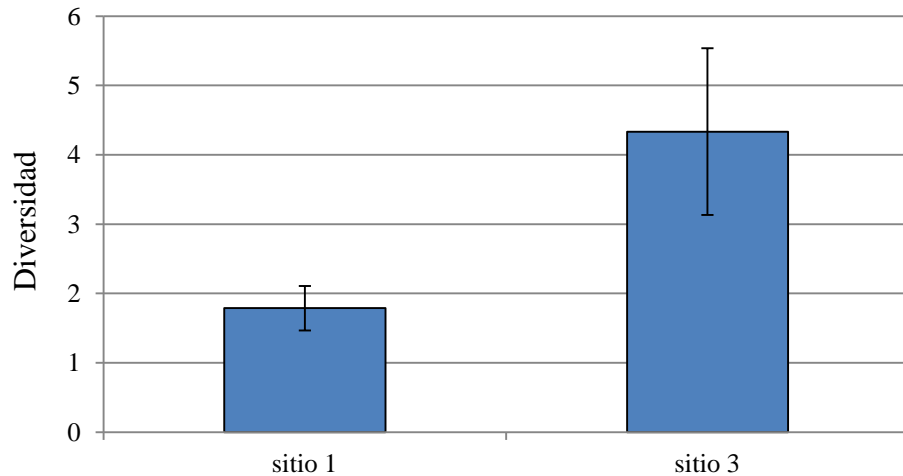


Figura 17. Diversidad e intervalos de confianza al 95% de escarabajos fitófagos en los tres sitios de estudio en el Cerro Chacateca.

8.6.6. Diversidad beta.

El coeficiente de similitud Jaccard arrojó un valor de 0.023, es decir, las comunidades del sitio 1 y del sitio 3 son semejantes un 2.3% y diferentes un 97.7% (.977 según el valor de disimilitud).

Los dos sitios solo compartieron dos de sus especies, siendo exclusivas cinco especies en cada sitio (Cuadro 17 y Anexo 11.3). Se pudo observar que la familia Cetoniidae está mejor representada en el sitio 1 mientras que la familia Melolonthidae en el sitio 3.

Cuadro 17. Especies exclusivas del sitio 1 y del sitio 3, y especies compartidas entre sitios.

Especies exclusivas		Especies compartidas entre el sitio 1 y el sitio 3
Sitio 1	Sitio 3	
<i>Euphoria subtomentosa</i> <i>Euphoria canescens</i> <i>Euphoria leucografa</i> <i>Euphoria dimidiata</i> <i>Phyllophaga (L) cuicateca</i>	<i>Phyllophaga (L) sp 1.</i> <i>Diplotaxis tarsalis</i> <i>Diplotaxis mexcala</i> <i>Golofa tepaneneca</i> <i>Chlorixanthe flavoviridis</i>	<i>Euphoria basalis</i> <i>Diplotaxis angularis</i>

8.6.7. Hábitos alimenticios de los escarabajos fitófagos en el Cerro Chacateca.

En el sitio 1 se encontraron dos especies filo-sapro-rizófagas y cinco especies antófilo-saprófagas, siendo más abundantes estas últimas con 145 individuos. En el sitio 3 se encontraron tres especies filo-sapro-rizófagas, una especie antófilo-saprófaga, una especie sapro-melífaga y una especie caulo-saprofaga, en este sitio la abundancia de la especie sapro-melífaga fue la más abundante con 24 individuos, seguida de las especies filo-sapro-rizófagas que en total suman 16 individuos (Cuadro 18 y Fig. 18).

Cuadro 18. Hábitos alimenticios de las especies de escarabajos fitófagos en el sitio 1 y 3.

Habito alimenticio	Sitio 1	Sitio 3
Filo-sapro-rizófagas Los adultos se alimentan con el follaje o las flores de árboles o arbustos y sus larvas de raíces de herbáceas o material vegetal humificado.	<i>Phyllophaga (L) cuicateca</i> <i>Diplotaxis angularis</i>	<i>Phyllophaga (L) sp 1.</i> <i>Diplotaxis tarsalis</i> <i>Diplotaxis mexcala</i>
Antófilo-saprófaga Los adultos visitan flores para consumir polen, tejidos o secreciones florales, y sus larvas se alimentan con materia humificada o raíces muertas.	<i>Euphoria subtomentosa</i> <i>Euphoria canescens</i> <i>Euphoria leucografa</i> <i>Euphoria dimidiata</i> <i>Euphoria basalis</i>	<i>Euphoria basalis</i>
Sapro- melífaga Los adultos se nutren con secreciones vegetales azucaradas o fermentadas y sus larvas consumen materia humificada.	----	<i>Chlorixanthe flavoviridis</i>
Caulo-saprofaga Los adultos se alimentan con tejidos fresco del tallo y ramas, las larvas se desarrollan en materia humificada	----	<i>Golofa tepaneneca</i>

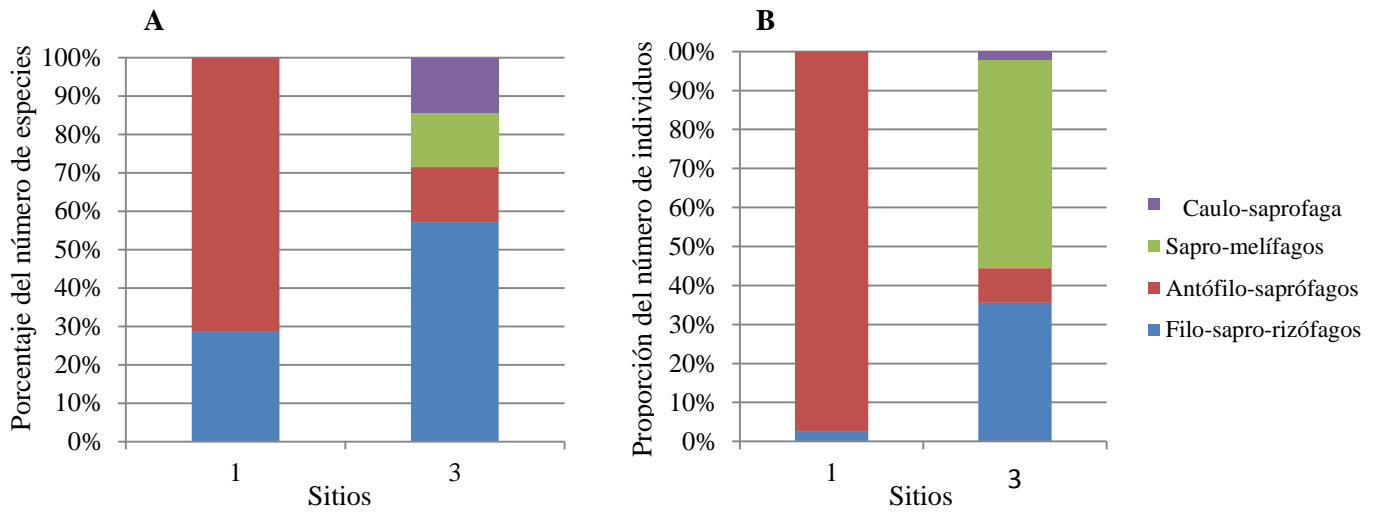


Figura 18. Porcentaje del número de especies (A) y de individuos por cada hábito alimenticio (B).

8.6.8. Nuevos registros de escarabajos Melolonthidae y Cetoniidae en el Valle de Tehuacán.

Se encontraron cinco especies que constituyen nuevos registros para el Valle de Tehuacán: *Diplotaxis tarsalis* Schaeffer, 1907, *Golofa (Golofa) tepaneneca* Morón, 1995, *Euphoria canescens* (Gory y Percheron, 1833), *Euphoria dimidiata* (Gory y Percheron, 1833) y *Euphoria leucographa* (Gory y Percheron, 1833).

8. Discusión.

8.1 Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de Scarabaeoidea.

Los coleópteros Scarabaeoidea son un grupo de amplia distribución, y dentro de esta superfamilia la familia Melolonthidae tiene el mayor número de especies registradas en México (1,056 especies), seguida de Scarabaeidae (386 especies), Cetoniidae (123 especies), Passalidae (83 especies), Geotrupidae (42 especies), Trogidae (27 especies), Hybosoridae (19 especies), Ochodaecidae (14 especies), Lucanidae (3 especies) y Orphnidae (1 especie) (Morón 2003, Morón *et al.* 2014). Siguiendo este patrón, en la mayoría de las regiones en las que se ha colectado en el estado de Puebla, las familias con mayor número de especies han sido Melolonthidae y Scarabaeidae (Pérez-Torres *et al.* 2013, Chacón *et al.* 2013, Cuate *et al.* 2013, Delgado *et al.* 2013, Muñoz *et al.* 2008, Percino y Morón 2013, Rodríguez *et al.* 2013, Salamanca *et al.* 2013, Yanes-Gómez y Morón 2010) y también han superado en número de individuos al resto de los Scarabaeoidea. Lo anterior concuerda con lo obtenido en nuestra zona de estudio, ya que los Scarabaeidae resultaron ser la familia con mayor riqueza específica (10 especies), seguida de Melolonthidae (6 especies) y Cetoniidae (6 especies), esto se puede deber a que estas familias pueden aprovechar diversos recursos para alimentarse, tales como: hojas, flores, tallos, frutos, polen, néctar, savia, corteza, detritus vegetal, raíces, humus o xilema, en el caso de los Melolonthidae y Cetoniidae; o tejidos vegetales fermentados, excrementos y carroña, en el caso de los Scarabaeidae (Morón 2003, Morón *et al.* 2014).

En el caso de la familia Passalidae sus especies viven en troncos derribados en descomposición y se alimentan generalmente de madera muerta, son especies de tendencia higrófila y silvícola, por lo cual se ha registrado mayor cantidad de especies y de individuos en los ecosistemas forestales húmedos, quizá por la disponibilidad de troncos podridos (Reyes-Castillo 2003). Estos factores nos permiten suponer que la casi nula riqueza (una especie) y abundancia (10 individuos) de estos organismos en nuestra zona de estudio, pueda deberse a los largos períodos de sequía, a la pérdida de follaje gran parte del año, condiciones que provocan una mayor insolación y desecación en la madera. La única especie perteneciente a esta familia que se encontró fue *Ptichopus angulatus*, y se puede explicar su presencia en la zona de estudio debido a que vive y se reproduce únicamente en

los depósitos de desperdicios de las hormigas cortadoras del género *Atta*, lo cual a diferencia de otras especies, le permite colonizar áreas semidesérticas (Reyes-Castillo 2003, Morón 2004).

La familia Geotrupidae solo estuvo representada por *Bolborhombus sallaei sallaei*, y se sabe que los Bolboceratinae son más frecuentes en ambientes semiáridos (Howden 2003).

De la familia Trogidae solo se colectó una especie: *Omorgus mictlensis*, la cual es una especie endémica de México y está asociada al área xérica de Tehuacán (Deloya 1995, Deloya 2000). Estos escarabajos presentan hábitos telionecrófagos, por lo cual cabe mencionar que el único ejemplar capturado fue mediante colecta directa en excremento de caballo, mientras que en el estudio realizado por Jiménez-Sánchez en un mezquital en Zapotitlán Salinas, fue capturada en una necrotrampa cebada con calamar (Jiménez-Sánchez *et al.* 2012). Estos datos podrían sugerir que esta especie tiene hábitos facultativos, lo cual le conferiría una ventaja para poder vivir en un ambiente donde los recursos son limitados.

El clima semiárido y la vegetación característica de la zona (matorral xerófilo), son factores que pueden estar asociados a la ausencia de especies de la familia Lucanidae, ya que la mayor diversidad de especies de esta familia habita en bosques tropicales fuera de México (Morón 2004), y las pocas especies que se han encontrado en el país han sido registradas en bosques de pino, pino-encino y mesófilo de montaña (Reyes-Castillo y Boucher 2003).

En general la mayor riqueza y abundancia de especies de Scarabaeoidea se registró durante la época de lluvias (septiembre), debido probablemente a que durante esta época existe una mayor disponibilidad de recursos alimenticios en la zona, una mayor cobertura vegetal que produce sombra creando microambientes que pudieran ser más propicios para estos organismos, además, existen las condiciones de humedad necesarias para la emergencia de los adultos y el vuelo de los mismos. Estos resultados se asemejan a lo encontrado en diversos trabajos (Pérez-Torres *et al.* 2013, Percino y Morón 2013, Yanes-

Gómez y Morón 2010) en los cuales se ha observado que el inicio de la actividad de la mayor parte de las especies de escarabajos está relacionada con la temporada de lluvias.

A nivel de familia podemos decir que durante la época de lluvias se registró el mayor número de especies y de individuos de Scarabaeidae, ya que la disponibilidad del recurso es mayor en comparación con la época de secas, esto debido a que el grado de insolación y la escasez de humedad provocan la desecación rápida del excremento, factor que inhabilita el uso de este recurso (Halffter y Edmonds 1982), además, la desecación influye en la mortalidad de las larvas (Fincher 1973 citado por Escobar 1997). Por otro lado, se sabe que las actividades de los escarabajos adultos están normalmente restringidas a los periodos de lluvia, y solo en áreas tropicales donde las lluvias son constantes se encuentran a lo largo de todo el año (Halffter y Edmonds 1982).

En el caso de los escarabajos Cetoniidae, hubo una mayor abundancia de este grupo de insectos durante la época de lluvias, y casi todas sus especies (5 especies) se encontraron durante esta temporada en la que muchas de las especies vegetales florecen, razón por la que se observó que gran parte de ellas aprovechan las partes florales para su alimentación (sapró-melífagas y antófilo-saprófagas).

La especie *Chlorixanthe flavoviridis* es un cetonino que solo se colectó durante la época de secas, al parecer su presencia está ligada al florecimiento de una especie de *Opuntia* sp, ya que los individuos se estaban alimentado dentro de las flores.

Las especies pertenecientes a la familia Melolonthidae (género *Diploptaxis* y *Phyllophaga*) estuvieron mejor representadas en la época de secas, tanto en número de especies como de individuos, este resultado podría estar sesgado debido al método de colecta, ya que, todas estas especies fueron capturadas con trampa de luz, método que no fue del todo eficiente en la temporada de lluvias ya que se presentaron brisas y viento lo que impidió el vuelo de los insectos, disminuyendo así la eficiencia de captura de ejemplares. Por otro lado, se sabe que los requerimientos de humedad para la emergencia de los adultos varía en función de la especie y localidad (Hilje 1993 citado por Nájera-Rincón y Jackson 2010); los resultados de este estudio concuerdan con el de Méndez-Aguilar *et al.* (2003 citado por Nájera-Rincón 2010) en los que las especies del género

Diplotaxis presentaron emergencias antes del período de lluvias; Aragón (2006) también ha observado diferencias en el tiempo de emergencia de adultos de *Phyllophaga*, encontrando que algunas especies tienen su mayor actividad antes de la estación de lluvias (Aragón *et al.* 2006).

Aunque hubo una mayor abundancia y riqueza de especies durante la época de lluvias, la mayor diversidad se registró en la época de secas, ya que en la época de lluvias hubo una clara dominancia de las especies: *Euphoria subtomentosa*, *Onthophagus durangoensis* y *Onthophagus mexicanus*, las cuales representan el 91.77% del número de individuos. La alta dominancia de pocas especies, también ha sido referida en otras zonas áridas del país (Halffter *et al.* 2011, Lobo 1996, Moreno *et al.* 2007, Verdú *et al.* 2007).

La similitud entre ambas épocas es baja (0.31), ya que solo comparten cinco especies (*Phyllophaga* sp.1, *Golofa tepaneneca*, *Onthophagus durangoensis*, *Onthophagus mexicanus* y *Ptichopus angulatus*) y el número de individuos es contrastante entre épocas. A pesar de que las especies del género *Onthophagus* se encuentran en ambas épocas, su abundancia se reduce drásticamente (1007 individuos en lluvias y 10 individuos en secas), esto ligado con la falta de disponibilidad del excremento en la época de secas. Por otro lado, *Ptichopus angulatus* presenta una mayor abundancia en la época de secas (2 individuos en lluvias y 10 individuos en secas), esta es una especie de amplia distribución la cual se ha encontrado en diversos hábitats (Reyes-Castillo 2003), esto nos permite suponer que es una especie muy tolerante a las condiciones ambientales por lo cual pudimos encontrarla en ambas épocas. *Golofa tepaneneca* es una especie que solo se había colectado entre los meses de julio y septiembre (Morón 1995, Morón 2013), por lo cual resulta interesante el registro de un ejemplar en abril (época seca).

8.2. Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de escarabajos copro-necrófagos (Scarabaeidae y Trogidae) por sitio.

De acuerdo con los estimadores no paramétricos utilizados, la eficiencia del muestreo en los tres sitios alcanza más del 80%, esto hace que la comparación entre los sitios de estudio sea más fiable.

La mayor riqueza y abundancia de especies se presentó en el sitio 3, que es la cota altitudinal más alta (2,288-2,319 msnm), esto puede explicarse por la ubicación del sitio hacia la ladera norte en donde existen mejores condiciones de humedad, lo que estimula la emergencia de los adultos (Halffter y Edmonds 1982) y permite que el alimento esté disponible por más tiempo, al evitar su rápida desecación. Por su parte, los sitios 1 y 2 están ubicados sobre la ladera sur, debido a esto, tienen un déficit hídrico y reciben una mayor radiación solar (López-Gómez *et al.* 2012), factores que propician la desecación del excremento. La desecación es un factor importante de mortalidad en las larvas de escarabajos (Fincher 1973 citado por Escobar 1997).

Otra característica que explica la mayor abundancia del sitio 3 en comparación con el sitio 1, es la textura arcillosa en el suelo del sitio 3, ya que se sabe que para las larvas de Scarabaeidae, la sobrevivencia es más alta en suelos de textura fina, disminuyendo en número con el aumento de las partículas (Regniere *et al.* 1981 citado por Duran-Reyes 2002), además, existen áreas en el sitio 3 donde la cantidad de rocas en el suelo no es tan abundante como en el sitio 1 o en el sitio 2, lo que favorece la anidación de estos escarabajos (Arriaga *et al.* 2012). El efecto del suelo en las comunidades de escarabajos copro-necrófagos ya ha sido documentado, y se ha encontrado que en los suelos con bajo contenido de arenas habitan una mayor riqueza y abundancia de especies en comparación con los suelos arenosos (Escobar 2000), y que en los suelos margos (de arcilla-arena con alto contenido de materia vegetal descompuesta) habita un mayor número de individuos y de especies de escarabajos (Arriaga *et al.* 2012).

Aunque la mayor abundancia y riqueza se observó en el sitio 3, la diferencia en la diversidad entre los tres sitios de estudio es baja, debido a la alta dominancia en los tres sitios de estudio. Así, en el sitio 3 el 79% de los individuos está representado por una sola especie: *Onthophagus mexicanus*, en el sitio 2 el 84% de los individuos está representado por individuos de esta misma especie, y en el sitio 1 el 80% de los individuos está representado por individuos de la especie: *Onthophagus durangoensis*.

Existe una estrecha relación entre la aridez y la dominancia de especies heliófilas; esto ha sido reportado ya en otras zonas secas de México ((Halffter *et al.* 2011, Lobo 1996, Moreno *et al.* 2007, Verdú *et al.* 2007), y los resultados de este estudio concuerdan con

esto, ya que en los tres sitios de estudio existe una alta dominancia de individuos del género *Onthophagus*, del cual se conoce que algunas de sus especies están adaptadas a vivir en zonas abiertas o semi abiertas como: sabanas, praderas, y áreas xéricas, donde existe una alta incidencia de luz (Halfpter y Edmonds 1982, Zunino 2003). La especie *Onthophagus mexicanus*, que fue la más abundante en el sitio 2 y el sitio 3, es una especie muy común, abundante en terrenos abiertos, bosque de coníferas y encinares, es una especie tolerante al pastoreo lo que nos hace suponer que se trata de una especie resistente a diferentes condiciones ambientales que podrían ser letales para otras especies.

La similitud en la composición de especies (0.92) en el sitio 2 y el sitio 3, se puede explicar porque ambos sitios tienen la misma textura de suelo (arcillosa) y hay una cercanía relativa entre ellos. Los dos sitios únicamente comparten especies pertenecientes a la subfamilia Scarabaeinae (Cuadro 11), que generalmente excavan en el suelo para enterrar el excremento. Los resultados de este estudio se asemejan a los encontrados en el sureste del altiplano mexicano (Arriaga *et al.* 2012) en el que las especies: *Phaneus quadridens*, *Canthon (C.) humectus* y *Onthophagus mexicanus* se encontraron en el sitio con suelo arcilloso, el cual es más propicio para la excavación de túneles y la supervivencia de las larvas, esto resulta razonable dada la alta desecación en los suelos arenosos (Halfpter y Edmonds 1982).

A pesar de que no se observan diferencias significativas en el número de especies entre los tres sitios de estudio, existe una alta disimilitud entre la composición de especies del sitio 1 con respecto a los sitios 2 y 3 (Cuadro 10), ya que las condiciones en el sitio 1 son menos propicias para este grupo de insectos, por ejemplo, la cobertura vegetal en este sitio es menor si la comparamos con el sitio 2, lo que genera que haya una mayor insolación y que el suelo se caliente rápidamente. Por otro lado, podemos mencionar que la textura del suelo en el sitio 1 tiene un mayor contenido de arena y rocas, lo que impide la anidación de los Scarabaeinae. La única especie de Trogidae (*Omorgus mictlensis*) fue encontrada en este sitio; se sabe que los Trogidae no tienen cuidados parentales y la hembra únicamente ovoposita en el suelo subyacente al recurso (Romero-Samper 2009). Esto también fue observado por Arriaga y colaboradores (2012), ya que el único individuo de *Trox plicatus* Robinson (Familia Trogidae) fue encontrado en suelo arenoso y pedregoso.

Otra especie exclusiva del sitio 1 es *Euoniticellus intermedius*; esta es una especie introducida proveniente de África y que se ha distribuido rápidamente en México (Morón 2000). La presencia de esta especie en el sitio 1, se debe a que es una especie adaptada a condiciones edáficas y climáticas extremas, ya que la arquitectura de su nido varía marcadamente con las condiciones climáticas; así, cuando las condiciones son secas construye un nido de tal manera que éste conserve la humedad (Rougon y Rougon 1982), lo cual le permite habitar en zonas secas.

Las cuatro especies de Aphodiinae, únicamente se encontraron en el sitio 3. Su presencia en este sitio, apoya la teoría de que la riqueza de especies de esta subfamilia aumenta con la altitud, por arriba de los 2,000 msnm, a consecuencia de limitaciones fisiológicas que no les permiten cruzar ciertos límites climáticos como lo es el aumento de la temperatura (Halffter y Edmonds 1982, Lobo y Halffter 2000), encontrándose que las especies de estas familias dominan generalmente en áreas templado-frías (Lobo y Halffter 2000). La mayoría de las especies de los géneros de Aphodiinae (*Planolinellus*, *Agrilinus*, *Blackburneus*) encontradas en este sitio, suelen encontrarse en altas elevaciones, en zonas de temperaturas moderadamente cálidas y precipitaciones moderadas (Cabrero–Sañudo *et al.* 2010), esto explica porque fueron únicamente halladas en el sitio 3, donde la temperatura es menor y la cantidad de humedad es mayor, si se compara con los otros dos sitios de estudio.

Solo dos especies fueron encontradas en los tres sitios de estudio. La presencia de *Canthon (Canthon) humectus* en las tres cotas altitudinales, se puede deber a las estrategias de termorregulación que tienen las poblaciones de esta especie, ya que se adaptan a las condiciones climáticas en las que viven, modificando la tasa de pérdida de calor corporal a medida que aumenta la temperatura del ambiente o bien, en el caso de poblaciones situadas en zonas de baja temperatura, así, la tasa de pérdida de calor abdominal es independiente de la temperatura ambiental, esto con el fin de evitar la pérdida de calor producido por los músculos de las alas durante el vuelo (Verdú y Lobo 2008). Estas estrategias le permiten habitar un mayor número de ambientes. El patrón de nidificación telecópido en los tres sitios de estudio estuvo representado por esta misma especie, ya que la relocalización horizontal del excremento le permite escapar de la fuerte insolación en las zonas de estudio.

Esto ha sido observado por Escobar (2000) en la sabana colombiana, en donde las especies rodadoras habitaban en áreas abiertas y semi-abiertas y en donde la incidencia de luz es mayor.

El patrón de nidificación paracóprido, estuvo mejor representado en el sitio 2 y en el sitio 3, sitios en donde la textura es arcillosa, con mayor cantidad de humedad, factores que facilitan la construcción de nidos y evitan la mortalidad de los individuos.

El patrón de nidificación endocóprido, solo se encontró en el sitio 3 y está representado por las especies pertenecientes a la subfamilia Aphodiinae, en este sitio el excremento puede ser usado por más tiempo ya que dura más tiempo húmedo y las larvas y adultos no están tan expuestos a los efectos de la insolación mientras aprovechan el excremento.

8.3. Abundancia, Riqueza y Diversidad (α y β) de escarabajos fitófagos (Melolonthidae y Cetoniidae) por sitio.

La eficiencia del muestreo en el sitio 1 y en el sitio 3 alcanza más del 80%, lo cual hace más robustas las comparaciones entre ellos. Las especies faltantes en los sitios podrían ser a causa de las condiciones ambientales durante la época de lluvia, en la cual se presentaron brisas y viento durante la colecta con trampa de luz.

Los sitios 1 y 3 presentaron el mismo número de especies, pero existieron diferencias significativas en el número de individuos. La mayor abundancia en el sitio 1 en comparación con el sitio 3, se debe a la gran abundancia de la especie *Euphoria subtomentosa* (128 individuos), pero también su baja diversidad (1.79 especies efectivas), es generada por la alta dominancia de esta especie en el sitio, la cual se sabe, tiene una amplia distribución en terrenos abiertos y se ha relacionado a sitios con vegetación silvestre dispersa en flores de Asteraceae (Morón *et al.* 2000, Obs personales), lo cual nos hace pensar que es una especie muy tolerante a la insolación. Además, su dominancia también ha sido reportada en el estado de Guerrero (Pacheco *et al.* 2006).

La mayor diversidad de escarabajos fitófagos la presentó el sitio 3 (4.33 especies efectivas), esto se debe a que existe una mayor equidad en el número de individuos entre sus especies; la única especie dominante fue *Chlorixanthe flavoviridis* con 24 individuos.

Si bien, no existieron diferencias significativas en el número de especies encontradas en cada sitio, la diferencia en la fauna de escarabajos entre sitios es alta (0.97), ya que de las 12 especies encontradas, solo comparten dos especies: *Euphoria basalis* y *Diplotaxis angularis*; la presencia de estas especies en ambos sitios se puede deber a que son tolerantes a distintos tipos de hábitats, se sabe que tienen una amplia distribución, encontrándose en zonas agrícolas, matorrales, bosques, etc, y a lo largo de diferentes cotas altitudinales (Morón y Aragón 1999, Morón 2013). Además, *Euphoria basalis* se puede alimentar de un gran número de plantas silvestres y cultivadas, aprovechando tejidos florales, polen y néctar (Morón 1997).

Al parecer, la fauna de Cetoniidae está estrechamente relacionada con la riqueza de especies vegetales presentes en cada zona, debido a que determinadas plantas proporcionan a las especies alimento. Por ejemplo, el género *Euphoria* estuvo mejor representado en el sitio 1 (cinco especies), ya que existe una gran cantidad de flores de Asteraceae en este sitio durante la época lluvias. Estos resultados se asemejan a lo encontrado en el Valle de Puebla (Pérez-Torres *et al.* 2013), donde las especies de *Euphoria* son más abundantes entre finales de verano y mediados de otoño, cuando florece un gran número de especies de Asteraceae. Por otro lado, la especie *Chlorixanthe flavoviridis* se encontró únicamente en el sitio 3 durante abril (época de secas), suponemos que se debe a que se alimenta en las flores de una especie de *Opuntia*, la cual sólo se encuentra en este sitio y se observó florece en esta época. Esta especie ya había sido asociada a flores de *Opuntia* sp. entre abril y julio (Morón 1997).

Cada sitio presentó una especie exclusiva del género *Phyllophaga*. Debido a que los caracteres sexuales de los machos son usados para la determinación a nivel específico y a que los ejemplares capturados en el sitio 3 solo fueron hembras, no se pudo determinar la especie. La especie *Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca*, fue exclusiva del sitio 1, ésta especie ya había sido reportada para el valle de Tehuacán en matorrales xerófilos y zonas agrícolas ubicadas entre los 500 y 1,700 m de altitud, se ha observado que los adultos consumen hojas de huaje y las larvas se alimentan de raíces de amaranto (Morón y Aragón 1999, Morón 2013), pero esto no fue observado en nuestro estudio, ya que el ejemplar colectado fue capturado mediante trampa de luz.

Posiblemente la presencia exclusiva en el sitio 3 de *Golofa tepaneneca* y de *Diplotaxis tarsalis*, esté relacionada con la mayor humedad, la mayor presencia de materia orgánica en el suelo, la altitud y las características en la vegetación de este sitio; ya que al parecer el hábitat original de *Golofa tepaneneca* es la frontera entre el matorral árido (en las zonas más húmedas) y el bosque de encino poco húmedo (Morón 1995, Morón 1997) donde posiblemente sus larvas se desarrollan en las grietas de suelo rocoso donde se acumula materia vegetal en descomposición o en los tocones y raíces podridas de encinos (Morón 1997). Por otra parte los especímenes de *Diplotaxis tarsalis* han sido colectados en tierras altas o áreas montañosas caracterizadas por bosque de pino y encino-pino (Vaurie 1958) y en el estado de Puebla se ha colectado en zonas elevadas como la región del Iztaccihuatl y Popocatepetl (Morón 2013). Esto explica el porqué se encontraron sólo en el sitio 3, ya que es una zona de transición en la que encontramos presencia de encinos, una mayor cantidad de materia orgánica en el suelo y una mayor humedad.

De acuerdo a lo obtenido en este estudio, podemos ver que existe un cambio en la composición y estructura de las comunidades de escarabajos en los tres sitios de estudio, lo cual está relacionado con las características propias de cada ambiente, la disponibilidad de alimento y la época del año, lo que nos lleva a aceptar nuestra hipótesis de trabajo.

Esta tesis es una contribución al conocimiento de los escarabaeoideos en zonas semiáridas de nuestro país, y resultan interesantes los resultados obtenidos, ya que son evidencia de que esta zonas albergan un mayor número de especies de las pensadas en un principio, las cuales juegan un papel importante dentro de los microhábitats del ecosistema y que bajo un muestreo sistemático podemos obtener información cada vez más completa del papel que desempeñan en él.

9. Conclusiones

- La fauna de Coleoptera Scarabaeoidea en el Cerro Chacateca está compuesta por 25 especies incluidas en 16 géneros y seis familias.
- La presencia de algunas especies y su abundancia parece estar relacionada con la época del año y con el tipo general de hábitat.
- La mayor abundancia se registró durante la época de lluvias.
- La mayor diversidad se registró durante la época de secas, debido a la mayor equidad en la distribución de las abundancias de sus especies.
- Del total de especies colectadas, 14 fueron exclusivas de la época de lluvias y seis de la época de secas, compartiendo solo cinco especies.
- El sitio 3 presentó la mayor abundancia de escarabajos copro-necrófagos.
- Existe una clara dominancia del número de individuos de las especies pertenecientes al género *Onthophagus* en los tres sitios de estudio.
- La diversidad de escarabajos copro-necrófagos en los tres sitios de estudio es muy similar debido a la baja equidad en la distribución de la abundancia de sus especies.
- La mayor similitud en la composición de especies de escarabajos copro-necrófagos fue entre los sitios 2 y 3, mientras que la mayor disimilitud fue entre el sitio 1 con respecto a los sitios 2 y 3.
- Los sitios 1 y 3 tienen el mismo número de especies de escarabajos fitófagos.
- La mayor abundancia de escarabajos fitófagos en el sitio 1, se debe a la especie *Euphoria subtomentosa*, la cual es dominante en este sitio.
- El sitio 3 presenta una mayor diversidad de escarabajos fitófagos, debido a la mayor equidad en la distribución de la abundancia de sus especies.
- Los sitios 1 y 3 presentan una baja similitud (.023) en la composición de especies de escarabajos fitófagos.
- Se encontraron 10 especies que representan nuevos registros para el Valle de Tehuacán, cinco pertenecientes a la familia Scarabaeidae, tres a la familia Cetoniidae y dos a la familia Melolonthidae.

10. Literatura citada.

Aragón, A., M. Pérez-Torres., M.A. Morón., J.F. López., A.M. Tapia Rojas. 2006. Desarrollo biológico y comportamiento de cinco especies del género *Phyllophaga* (Harris, 1827) (Coleoptera: Melolonthidae: Melolonthinae). Pp. 49-62. En: A.E. Castro-Ramírez., M.A. Morón y A. Aragón (eds.). Diversidad, Importancia y Manejo de Escarabajos Edafícolas. Publ. Esp. El colegio de la frontera sur (ECOSUR). Fundación Produce Chiapas y BUAP. Puebla, México.

Aragón, A., M.A. Morón., M.A. Damián-Huato., J.F. López-Olguín., E.P. Pison-Rincón y J.N. Pérez-Quintanilla. 2012. Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la zona cañera del ingenio de Atencingo, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.). 28(1):161-171.

Arias-Toledo, A., M.A. Valverde-Valdés y J. Reyes-Santiago. 2001. Las plantas de la región de Zapotitlán Salinas, Puebla. Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAT, Universidad Autónoma de México. 80 pp.

Arriaga, A., G. Halffter y C. Moreno. 2012. Biogeographical affinities and species richness of copronecrophagous beetles (Scarabaeoidea) in the southeastern Mexican High Plateau. Revista Mexicana de Biodiversidad. 83: 519-529.

Brusca, R. C. y G. J. Brusca. 2005. Invertebrados. McGraw-Hill. Madrid, España. 960 pp.

Cabrero-Sañudo, F.J., M. Dellacasa., I. Martínez., J.M. Lobo y G. Dellacasa. 2010. Distribución de las especies de Aphodiinae (Coleoptera, Scarabaeoidea, Aphodiidae) en México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 26(2): 323-399.

Carrillo-Ruiz, H. y M.A. Morón. 2003. Fauna de coleóptera Scarabaeoidea de Cuetzalan del Progreso, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 88:87-121.

Chacón, A.L., A. Aragón y M.A. Morón. 2013. Región del Iztaccihuátl. Teotlalzingo. Pp. 83-94. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos, A. C. México. 467 pp.

Chao, A. y T.J Shen. 2009. SPADE: Species prediction and diversity estimation. <http://chao.stat.nthu.edu.tw/>

Chao, A., R.L. Chazdon., R.K. Colwell y T.J. Shen. 2005. Un nuevo método estadístico para la evaluación de la similitud en la composición de especies con datos de incidencia y abundancia. Pp. 85-96. En: G. Halffter, J. Soberón, P. Koleff y A. Melic (eds). Sobre diversidad biológica: El significado de las diversidades Alfa, Beta y Gamma. Vol.4. m3m: Monografías tercer milenio, Zaragoza, España.

Cherman, M. A. y M. A. Morón. 2014. Validación de la familia Melolonthidae Leach, 1819 (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 30(1):201-220.

Cuate, V.A., A. Aragón y M.A. Morón. 2013. Región de Chiautla. Pp. 299-324. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos, A. C. México. 467 pp.

Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Versión 9. Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.

Delgado, J.M., A. Aragón y M.A. Morón. 2013. Región de Chignahuapan. Pp. 169-187. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos, A. C. México. 467 pp.

Deloya, C. 1995. A new species of *Omorgus* (*Omorgus*) Erichson from Mexico (Coleoptera: Trogidae). *Coleopterists Bulletin*. 49(2): 153-156.

Deloya, C. 2000. Distribución de la familia Trogidae en México (Coleoptera Lamellicornia). *Acta Zoológica Mexicana*. (n.s.) 81: 63-76).

Deloya, C. 2003. Familia Trogidae. Pp. 125-134. En: M. A. Morón (ed). Atlas de los escarabajos de México. Coleóptera Lamellicornia. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

Deloya, C., V. Parra-Tabla y H. Delfín-González. 2007. Fauna de Coleópteros Scarabaeidae Laparosticti y Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al bosque

mesófilo de montaña, cafetales bajo sombra y comunidades derivadas en el centro de Veracruz, México. *Neotropical Entomology* 36(1).

Duran-Reyes, M. 2002. Determinación del daño causado por larvas de *Hylamorpha elegans* (Burmiester) en trigo *Triticum aestivum* L. Tesis de Licenciatura, Escuela de Agronomía, Universidad Austral de Chile. 77 pp.

Escobar, F. 1997. Estudio de la comunidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae) en un remanente de bosque seco, al norte de Tolima, Colombia. *Caldasia* 19(3): 419-430.

Escobar, F. 2000. Diversidad de coleópteros coprófagos (Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un mosaico de hábitats en la reserva natural Nukak, Guaviare, Colombia. *Acta Zoológica Mexicana* 79: 103-121.

España-León, A.C. y G. Amat-García. 2007. Composición y riqueza de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en un gradiente altitudinal de selva húmeda tropical del parque nacional natural Catatumbo-Barí (norte de Santander), Colombia. *Actual Biol* 29 (87): 187-198.

Gutiérrez-García. 2007. Evaluaciones preliminares de conservación: Estudio de caso de *Ferocactus haematacanthus* (Salm-Dyck) Bravo Cactaceae. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. 68 pp.

Halfpeter, G y W.D. Edmonds. 1982. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae) an ecological and evolutive approach. Instituto de ecología, México, D.F. 177 pp.

Halfpeter, G., J.R. Verdú., C.E. Moreno y V. Halfpeter. 2011. Historical and ecological determinants of dung beetle assemblages in two arid zones of central Mexico. *Journal of Arid Environments*. 1-7.

Hammer, O., D.A.T. Harper y P.D. Ryan. 2013. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Version 3.0.

Howden, H.f. 2003. Subfamilia Geotrupinae. Pp. 95-106. En: M. A. Morón (ed). Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

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

Jiménez-Valverde, A y J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología.* Vol. 8. 151-161 pp.

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

Lobo, J.M. 1992. Modificación de las comunidades de Scarabaeoidea coprófagos (Coleoptera) en pastizales de altura del sistema central Ibérico (España) a lo largo de un gradiente altitudinal. *Acta Zoológica Mexicana.* (n.s.) 53: 15-31.

Lobo, J.M. 1996. Diversity, biogeographical considerations and spatial structure of a recently invaded dung beetle (Coleoptera: Scarabaeoidea) community in the Chihuahuan desert. *Global Ecology and Biogeography Letters* 5, 342-352.

Lobo, J.M y G. Halffter. 2000. Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): a comparative study. *Annals of the Entomological Society of America* 93(1): 115-126.

Lopez-Gómez, V., P. Zedillo-Avelleyra., S. Anaya-Hong., E. González -Lozada y Z. Cano-Santana. 2012. Efecto de la orientación de la ladera sobre la estructura poblacional y ecomorfología de *Neobuxbaumia tetetzo* (Cactaceae). *Botanical Sciences* 90 (4): 453-457.

Magurran, A.N. 2004. *Measuring Biological Diversity.* Blackwell Science Ltd. 264 pp.

Martínez, N.J., H. García., L.A. Pulido., D. Ospino y J.C. Narváez. 2009. Escarabajos Coprófagos (Coleoptera: Scarabaeinae) de la Vertiente Noroccidental, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Neotropical Entomology* 38(6).

McCoy, E.D. 1990. The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos* 58: 313-322.

Moreno, E. C. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. Vol. I. Manuales y Tesis SEA. 83 pp.

Moreno, C.E., G. Sánchez- Rojas., J.R. Verdú, C. Numa., M. Marcos-García., A.P. Martínez-Falcón., E. Galante y G. Halffter. 2007. Biodiversidad en ambientes agropecuarios semiáridos en la reserva de la biosfera Barranca de Metztitlán, México. Pp. 97-107. En: G. Halffter, S. Guevara y A. Melic (eds). Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica. Vol.6. m3m: Monografías tercer milenio, Zaragoza, España.

Moreno C.E., F. Barragán., E. Pineda., N.P. Pavón. 2011. Reanalizando la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. Revista Mexicana de. Biodiversidad. 82: 1249-1261.

Morón, M. A. 1984. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología, A. C. México. 131 pp

Morón, M. A. y R. Terrón. 1988. Entomología Práctica. Publ. 22. Instituto de Ecología, A. C. México, D. F. 534 pp.

Morón, M. A. 1995. Review of the Mexican species of *Golofa* Hope (Coleoptera: Melolonthidae, Dynastinae). The Coleopterists Bulletin. 49 (4): 343-386.

Morón, M. A. 1997. Antecedentes. Estudios sobre las especies fitófagas de Lamellicornia en México. Pp. 1-8. En: M.A. Morón, B.C. Ratcliffe, C. Deloya (eds). Atlas de los Escarabajos de México, Coleóptera Lamellicornia Vol. I Familia Melolonthidae. Comisión Nacional para el conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) & Sociedad Mexicana de Entomología, A. C. México, D.F. 280 pp.

Morón, M. A. y A. Aragón. 1999. Diversidad de coleópteros scarabaeoidea del estado de Puebla (I). Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Instituto de Ciencias. Informe final SNIBCONABIO proyecto No. H125. México, D.F.

Morón, M. A. 2000. Coleópteros Lamellicornios de la sierra del Tentzo, Puebla, México. *Acta Zoológica Mexicana* 79: 77-102.

Morón, M.A. (Ed.). 2003. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

Morón, M. A. 2004. Escarabajos, 200 millones de años de evolución. Instituto de Ecología México, A.C. y Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España, 204 pp.

Morón, M.A. 2010. Diversidad y distribución del complejo «gallina ciega» (Coleoptera: Scarabaeoidea). Pp. 41-63. En: L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (eds). Plagas del suelo. Colegio de Posgraduados, INIFAP, Universidad Autónoma de Chapingo, Mundi-Prensa, México. 417 pp.

Morón, M.A. 2013. Introducción al conocimiento de los escarabajos de Puebla. Pp. 1-28. En: M.A. Morón. A. Aragón y H, Carrillo-Ruíz (eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos Mesoamericanos, A, C, México. 467 pp.

Morón, M.A., G. Nogueira., C.V. Rojas-Gómez y R. Arce-Pérez. 2014. Biodiversidad de Melolonthidae (Coleoptera) en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S298-S302.

Morón, M.A. L.A. Rodríguez del Bosque. A, Aragón y C. Ramírez-Salinas. 2010. Biología y hábitos de coleópteros escarabaeoideos. Pp. 65-82. En: L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (eds). Plagas del suelo. Colegio de Posgraduados, INIFAP, Universidad Autónoma de Chapingo, Mundi-Prensa, México. 417 pp.

Muñoz-Hernández, A., M. A. Morón, y A. Aragón. 2008. Coleoptera Scarabaeoidea de la región de Teziutlán, Puebla, México. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 24(3): 55-78.

Nájera-Rincón, M.B y T.A. Jackson. 2010. Interacciones bióticas y abióticas entre las plagas del suelo y entomopatógenos. Pp. 97-124. En: L.A. Rodríguez del Bosque y M.A. Morón (eds). Plagas del suelo. Colegio de Posgraduados, INIFAP, Universidad Autónoma de Chapingo, Mundi-Prensa, México. 417 pp.

Pacheco, C., C. Deloya y P. Cortés. 2006. Phytophagous scarab beetles from the Central Region of Guerrero, México (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae, Rutelinae, Dynastinae, Cetoniinae). *Revista Colombiana de Entomología* 32(2): 191-199.

Pavón, N., H. Hernández-Trejo y Rico-Gray, V. 2000. Distribution of plant life forms along an altitudinal gradient in the semi-arid valley of Zapotitlán, Mexico. *Journal of vegetation science*. 11: 39-42.

Percino, S.M y M.A. Morón. 2013. Región de Zacatlán. Pp. 189-206. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). *Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos*, A. C. México. 467 pp.

Pérez-Torres, B.C., A. Aragón y A.M. Tapia. 2013. Región del Valle de Puebla. Pp. 55-82. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). *Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos*, A. C. México. 467 pp.

Pineda-López, R y J.R. Verdú-Faraco. 2013. Cuaderno de prácticas, Medición de la biodiversidad: diversidades alfa, beta y gamma. Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad de Alicante. 114pp.

Ramírez-Domínguez J. 2010. Coleópteros lamellicornios del parque estatal Flor del Bosque, Puebla. Tesis profesional (inérita), Escuela de Biología, BUAP, Puebla, México. 94 pp.

Reyes-Castillo, P y S. Boucher. 2003. Familia Lucanidae. Pp. 169-187. En: M. A. Morón (ed). *Atlas de los escarabajos de México. Coleóptera Lamellicornia*. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

Reyes-Castillo, P. 2003. Familia Passalidae. Pp. 135-168. En: M. A. Morón (ed). *Atlas de los escarabajos de México. Coleóptera Lamellicornia*. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

Rodríguez, Y., A. Aragón y M.A. Morón. 2013. Región del Popocatepetl. Tochimilco. Pp. 95-119. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). *Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos*, A. C. México. 467 pp.

Romero-Samper, J. 2009. Las comunidades de coleópteros escarabeidos coprófagos (“Coleopta, scarabaeoidea”) del medio atlas (Marruecos): influencia del tipo de hábitat, altitud y estacionalidad: análisis comparado de su estructura. Tesis de doctorado, Facultad de ciencias biológicas: Departamento de zoología y antropología física, Universidad Complutense de Madrid. 407 pp.

Rougon, D y C. Rougon. 1982. Nesting strategies of three species of coprophagous scarabaeinae in the Sahel region of Niger. Pp. 147-150. En: G. Halfpiter y W.D. Edmonds. The nesting behavior of dung beetles (Scarabaeinae) an ecological and evolutive approach. Instituto de ecología, México, D.F. 177 pp.

Salamanca C., A. Aragón y M.A. Morón. 2013. Región del Citlaltépetl. Tlalchichuca y Ahuatepec. Pp. 121-146. En: M.A. Morón, A. Aragón y H. Carrillo-Ruiz (eds). Fauna de escarabajos del estado de Puebla. Escarabajos mesoamericanos, A. C. México. 467 pp.

Sánchez-Velázquez, B., H. Carrillo-Ruiz., M.A. Morón., S.P. Rivas-Arancibia. 2012. Especies de Scarabaeidae e Hybosoridae (Coleoptera: Scarabaeoidea) que habitan en la comunidad del Rancho El Salado, Jolalpan, Puebla, México. Dugesiana. 18(2): 207-215.

Scholtz, C. H. 1990. Phylogenetic trends in the Scarabaeoidea (Coleoptera). Journal Natural History 24: 1027-1066.

Smith, A. B. T., D. C. Hawks and J. M. Heraty. 2006. An overview of the classification and evolution of the major scarab beetle clades (Coleoptera: Scarabaeoidea) based on preliminary molecular analyses. Coleopterists Society Monographs 5: 35-46.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2002. Norma oficial mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. Diario Oficial (segunda sección) 1.

Sowig, P. 1995. Habitat selection and offspring survival rate in three paracoprid dung beetles: the influence of soil type and soil moisture. Ecography. 18: 147-154.

Valiente-Banuet, A., A. Casas., A. Alcántara., P. Dávila., N. Flores-Hernández., M. Arizmendi., J.L. Villaseñor y J. Ortega-Ramírez. 2000. La vegetación del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. México 67:24-74.

Vaurie, P. 1958. A revision of genus *Diplotaxis* (Coleoptera, Scarabaeidae, Melolonthinae) Part 1. Bulletin of the American Museum of Natural History. Vol. 115. Article. 5. 263-396 pp.

Verdú, J.R., C.E. Moreno., G. Sánchez-Rojas., C. Numa., E. Galante y G. Halffter. 2007. Grazing promotes dung beetle diversity in the xeric landscape of a Mexican Biosphere Reserve. Biological conservation 140, 308–317.

Verdú, J.R. y J.M. Lobo. 2008. Ecophysiology of thermoregulation in endothermic dung beetles: Ecological and geographical implications. Insect Ecology and Conservation. ISBN: 978-81-308-0297-8.

Villarreal, H., M. Álvarez., S. Córdoba, F. Escobar., G. Fagua., F. Gast, H. Mendoza, M. Ospina y A.M. Umaña. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Segunda edición. Bogotá, Colombia. 236 pp.

Werenkraut, V. 2010. Patrones altitudinales en la diversidad de coleópteros y hormigas epigeos del noreste de la Patagonia, Argentina. Tesis doctoral. Facultad de ciencias exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. 240 pp.

Yanes-Gómez, G y M.A. Morón. 2010. Fauna de coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México. Su potencial como indicadores ecológicos. Acta Zoológica Mexicana (n.s.) 26(1): 123-145.

Zunino, M. 2003. Tribu Onthophagini. Pp. 66-67. En: M. A. Morón (ed). Atlas de los escarabajos de México. Coleóptera Lamellicornia. Vol. 2: Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Aragonia Editio. Barcelona. 227pp.

11. Anexo.

11.1 Láminas de los escarabajos colectados.

Lámina 1



Diplotaxis angularis ♂



Diplotaxis mexcala ♂



Diplotaxis tarsalis ♀



Phyllophaga (Listrochelus) cuicateca ♂



Phyllophaga (Listrochelus) sp.1 ♀



Chlorixanthe flavoviridis ♀



Euphoria basalis ♀



Euphoria canescens ♀



Euphoria dimidiata ♀



Euphoria leucografa ♀



Euphoria subtomentosa ♀



Golofa tepaneneca ♂



Canthon (Canthon) humectus ♂



Phaneus quadridens ♂



Phaneus quadridens ♂



Euoniticellus intermedius ♀



Onthophagus durangoensis ♂



Onthophagus mexicanus ♂



Onthophagus lecontei ♂



Labarrus pseudolividus



Agrylinus aztecus



Planolinellus vittatus



Blackburneus saylorea



Bolborhombus sallaei sallaei

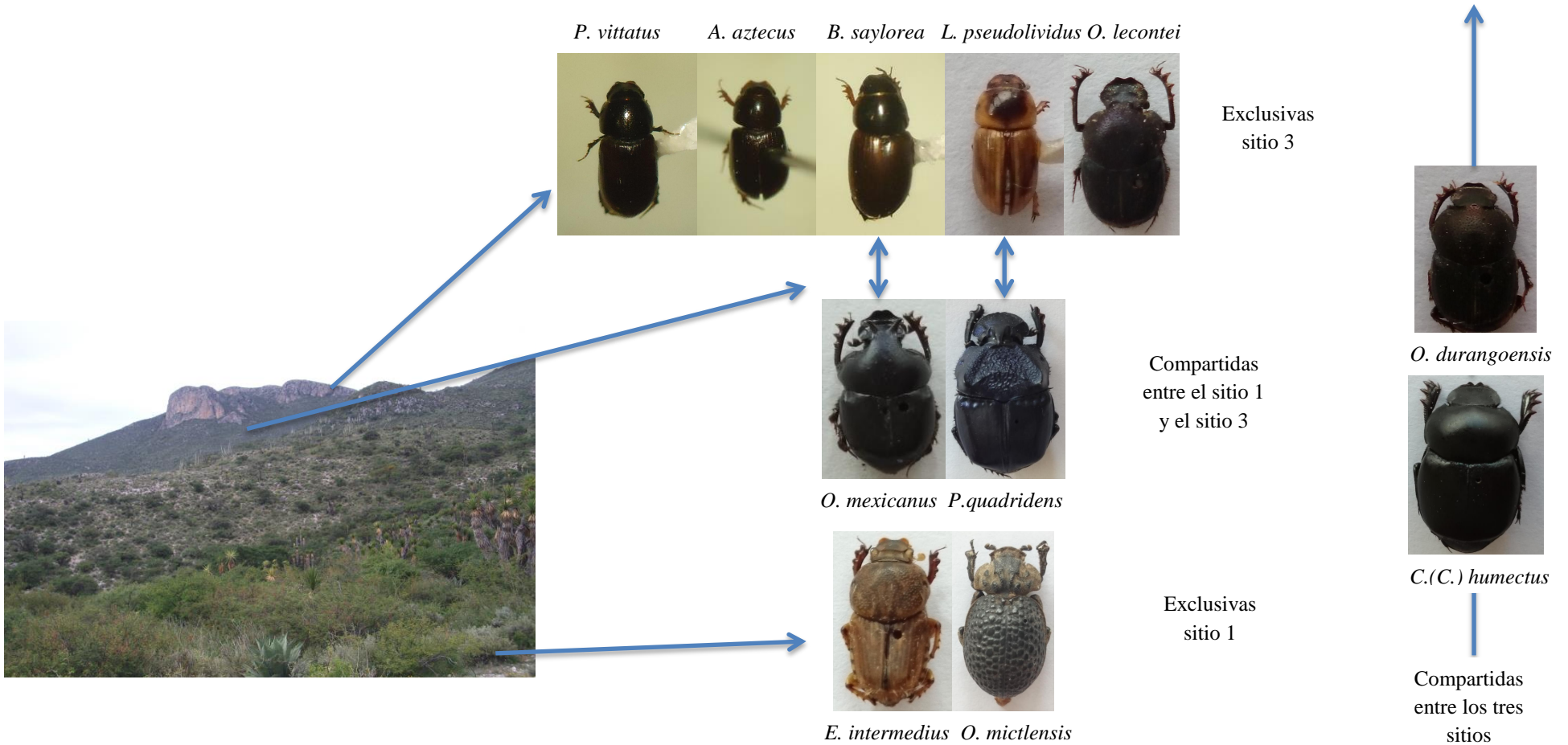


Omorgus miclensis ♀



Ptichopus angulatus

11.2. Especies de escarabajos copro-necrófagos exclusivas y compartidas en los sitios de estudio en el Cerro Chacateca, Zapotitlán Salinas, Puebla.



11.3. Especies de escarabajos fitófagos exclusivas y compartidas entre el sitio 1 y el sitio 3 en el Cerro Chacateca, Zapotitlán Salinas, Puebla.



C. flavoviridis *D. tarsalis* *D. mexcala* *P.(L.) sp 1.* *G. tepaneneca*

Exclusivas del sitio 3



E. basalis



D. angularis



E. canescens *E. leucografa* *E. subtomentosa* *E. dimidiata* *P. (L.) cuicateca*

Exclusivas del sitio 1

Compartidas entre el sitio 1 y el sitio 3