



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA



SCARABAEOIDEA (INSECTA: COLEOPTERA)
COMO INDICADOR DEL ESTADO DE
CONSERVACIÓN DE LA SELVA BAJA
CADUCIFOLIA EN LA SIERRA DE TAXCO,
GUERRERO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
ANAHÍ ARELY BARRERA LÓPEZ

Directora: Biól. María Magdalena Ordóñez Reséndiz
Colección Coleopterológica, Museo de Zoología

CIUDAD DE MÉXICO

Agosto 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

A Dios, fuente de todo conocimiento, por permitirme empezar y concluir este trabajo de tesis que empezó como un sueño y terminó como una realidad.

A mi amada familia, por el amor, la paciencia, los consejos y el apoyo brindado en todo momento.

A la profesora Magdalena Ordóñez, directora de este trabajo de tesis, mi más sincero agradecimiento por el tiempo y apoyo dedicado en enseñarme todo lo necesario para que este trabajo de tesis fuera concluido y también agradezco por la pasión transmitida hacia los hermosos escarabajos.

A mis sinodales, la maestra Angélica Flores, la profesora Leticia López, el doctor David Nahum Espinosa y el profesor Roberto Cristóbal por sus valiosas sugerencias y comentarios que enriquecieron este trabajo.

A la doctora Catalina Machuca y el profesor Ernesto Vallejo, por la formación académica que forjaron en mí.

A mis amigos, especialmente a ti querida Naty, por tus oraciones y amistad incondicional que fueron pilar en este trabajo; a ti querida Dany, por tu amistad y el apoyo proporcionado que hicieron mi estancia en la Universidad más agradable y a ti querida Ivonne por estar siempre a mi lado.

A mi colega, mentora y amiga Carmen Cruz, por sus oraciones, amistad e interés que fortalecieron la conclusión de este trabajo.

A ti querido David, por permanecer a mi lado.

A María Elena Mérida, por sus oraciones y por ser como una madre que siempre ha estado al pendiente de mis proyectos, no siendo éste la excepción.

A mis compañeros de la Colección Coleopterológica: Gustavo, Venus, Karen y Luis, por los consejos y el apoyo brindado durante toda mi estancia en la colección.

Y a todas aquellas personas que hicieron posible que este trabajo finalizara con éxito.

DEDICATORIA

Al Amado y Deseado de mi alma a quien debo todo lo que soy y lo que tengo, por ser en quien mi alma descansa y encuentra un ser fiel infalible.

A mis padres, por ser el apoyo incondicional y por ser ejemplos dignos de seguir, de quien estoy y seguiré estando muy orgullosa de ser llamada su hija.

A mis hermanas, por escuchar todas mis locuras y aconsejarme en todo momento.

A Naty, por ser el regalo máspreciado de amistad dado por nuestro Dios.

"El fin de todo el discurso oído es este: Teme a Dios, y guarda sus mandamientos; porque esto es el todo del hombre" (Salomón 935 a.C.).

CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
ÍNDICE DE CUADROS	iv
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	2
GENERALIDADES DE SCARABAEOIDEA.....	4
Morfología	4
Sistemática.....	6
Importancia ecológica.....	7
Scarabaeoidea como bioindicador	9
HIPÓTESIS.....	13
OBJETIVOS.....	13
ÁREA DE ESTUDIO.....	14
MÉTODO	16
Material entomológico.....	16
Preparación de ejemplares.....	18
Manejo de datos	21
RESULTADOS	24
Lista de especies	24
Representatividad de las muestras	29
Diversidad de las comunidades (alfa)	32
Diversidad entre hábitats (beta).....	33
Composición de especies bioindicadoras	35
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	37
Lista de especies	37
Representatividad de la muestra.....	39
Diversidad dentro de las comunidades (alfa).....	40
Diversidad entre hábitats (beta).....	41
Composición de especies bioindicadoras	42
RECOMENDACIONES	52
CONCLUSIONES.....	53
LITERATURA CITADA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1	Vista dorsal de <i>Planolinellus vitattus</i> mostrando las principales regiones y estructuras externas del grupo Scarabaeoidea 5
2	Ubicación de los sitios de muestreo 15
3	Montaje de escarabajo en posición correcta. 19
4	Ejemplar de escarabajo en su fase final de montaje 19
5	Riqueza de familias en la zona de estudio. 28
6	Abundancia de familias en la zona de estudio..... 28
7	Riqueza y abundancia de Scarabaeoidea en las localidades de estudio..... 29
8	Estimación de riqueza de especies en Agua Bendita. 30
9	Estimación de riqueza de especies en El Naranjo..... 31
10	Estimación de riqueza de especies en Icatepec..... 31
11	Estimación de riqueza de especies en Tecuiziapa 32
12	Composición de especies en la zona de estudio. 34
13	Abundancia de los grupos bioindicadores presentes en las localidades..... 36
14	Proporción de los grupos funcionales en la localidad de Chamela, Jalisco. 43
15	Proporción de los grupos funcionales en la localidad de Acahuizotla. 43
16	Proporción de los grupos funcionales en las cuatro localidades de estudio. 44
17	Sitio de muestreo en la localidad de Icatepec 48
18	Carretera presente en la localidad de Tecuiziapa. 48
19	Actividad de minería presente en la localidad de Agua Bendita. 49
20	Vías del tren presentes en la localidad de El Naranjo. 50
21	Estrategia de manejo propuesta para la zona de estudio 52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1	Taxones bioindicadores del grupo Scarabaeoidea..... 12
2	Lista de especies de Scarabaeoidea encontradas en las localidades de estudio. 24
3	Valores de diversidad de las localidades estudiadas 33
4	Valores de similitud (Jaccard) entre las localidades estudiadas 33
5	Valores de complementariedad de las localidades estudiadas..... 34
6	Géneros bioindicadores del grupo Scarabaeoidea..... 35
7	Especies de Scarabaeoidea que son nuevos registros para Guerrero..... 38

RESUMEN

En este trabajo se analizó la diversidad y composición de la superfamilia Scarabaeoidea con el propósito de determinar el estado de conservación de cuatro zonas de selva baja caducifolia ubicadas al sur de la Sierra de Taxco Guerrero. Durante los meses de enero a septiembre de 2014 se capturaron ejemplares mediante métodos directos e indirectos. En total se encontraron 655 ejemplares adultos que corresponden a 74 especies incluidas en cuatro familias, nueve subfamilias, 16 tribus y nueve subtribus. Las especies registradas representan el 23% del total de especies reportadas para el estado de Guerrero. Se encontraron nueve nuevos registros para el estado. El Naranja presentó la mayor riqueza, diversidad y equitatividad (41 especies, $H'=3.387$, $J'=0.787$). Se observó que la similitud entre las localidades es baja (I_j menor a 0.5). El mayor recambio de especies se encontró entre Icatepec y Tecuiziapa ($C_{AB}=0.740$) probablemente por la fragmentación de la zona de Tecuiziapa. Se tomaron en cuenta 18 géneros como grupos bioindicadores, cinco fueron considerados de ambientes perturbados y 13 de ambientes conservados, de los cuales en la zona de estudio estuvieron presentes los taxones *Paranomala*, *Phyllophaga*, *Canthon* y *Copris* (ambientes perturbados) y *Deltochilum*, *Paxillus*, *Ptichopus* y *Uroxys* (ambientes conservados). Todas las localidades presentaron al menos dos taxones de ambientes perturbados, reflejando así que todas las localidades tienen cierto grado de disturbio; no obstante, Icatepec fue la localidad que presentó el mayor número de indicadores de ambientes conservados (*Deltochilum*, *Paxillus*, *Ptichopus*) y la proporción de éstos fue la mayor con respecto a las otras localidades, por tanto se concluye que esta localidad es la menos perturbada de las consideradas en el área de estudio.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las actividades humanas han modificado de forma diferencial diversos tipos de vegetación. El bosque tropical caducifolio, selva seca o selva baja caducifolia (SBC) (Challenger & Soberón 2008) es la comunidad vegetal más afectada, ya que su superficie original constituía alrededor del 17% del territorio nacional (Rzedowski 1978) y se ha reducido dramáticamente hasta un 11.26% (7.93 millones de hectáreas en condición primaria y 14.19 millones en condición secundaria) de acuerdo con Challenger y Soberón (2008). Estas selvas son vitales para muchas poblaciones humanas que extraen madera y leña, entre otros productos; además de que prestan importantes servicios ambientales como captura de carbono, conservación de suelos y de biodiversidad.

La acelerada pérdida de cobertura vegetal de las selvas secas ha llevado a promover diversas investigaciones y acciones orientadas a su conservación, dentro de éstas se encuentra el decreto de áreas naturales protegidas con una estrategia regional de uso sustentable *sensu* Halffter (2002), como la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (REBIOSH) que resguarda los últimos reductos de la SBC del estado de Morelos.

Sin embargo, también es importante evaluar el estado de conservación de los remanentes de estas selvas con el propósito de aportar datos que permitan en un futuro diseñar estrategias para su mejor aprovechamiento. En este sentido, recientemente se ha aplicado el enfoque de utilizar grupos de organismos indicadores de la conservación de la biodiversidad (Halffter 2002). Los bioindicadores son aquellos grupos cuyas características (presencia, abundancia y densidad) pueden utilizarse como un criterio para evaluar el estado de conservación, diversidad, endemismo y el grado de intervención o grado de perturbación en los ecosistemas naturales (Landres *et al.* 1988).

Los insectos son los animales más abundantes y diversos que han colonizado la Tierra, invadiendo prácticamente todos los ambientes terrestres y acuáticos existentes (Brusca & Brusca 1990). Hoy en día, diferentes grupos de insectos han sido reconocidos por ser importantes elementos bioindicadores de la calidad de los ecosistemas (Noss 1990), debido a que son sensibles a los cambios ambientales, se reproducen rápidamente, presentan grandes tamaños poblacionales, son relativamente fáciles de muestrear y muchos de ellos son relativamente sedentarios (Longcore 2003).

Dentro del grupo de los insectos, el más abundante y diverso es el orden Coleoptera (Halffter & Favila 1993, Morón *et al.* 1997, Escobar 2000). Se han descrito alrededor de 358 000 especies, lo cual corresponde aproximadamente al 40% del total de insectos (Costa 2000). Esta gran biodiversidad ha permitido que varias familias sean usadas como elementos bioindicadores, uno de los grupos más reconocidos son los coleópteros de la superfamilia Scarabaeoidea (Morón *et al.* 1997, Anderson & Ashe 2000, Campos & Fernández 2002).

Entre las causas más graves de la pérdida de SBC se encuentra la fragmentación por actividades humanas; la agricultura, el pastoreo, la minería y la infraestructura urbana causan la extinción de especies, la modificación de la biodiversidad y alteraciones en el funcionamiento de sus ecosistemas (Didham *et al.* 1996). Por lo anterior, en este trabajo de tesis se analizó la composición de la superfamilia Scarabaeoidea de cuatro localidades de SBC de la Sierra de Taxco, con el propósito de conocer su estado de conservación y evaluar de forma preliminar el efecto de las actividades humanas. La Sierra de Taxco es un importante sistema montañoso reconocido por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) como parte de la región terrestre prioritaria 120 "Sierras de Taxco-Huautla" por la gran riqueza biológica de sus cañadas (Arriaga *et al.* 2000), donde predomina el bosque de *Quercus*, pero en las partes bajas y hacia el sur de la sierra se encuentra también vegetación de SBC (Martínez *et al.* 2004) y existen varios asentamientos humanos.

GENERALIDADES DE SCARABAEOIDEA

Los coleópteros de la superfamilia Scarabaeoidea, conocidos comúnmente como escarabajos, son uno de los grandes grupos del orden Coleoptera y uno de los taxa de la clase Insecta mejor conocidos del mundo y de México. Actualmente se han descrito casi 30 000 especies a nivel mundial, de las cuales 1 713 se han registrado para México (Martín-Piera & López-Colón 2000, Morón 2003).

Estos escarabajos se encuentran en diversos biomas terrestres, desde las tierras bajas tropicales, los desiertos y los bosques húmedos de mediana altitud, hasta los bosques templado-fríos de las partes más altas de las montañas y los pastizales alpinos. Muestran un amplio espectro alimentario, aunque la mayoría son fitófagos y saprófagos, alimentándose de diversas partes de las plantas como raíces, hojas, flores, etc., así como de materia vegetal y animal en descomposición (Martín-Piera & López-Colón 2000).

Morfología

Los adultos de los escarabajos se caracterizan por tener el primer par de alas muy endurecido que forma un estuche protector para las alas membranosas y las partes blandas del dorso del abdomen. Su forma varía de acuerdo con su sexo y el grupo al cual pertenecen (Morón 2004).

En general, el cuerpo de un escarabajo tiene las tres regiones de un insecto: cabeza, tórax y abdomen (Ratcliffe *et al.* 2002). La cabeza es pequeña y tiene un par de mandíbulas y un par de maxilas como apéndices masticadores que le sirven para comer. Un par de antenas lameladas, llamadas así porque terminan en pequeñas láminas o plaquitas denominadas lamelas, que son órganos sensoriales que perciben tanto las condiciones del ambiente como los olores del alimento. Y poseen un par de ojos compuestos, cada ojo corresponde a una agregación de varios cientos de unidades visuales designadas omatidias, cada una de las cuales se encuentra en una foseta, es decir, una de las divisiones de la

córnea. Su tórax está dividido en tres partes, cada una con un par de patas (Fig. 1). La primera, el protórax, es grande y en ocasiones tiene cuernos, tubérculos y fosetas. La segunda, el mesotórax, es pequeña y se compone por un par de alas endurecidas o élitros, y la tercera es un segundo par de alas membranosas. Su abdomen está formado por ocho segmentos más o menos móviles que terminan en una placa pigidial que cubre el orificio anal y las aberturas genitales.

Las patas están constituidas por nueve segmentos articulados entre sí, en el punto de articulación con un segmento del tórax se encuentra la coxa, seguida por un trocánter, el fémur, la tibia y cinco artejos pequeños que conforman la región del tarso, el último de los cuales presenta un par de uñas afiladas. La forma y las proporciones de estas patas varían bastante entre los distintos grupos de estos escarabajos, pero en general el par de patas anteriores tiene las tibias aplanadas, por lo cual resultan muy adecuadas para excavar; mientras que los otros dos pares de patas tienen forma más o menos cilíndrica, y son utilizados para empujar durante la marcha o la excavación (Morón 2004).

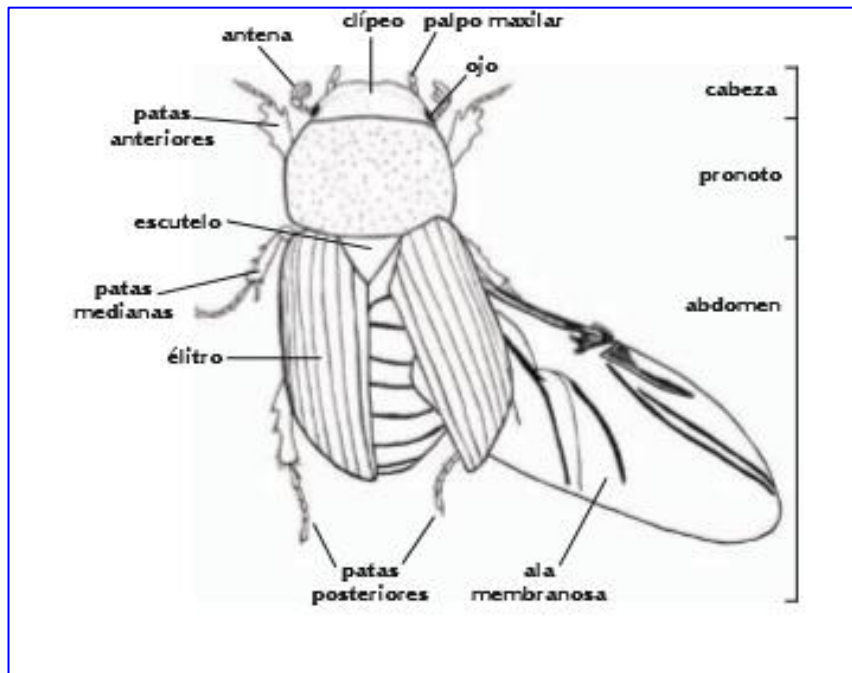


Fig. 1 Vista dorsal de *Planolinellus vitattus* mostrando las principales regiones y estructuras externas del grupo Scarabaeoidea (Imagen tomada de Martínez *et al.* 2011).

Sistemática

La superfamilia Scarabaeoidea, es uno de los grupos de insectos más estudiados del mundo, por tanto, se han generado muchas propuestas para su clasificación, dicha clasificación ha sufrido diversas modificaciones a nivel supragenérico (Kohlmann & Morón 2003). En la actualidad, a nivel mundial se utilizan varias clasificaciones a nivel de familia; no obstante, prevalecen tres clasificaciones (Morón *et. al.* 1997). A continuación se presentan esas tres clasificaciones y también se mencionan algunos de los caracteres taxonómicos que se tomaron en cuenta para hacer la agrupación de las familias propuestas.

- ❖ Janssens (1949, citado en Kohlmann & Morón 2003). Esta clasificación incluye tres familias: Lucanidae, Passalidae, y Scarabaeidae. Janssens tomó en cuenta caracteres como la existencia de dientes móviles en las mandíbulas, el número de artejos que forman la maza antenal, la posición del escutelo y la forma de la placa pigidial.
- ❖ Balthasar (1963, citado en Kohlmann & Morón 2003). Propone 18 familias que son Lucanidae, Passalidae, Scarabaeidae, Aphodiidae, Aegialidae, Hybosoridae, Ochodaeidae, Trogidae, Geotrupidae, Pachypodidae, Glaphyridae, Systellopodidae, Melolonthidae, Phaenomeridae, Euchiridae, Rutelidae, Dynastidae y Cetoniidae. Para la agrupación de estas familias consideró la morfología, la anatomía, la biología de larvas y adultos, así como la distribución de las especies.
- ❖ Endrödi (1966, citado en Kohlmann & Morón 2003). Propone cinco familias: Trogidae, Passalidae, Lucanidae, Melolonthidae y Scarabaeidae. La separación de estas cinco familias se basa en ocho caracteres morfológicos, de biología y distribución de los adultos y las larvas (forma del cuerpo, dimorfismo sexual, antenas, patas, forma de larvas, patas de larvas, alimento y distribución).

Cabe mencionar que existe una clasificación reciente realizada por Bouchard *et al.* (2011). Ellos agrupan a las especies en 14 familias: Beloinidae, Coprinisphaeridae, Diphylostomatidae, Geotrupidae, Glaphyridae, Glaresidae, Hybosoridae, Lucanidae, Ochodaeiade, Pallichnidae, Passalidae, Pleocomidae, Scarabaeidae y Trogidae. Esta clasificación, sigue la tendencia de Lawrence y Newton (1982); sin embargo, no se conoce cuáles son los caracteres en los que se basaron para hacer la agrupación de 14 familias.

Importancia ecológica

Los representantes de Scarabaeoidea participan en el ecosistema en diversas funciones, para entender la importancia ecológica que desempeñan estos coleópteros es necesario conocer los grupos funcionales (hábitos tróficos) basados en la alimentación de las larvas y adultos de estos escarabajos.

Existen cuatro grupos funcionales que agrupan las especies de esta superfamilia: saprófagos, saprofitófagos, fitófagos y depredadores (Deloya *et al.* 2007).

Dentro de los saprófagos se consideran los organismos que se alimentan de materia orgánica en descomposición, ya sea de origen vegetal o de origen animal. La importancia de este grupo radica en que llevan a cabo los procesos de descomposición y mineralización de la materia orgánica. La ausencia de estos organismos puede tener consecuencias ecológicas perjudiciales tales como un retraso en la velocidad de recirculación de los materiales utilizados por las plantas, la permanencia del estiércol en la superficie del suelo que no permite haya un desarrollo adecuado de la hierba (Matthews 1975); la cría de grandes cantidades de moscas en el estiércol, como el género *Haematobia* (Linnaeus) que chupa sangre del ganado y reduce su productividad, mientras que otras especies como *Musca* Linnaeus (Muscidae) causan molestias sanitarias al hombre (Gillard 1967).

Los saprofitófagos son aquellos organismos que se alimentan de diversas partes de los organismos vegetales como son el follaje, la madera, las flores, frutos, tallo, polen, néctar y savia. Estos organismos desempeñan funciones importantes dentro de las comunidades bióticas por su papel en la polinización de numerosas especies vegetales, principalmente herbáceas y leñosas (Miranda *et al.* 1998, Andresen & Feer 2005). Participan también en la degradación y reciclaje de la materia orgánica. Por ejemplo, los escarabajos que procesan la madera depositada en el suelo de los bosques son un factor muy importante para acelerar la circulación de la energía almacenada durante años en los troncos, contribuyendo con sus excrementos en la formación de suelo negro (humus) que es favorable para el crecimiento de los vegetales y hongos. Sin la participación de algunos de estos grupos que procesan la madera, este proceso puede tardar diez veces más tiempo en completarse (Morón 2004).

Los escarabajos fitófagos se alimentan de las raíces y del follaje de las plantas. Cabe mencionar que las larvas de estos organismos han despertado el interés de las autoridades fitosanitarias, debido a que en su mayoría son consideradas las causantes de daños importantes en cultivos vegetales, muchos de estos escarabajos como las especies de *Phyllophaga* Harris y *Anomala* Samouelle han causado serios daños a los cultivos de maíz, trigo, frijol, entre otros (Morón 2004).

La importancia del grupo de los depredadores radica en que son reguladores de las poblaciones de ciertas especies que pueden llegar a ser plagas; por ejemplo, se conoce que las especies del género *Hemiphileurus* Kolbe atacan y devoran larvas de la familia Tenebrionidae (Morón *et al.* 1997) que tiene algunos miembros que se han reportado como plagas de granos de maíz almacenado, como la especie *Latheticus oryzae* Waterhouse (Mazzani *et al.* 2004). Sin la participación de escarabajos depredadores, especies como la mencionada se convertirían en plagas que producirían grandes pérdidas económicas.

Por otra parte, debido a su diversidad, abundancia y valor nutritivo, estos escarabajos son una fuente importante de alimento para muchos animales del bosque (Morón 2004), además, en estado larvario consumen gran cantidad de sustrato alimentario, evacuan proporciones importantes de heces ricas en nutrientes nitrogenados y alimentan a una amplia gama de depredadores mayores, parásitos y parasitoides (Morón 2001).

Scarabaeoidea como bioindicador

Los indicadores biológicos son especies o grupos de especies que presentan alguna reacción que puede ser identificada frente a uno o más factores ambientales. Por ejemplo, cuando se ha alterado el ambiente muchas especies son incapaces de adaptarse ecológica o genéticamente a la condición ambiental alterada, de modo que su ausencia es, de hecho, un indicio del problema (Allaby 1992, García & Rubiano 1984). En otras palabras, los bioindicadores son organismos cuyas características (presencia, ausencia, abundancia y densidad) pueden utilizarse como un criterio para evaluar estudios de interés en los ecosistemas naturales (Landres *et al.* 1988).

Los organismos indicadores se dividen en tres, en virtud de lo que indican: los indicadores ambientales que señalan cambios en el estado del ambiente; los indicadores de biodiversidad que estiman la diversidad de otros taxa en un ecosistema, y los indicadores ecológicos que evalúan el estado de conservación, la fragmentación y el grado de intervención o grado de perturbación en los ecosistemas naturales (Arcila & Lozano-Zombrado 2003).

Han existido diferentes estudios de indicadores ecológicos, los primeros estudios fueron aplicados en el contexto de la industrialización y la consecutiva contaminación ambiental. En el siglo antepasado las aves canoras fueron usadas en regiones mineras de Europa, ellas indicaban el aumento de monóxido de carbono.

El ave canora es un ejemplo típico de la primera generación de indicadores biológicos, revelando síntomas de polución del aire (Tapia *et al.* 1997).

Con mayor conocimiento y entendimiento hoy en día se han realizado diversos trabajos empleando especies de plantas vasculares, briofitas, algas, líquenes, hongos y animales vertebrados (Carignan & Villard 2002). No obstante, se han realizado también estudios con invertebrados, principalmente insectos, ya que han mostrado ser un excelente grupo bioindicador debido al importante papel que desempeñan en el funcionamiento de los ecosistemas: polinización, dispersión de semillas y el reciclaje de materia (Didham *et al.* 1996); además, ha sido demostrada su sensibilidad a los cambios ocasionados por la intervención del ser humano (Escobar & Chacón 2000). Dentro de los insectos que han sido reconocidos como bioindicadores se pueden mencionar las mariposas *Antirrhoea philoctetes avernus* Hopffer de ecosistemas tropicales (Kremen 1992), las “avispa parasitoides” de la familia Ichneumonidae (Hymenoptera) (Shaw & Hochberg 2004), las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) (Alonso 2000), algunos taxones del orden Coleoptera como son Passalidae, Carabidae, los escarabajos copronecrófagos de la subfamilia Scarabaeinae (Schuster 2000, Desender *et al.* 1994, Favila & Halffter 1997), algunas especies de los órdenes de tricópteros, efemerópteros y plecópteros (Prat *et al.* 2009). Hoy en día, de los insectos mencionados anteriormente, los coleópteros son uno de los grupos más reconocidos y utilizados como grupos bioindicadores (Campos & Fernández 2002).

Existen características que un grupo indicador debe tener, éstas han sido analizadas y discutidas por varios autores (Noss 1990, Pearson 1995, Favila & Halffter 1997). A continuación se presentan nueve criterios propuestos por Halffter *et al.* (2001):

1. Ser un grupo bien definido tanto funcional como taxonómicamente (ser un grupo monofilético).

2. El grupo indicador debe estar bien representado tanto en la región como en el sistema que se va a estudiar.
3. El grupo seleccionado deberá reflejar cualquier cambio dentro de la comunidad.
4. Los organismos deberán ser de captura fácil y estandarizable es decir que el método preestablecido pueda aplicarse en cualquier localidad siguiendo un programa estándar.
5. Taxonomía conocida y estable. Las especies deberán ser identificables sin grandes problemas.
6. Historia natural bien conocida.
7. Taxa superiores (tribu, género) con distribución geográfica amplia y en diversos tipos de hábitat.
8. Taxa inferiores (especies y subespecies) sensibles a cambios en el hábitat.
9. Que el grupo indicador refleje patrones de biodiversidad de otros taxa, estén o no relacionados.

De acuerdo con Morón y Aragón (2003), el grupo Scarabaeoidea cumple con todas las características para ser utilizado como un grupo bioindicador. Se han realizado varios estudios a nivel mundial que han considerado a esta superfamilia como indicadora del estado de conservación en diversas áreas. Cabe mencionar que algunos géneros de las familias Melolonthidae, Passalidae y Scarabaeidae son los grupos más reconocidos como bioindicadores (Cuadro 1).

Dentro de los estudios realizados con Scarabaeoidea como grupo indicador para evaluar el estado de conservación en zonas con diferentes grados de perturbación, destaca el llamado “Escarabajos del estiércol como bioindicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la región atlántica de Costa Rica” (Granados et al. 2010), en el cual se encontró que las comunidades de los escarabajos *Phanaeus beltianus* Bates y *Eurystemus caribaeus* Herbst sólo se presentaron en una zona conservada (reserva), mientras que las especies de *Onthophagus praecellens* Bates estaban presentes exclusivamente en ambientes

perturbados (cultivos). Lo anterior corrobora que los grupos de esta superfamilia son una fuente de información sobre la perturbación a la que es sometido un ecosistema, es decir, que son grupos bioindicadores capaces de reflejar el estado de conservación de diversas áreas.

Cuadro 1. Taxones bioindicadores del grupo Scarabaeoidea

Familia	Ambientes perturbados	Ambientes conservados
Melolonthidae	<p><i>Cyclocephala discolor</i> Herbst, <i>C. multiplex</i> <i>Phyllophaga gigantea</i> (Torres et al. 2007)</p> <p><i>Cyclocephala verticalis</i> (Otavo 2013)</p> <p><i>Paranomala inconstans</i> (Ramírez-Salinas et al. 2004, Morón 2010)</p> <p><i>Phyllophaga</i> y <i>Paranomala</i> (Morón et al. 1997).</p>	<p><i>Chrysina kirby</i> y <i>Plusiotis burmeister</i> (Márquez et al. 2013).</p> <p><i>Astaena</i> sp. (Otavo 2013).</p> <p><i>Chasmodia collaris</i>, <i>Euphoria subguttata</i>, <i>E. Leprosa</i>, <i>Hoplopyga ocellata</i> (Reyes 2005).</p>
Scarabaeidae	<p><i>Dichotomius annae</i>, <i>Onthophagus praecellens</i>, <i>O. batesi</i>, <i>Phanaeus pyrois</i>, <i>Scatimus ovatus</i>, <i>Canthon moniliatus</i> (Granados et al. 2010)</p> <p><i>Copris lugubris</i>, <i>Onthophagus batesi</i> (Hernández et al. 2003)</p> <p><i>Canthon</i> aff. <i>rutilans</i>, <i>Onthophagus</i> aff. <i>ranunculus</i> (López et al. 2001)</p>	<p><i>Eurysternus foedus</i> (Navarrete 2009).</p> <p><i>Deltochilum scabriusculum</i>, <i>D. mexicanus</i>, <i>Onthophagus cyclographus</i>, <i>Uroxys deavilaie</i> (Ruiz 2013)</p> <p><i>Dichotomius satanas</i>, <i>Phanaeus beltianus</i>, <i>Eurysternus caribaeus</i> (Granados et al. 2010)</p>
Passalidae		<p><i>Paxillus</i>, <i>Ptichopus</i>, <i>Passalus</i>, <i>Popilius</i>, <i>Spurius</i> (entre otros) (Schuster 2000)</p>

HIPÓTESIS

Las cuatro localidades de estudio se ubican alrededor del mismo sistema de serranías al sur de Taxco y tienen el mismo tipo de vegetación (SBC); sin embargo, no todas presentan el mismo grado de perturbación: en el sitio de muestreo de la localidad Icatepec sólo se observa actividad de ganadería al inicio del transecto; en la localidad de Tecuiziapa está presente una carretera y un río de aguas residuales; en Agua Bendita se presenta actividad de minería; en El Naranja se encuentran las vías de un tren que hoy en día no se encuentra en funcionamiento. Por tanto, se espera que la localidad de Icatepec esté menos perturbada en comparación con las otras tres localidades. La presencia, abundancia y ausencia de grupos indicadores pertenecientes a la superfamilia Scarabaeoidea permitirá confirmar esta aseveración.

OBJETIVOS

General

Evaluar la composición de Scarabaeoidea en cuatro localidades de selva baja caducifolia para determinar el estado de conservación de las áreas de estudio.

Específicos

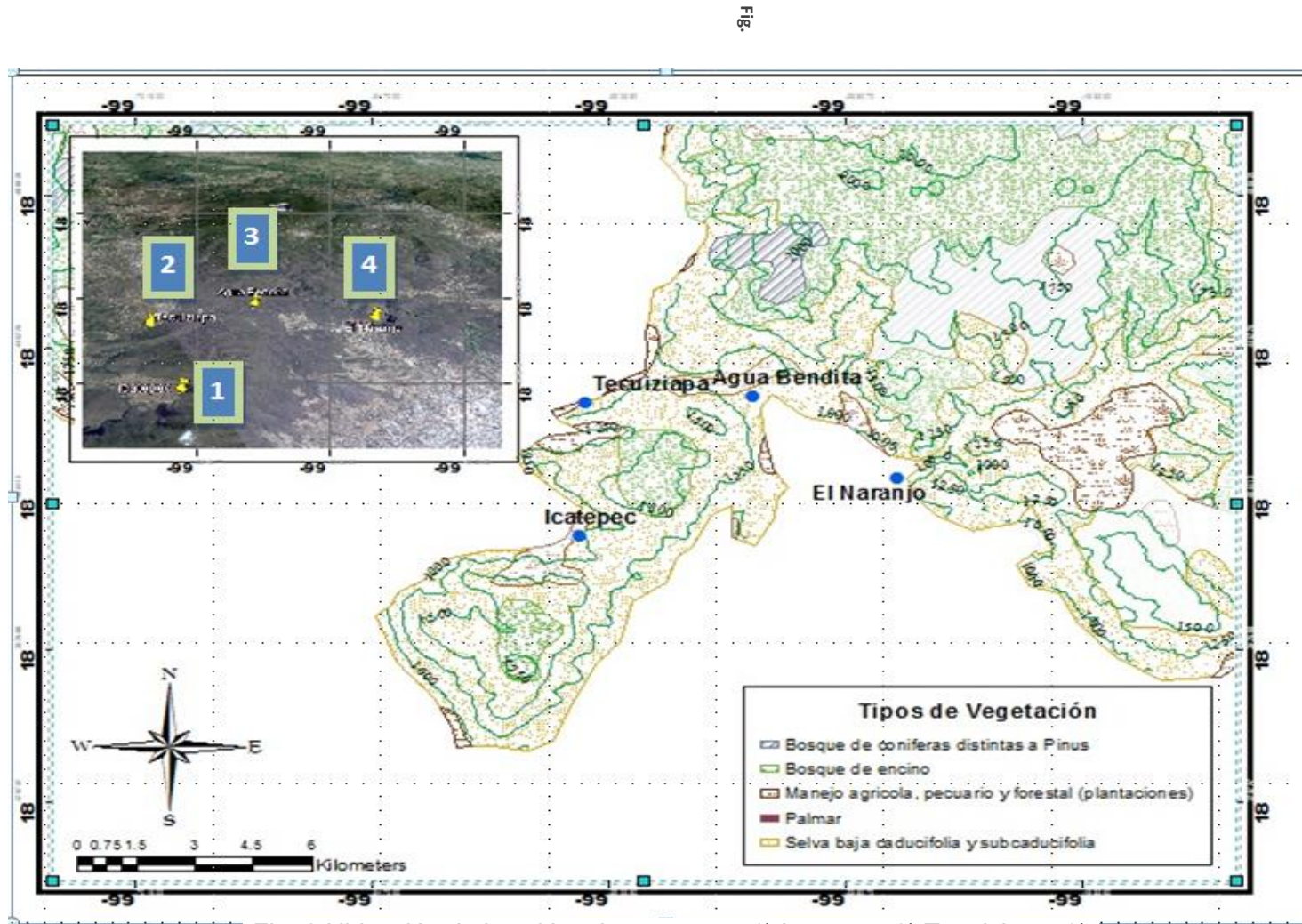
- Elaborar una lista de especies de Scarabaeoidea de cada localidad
- Evaluar la representatividad de la muestra obtenida en cada localidad.
- Determinar la diversidad alfa (α) de cada área.
- Analizar la diversidad beta (β) entre las localidades.
- Comparar la composición de los escarabajos bioindicadores entre las cuatro localidades y determinar su estado de conservación.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio está compuesta por cuatro localidades (Fig. 2) ubicadas entre los municipios de Iguala de la Independencia y Taxco de Alarcón, al sur la Sierra de Taxco, Guerrero.

Las localidades de Agua Bendita, Icatepec y Tecuiziapa se ubican en el municipio Taxco de Alarcón; este municipio se encuentra entre las coordenadas 18°21' y 18°41' de latitud norte y 99°25' y 99°47' de longitud oeste. El clima predominante es desde templado subhúmedo hasta semicálido subhúmedo con lluvias en verano (INEGI 2005). La temperatura promedio anual registrada es de 18 °C en la zona montañosa y mayor a 20 °C en zonas planas. La configuración del suelo de este municipio presenta tres tipos de relieve: zonas accidentadas, zonas semiplanas y zonas planas; las primeras representan el 75% de la superficie municipal, las segundas el 20% y el 5% las terceras. La superficie del municipio se destina a agricultura de riego y temporal, bosque y selva baja caducifolia (SBC) (Majul 2012). La vegetación presente en las tres localidades de estudio es de SBC.

La localidad de El Naranjo se encuentra en el municipio de Iguala de la Independencia, este municipio se encuentra entre las coordenadas 18°11'57" y 18°26'01" de latitud norte y 99°27'07" y 99°38'46" de longitud oeste. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano. El relieve de este municipio es del 40% de zonas accidentadas, que se localizan hacia Coacoyula; 30% de zonas semiplanas, que se encuentran hacia el occidente y el sur del municipio; y 30% de zonas planas, que se ubican al centro, norte y oriente. La vegetación está compuesta por SBC y matorral (Enciclopedia Guerrerense 2015).



MÉTODO

Material entomológico

Para el presente trabajo de tesis se tomaron en cuenta los ejemplares adultos depositados en la Colección Coleopterológica de la FES Zaragoza (CCFES-Z), recolectados en los meses de enero a septiembre del año 2014 en las cuatro localidades mencionadas en el área de estudio. Cabe señalar que en el mes de enero la localidad de El Naranjo no fue visitada debido a que no se permitió el paso a esa localidad.

El material almacenado en la CCFES-Z fue recolectado en cada una de las localidades a lo largo de un transecto de 500 m², con un esfuerzo de captura promedio mensual de cuatro horas en un horario de 8:30 a 13:00 y de 15:00 a 19:00 (recolecta diurna) y 1.5 horas en un horario de 20:30 a 22:00 (recolecta nocturna). Este material fue capturado mediante los siguientes métodos.

Método directo. En este método el colector busca de manera activa a los insectos en su ambiente, usando herramientas que le permitan capturarlos en los sitios donde habitan (Steyskal *et al.* 1986), por lo cual se realizaron revisiones en los siguientes lugares:

- ♥ Hojarasca y suelo. Se buscaron los ejemplares moviendo la hojarasca y el suelo con alguna pala o con las manos.
- ♥ Plantas. Se utilizó una red de golpeo, en la cual caían los insectos que se observaban en las plantas.
- ♥ Troncos en descomposición. Se requirió de una herramienta metálica como un machete, que desprendió la corteza para alcanzar los ejemplares que ahí se localizaban.
- ♥ Materia orgánica en descomposición. Se utilizó una pala pequeña que permitió mover la materia en descomposición y así poder tomar los ejemplares encontrados ahí.

Método indirecto. En este método se colectan los organismos utilizando algún tipo de atrayente. Se utilizan trampas con distintos tipos de atrayentes e incluso existen trampas sin atrayente que se consideran como colecta indirecta porque no se buscan activamente a los organismos (Márquez 2005). Se utilizaron las siguientes trampas en las cuatro localidades de estudio:

- ♥ Trampas sin atrayentes (trampas de “pozo seco”, “de caída” o “pit-fall traps”). Se utilizaron recipientes con capacidad de un litro y se enterraron a nivel de suelo. En esta trampa se retuvieron los organismos que al desplazarse por el suelo, caían dentro del recipiente. Se colocaron cinco trampas “pit-fall” a lo largo del transecto (una cada 100 metros).
- ♥ Trampas con cebos. El nombre de las trampas está dado por el cebo que usan, las trampas empleadas fueron: carpotrampas (con fruta) y necrotrampas (con carroña). El cebo se reemplazó mensualmente al momento de revisar las trampas.
 - La necrotrampa (NTP-80). Se colocaron dos necrotrampas, una al inicio del transecto y otra al final. En cada trampa se utilizó un recipiente pequeño que contenía el cebo (un trozo de carne de calamar en descomposición). Posteriormente éste se metió en un frasco más grande, el cual tenía una tapa a la que se le hicieron algunos orificios para que se dispersara el olor y para que los ejemplares pudieran entrar, este frasco tenía como fijador alcohol al 80%, posteriormente la trampa se enterró en el suelo.
 - La carpotrampa: Para la elaboración de estas trampas se emplearon envases de plástico de un litro, cerrados y con dos pequeñas aberturas laterales. En ellos se colocó el cebo (plátano macho y piña fermentada con cerveza oscura y piloncillo), posteriormente se ubicaron a una altura de dos metros entre el follaje dentro del transecto, una trampa cada 100 metros. El total de carpotrampas empleadas fueron cinco en cada localidad.

- ♥ Trampa de luz: En esta trampa se utilizó una manta de tela blanca de aproximadamente 3 X 3 metros. Ésta se ató a dos árboles de soporte, también se emplearon otras dos mantas que fueron colocadas en el suelo a ambos lados de la manta sujeta a los árboles. Se proyectaron dos lámparas de luz fluorescente blanca y una ultravioleta sobre la manta de soporte. Los eventos de muestreo se llevaron a cabo al anochecer entre las 20:00 a 21:30 horas.

Cada ejemplar recolectado en cada uno de los métodos (directo e indirecto) fue colocado dentro de un tubo con aserrín y se sacrificó con acetato de etilo (C₄H₈O₂) para preservar el espécimen y mantenerlo libre de hongos y otras plagas (Morón & Terrón 1988). Los tubos se etiquetaron con los siguientes datos: nombre de la localidad, hora, fecha, sustrato donde fue capturado, estado en el que se encuentra (activo, inactivo, comiendo, etc.) y por último el nombre de la persona que lo recolectó.

Preparación de ejemplares

Todos los especímenes recolectados fueron trasladados a la Colección Coleopterológica de la FES Zaragoza (CCFES-Z) para la siguiente preparación:

- ❖ **Separación.** Los ejemplares se separaron a nivel de familia con base a su morfología.
- ❖ **Lavado.** Se limpiaron con jabón neutro y agua destilada, ésto para quitar impurezas como excremento o resina que pueden dañar al ejemplar o generar alguna descomposición posterior, y que impiden observar las estructuras de importancia en el proceso de determinación taxonómica.
- ❖ **Montaje.** De cada una de las 74 especies se montó una muestra representativa de individuos utilizando la técnica de preservación en seco para especímenes mayores de 5 mm de longitud y 2 mm de anchura, los

ejemplares fueron atravesados con un alfiler entomológico (de un grosor apropiado de acuerdo su tamaño) en el ángulo anterior izquierdo del élitro derecho (Fig. 3) y los ejemplares que fueron de talla pequeña (menos de 5 mm) se pegaron en pequeñas piezas de cartón, siempre por su lado derecho.

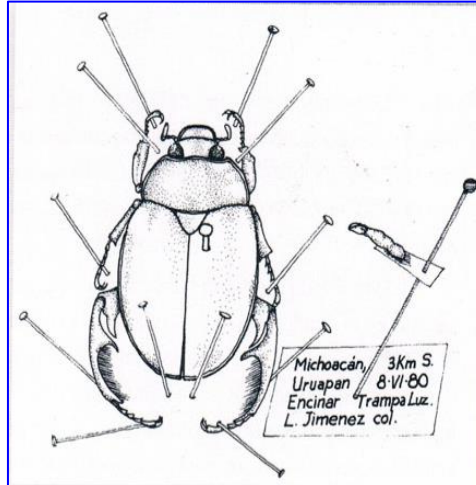


Fig. 3 Montaje de escarabajo en posición correcta con sus órganos genitales masculinos pegados en un triángulo de cartulina (Imagen tomada de Morón 2004).

En cada uno de los especímenes se acomodaron las patas y antenas sosteniéndolas por medio de alfileres comunes de costura (Fig. 3). Los ejemplares se dejaron secar durante una o dos semanas antes de quitar los alfileres comunes y se colocaron las etiquetas con los datos de captura y localidad clavadas al mismo alfiler entomológico (Fig. 4).

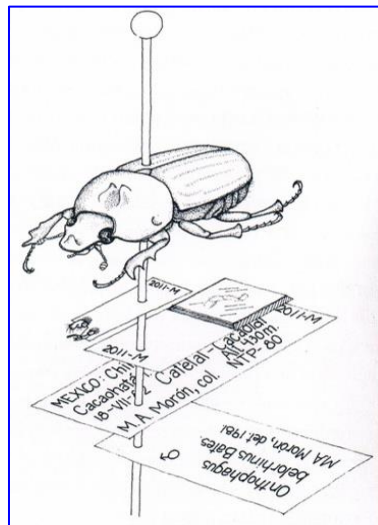


Fig. 4 Ejemplar de escarabajo en su fase final de montaje con etiqueta taxonómica y geográfica (Imagen tomada de Morón 2004).

Para estudios precisos se hicieron extracciones de los órganos genitales esclerosados, los cuales fueron extraídos con ayuda de una aguja delgada y posteriormente se limpiaron en hidróxido de potasio al 10% para eliminar tejido orgánico (Márquez 2005) y se conservaron en seco adheridos a pequeños triángulos de cartulina (Fig. 3).

- ❖ **Determinación taxonómica.** Para la determinación de ejemplares a nivel genérico se utilizaron las claves de Delgado *et al.* (2000) y los Atlas de los escarabajos de México (Morón *et al.* 1997, Morón 2003). Para la determinación a especie se consultaron diversos escritos que incluyeron claves de faunas regionales (Morón *et al.* 1988, Deloya *et al.* 1995, Morón *et al.* 1998), la revisión del género *Euphoria* (Orozco 2012), la clave de las especies del género *Rhyssemus* (Gordon & Cartwright 1980), la clave del género *Psammodyus* (Cartwright 1995) y la revisión del género *Uroxys* (Delgado & Kohlmann 2007). Algunos otros ejemplares se compararon con el material de referencia de la CCFES-Z.

- ❖ **Etiquetado.** Se elaboraron dos etiquetas, en una se colocaron los datos taxonómicos (género, especie, autoridad) y en la segunda los datos de colecta (coordenadas, nombre del sitio de colecta, etc.). Para elaborar las etiquetas se utilizaron piezas de cartulina o papel liso y tinta indeleble, de manera que no se destruyan fácilmente con la humedad. Las piezas genitales y las partes que se separaron del ejemplar también se colocaron en el alfiler, arriba de las etiquetas (Morón 2004).

- ❖ **Organización e incorporación a la CCFES-Z.** Todos los ejemplares etiquetados y montados de manera correcta, se incluyeron en las cajas entomológicas de la Colección.

Manejo de datos

Para el manejo de datos, en el programa Microsoft Excel (2010) se capturaron los datos de recolecta (número de registro, localidad, fecha, hora de captura, sustrato, colector y coordenadas) y taxonómicos (familia, subfamilia, tribu, subtribu, género y especie) de todos los ejemplares. Esta información se estandarizó para eliminar datos repetidos y para ordenar correctamente los nombres de los especies.

Lista de especies. Con los datos estandarizados se elaboró la lista de Scarabaeoidea de las cuatro localidades de la Sierra de Taxco de acuerdo a la clasificación de familias, subfamilias y tribus propuesta por Endrödi (1966 citado en Kohlmann & Morón 2003).

Representatividad de las muestras. Para establecer la representatividad de la muestra de ejemplares obtenida en cada sitio, se elaboraron curvas de acumulación de especies que representan funciones de acumulación o métodos no paramétricos (Moreno 2001). Para ello se usó el programa EstimateS 8.2.0 (Colwell 2000).

Diversidad alfa. Para calcular la diversidad alfa en cada localidad, se utilizó el índice de Shannon-Wiener (H') y el índice el índice de Pielou (índice de equidad) (Moreno 2001), de acuerdo con las siguientes fórmulas:

Índice de Shannon

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \gamma \quad \sum p_i = 1$$

Donde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Pielou

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde:

$H'_{\max} = \ln(S)$.

H' es el valor del índice de Shannon-Wiener.

Diversidad beta. Para determinar la diversidad beta se utilizó el coeficiente de similitud de Jaccard y la complementariedad de la composición de especies (Moreno 2001) de acuerdo con las siguientes fórmulas.

Coeficiente de similitud de Jaccard

$$I_J = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

Complementariedad

Para obtener este valor se obtuvieron primero dos medidas:

I. La riqueza total para ambos sitios combinados:

$$SAB = a + b - c$$

Donde:

a es el número de especies del sitio A

b es el número de especies del sitio B

c es el número de especies en común entre los sitios A y B

II. El número de especies únicas a cualquiera de los dos sitios:

$$UAB = a + b - 2c$$

A partir de estos valores se calculó la complementariedad de los sitios A y B de la siguiente manera:

$$C_{AB} = \frac{U_{AB}}{S_{AB}}$$

Evaluación de la composición de los taxones bioindicadores. Para conocer cuales son los taxones que se han reportado como bioindicadores se realizaron revisiones bibliográficas exhaustivas de estudios que se han enfocado al uso de coleópteros como bioindicadores del estado de conservación de ciertas zonas, algunos ejemplos de ellos fueron: Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico (Otavo *et al.* 2013), Fauna de coleópteros Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México, su potencial como indicadores ecológicos (Yanes Gómez & Morón 2010), Diversidades α , β y γ de escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera Scarabaeoidea) en un paisaje de selva siempre verde en Chiapas, México (Navarrete 2009).

Una vez que se obtuvo la lista de los taxones bioindicadores, se escogieron los taxones que se han registrado en vegetación de SBC y se realizó una comparación de la composición y abundancia de estos taxones en cada una de las cuatro localidades, con lo que se obtuvo un conocimiento del estado de conservación de las zonas de estudio.

RESULTADOS

Lista de especies

En el área de estudio se recolectaron 655 ejemplares adultos de la superfamilia Scarabaeoidea, los que corresponden a 74 especies incluidas en cuatro familias, nueve subfamilias, 16 tribus, nueve subtribus y 34 géneros.

En el Cuadro 2 se presenta una lista taxonómica de las especies de Scarabaeoidea encontradas en cada una de las localidades, de acuerdo con la clasificación de Endrödi (1966 citado en Kohlmann & Morón 2003), x representa las especies no encontradas y los números representan el número de individuos encontrados para cada especie.

Cuadro 2. Lista de especies de Scarabaeoidea encontradas en las localidades de estudio.

	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
MELOLONTHIDAE				
Cetoniinae				
Cetoniini				
Cetoniina				
<i>Euphoria leucographa</i> (Gori & Percheron, 1833)	2	1	4	10
<i>Euphoria pulchella</i> (Gory & Percheron, 1833)	3	6	4	x
<i>Euphoria iridiscens</i> Schaum, 1841	x	2	x	x
<i>Euphoria basalis</i> (Gory & Percheron, 1833)	4	x	x	x
Gymnetini				
Gymnetina				
<i>Guatemala sp.</i>	x	x	x	1
<i>Guatemala marginicollis</i> (Burmeister, 1842)	x	1	x	1
<i>Cotinis mutabilis</i> Gory & Perchero, 1833	x	2	x	x
Dynastinae				
Pentodontini				
<i>Orizabus sp.</i>	x	1	x	x
Phileurini				
<i>Hemiphileurus sp.1</i>	x	x	1	x
<i>Hemiphileurus sp.2</i>	x	1	x	2
Melolonthinae				
Melolonthini				
Diplotaxina				

Cuadro 2. Continuación de lista de especies	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
<i>Diplotaxis</i> sp.1	x	1	2	x
<i>Diplotaxis</i> sp.2	1	1	1	x
<i>Diplotaxis</i> sp.3	x	x	x	1
<i>Diplotaxis</i> sp.4	x	1	2	x
<i>Diplotaxis</i> sp.5	6	7	17	6
<i>Diplotaxis</i> sp.6	1	3	1	x
<i>Diplotaxis</i> sp.7	x	1	x	13
<i>Diplotaxis</i> sp.8	10	x	1	1
Rhizotrogina				
<i>Phyllophaga</i> sp.1	x	1	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.2	x	1	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.3	x	9	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.4	x	1	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.5	x	1	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.6	x	1	x	x
<i>Phyllophaga</i> sp.7	x	x	x	1
<i>Phyllophaga</i> sp.8	x	1	x	x
<i>Phyllophaga setifera</i> Burmeister, 1855	x	x	1	x
Rutelinae				
Anomalini				
Anomalina				
<i>Paranomala</i> sp.1	x	4	1	x
<i>Paranomala</i> sp.2	1	x	x	x
<i>Paranomala</i> sp.3	2	x	1	x
<i>Paranomala histrionella</i> Bates, 1888	x	1	x	x
<i>Strigoderma sulcipennis</i> Burmeister, 1844	x	4	x	2
<i>Paranomala villosela</i> Blanchard, 1850	2	x	x	x
Rutelini				
<i>Macraspis aterrima</i> (Waterhouse, 1881)	x	3	x	x
<i>Calomacraspis splendens</i> (Burmeister, 1844)	1	x	x	x
<i>Pelidnota virescens</i> Burmeister, 1844	1	x	x	1
SCARABAEIDAE				
Aphodiinae				
Aphodiini				
<i>Aphodius</i> sp.1	1	x	x	1
<i>Aphodius</i> sp.2	1		x	x
<i>Labarrus pseudolividus</i> (Oliver, 1789)	x	x	x	1
Eupariini				
<i>Ataenius</i> sp.	3	x	x	4
<i>Saprosites</i> sp.	x	3	x	x
<i>Ataenius texanus</i> Harold, 1874	31	1	x	74
<i>Ataenius sculptor</i> Harold, 1868	x	6	2	62
<i>Ataenius liogaster</i> Bates, 1887	1	10	3	53
Psammodiini				

Cuadro 2. Continuación de lista de especies	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
<i>Rhysserus spangleri</i> Gordon & Cartwright, 1980	x	x	x	19
<i>Neopsammodius veraecrucis</i> Bates, 1887	x	x	x	1
<i>Neopsammodius aff. mimeticus</i> (Fall, 1932)	x	x	x	1
Geotrupinae Bolboceratini				
<i>Bolbocerastes</i> sp.	x	x	2	x
Hybosorinae				
<i>Hybosorus</i> sp.	x	7	1	x
Scarabaeinae Coprini Coprina				
<i>Copris</i> sp.	x	2	2	1
<i>Copris rebuchei</i> Harold, 1869	x	x	1	3
<i>Copris lugubris</i> Boheman, 1858	x	1	x	1
Dichotomiina				
<i>Canthidium</i> sp.	3	x	6	x
<i>Dichotomius colonicus</i> (Say, 1835)	1	1	x	x
<i>Dichotomius amplicollis</i> (Harold, 1869)	3	3	6	1
<i>Uroxis transversifrons</i> Howden & Gill, 1987	x	x	x	1
<i>Ateuchus rodriguezii</i> (de Borre, 1886)	x	2	x	x
Onitini				
Phanaeina				
<i>Phanaeus mexicanus</i> Harold, 1863	1	3	7	2
<i>Phanaeus daphnis</i> Harold, 1863	x	1	3	5
<i>Phanaeus demon</i> Laporte de Castelnau, 1840	1	x	2	1
<i>Coprophaeus pluto</i> (Harold, 1863)	1	x	1	x
<i>Phanaeus amithaon</i> Harold, 1875	x	x	2	x
Onthophagini				
<i>Onthophagus</i> sp.1	1	x	x	1
<i>Onthophagus</i> sp.2	x	x	x	1
<i>Onthophagus</i> sp.3	1	x	X	1
<i>Onthophagus</i> sp.4	x	x	1	x
<i>Digitonthophagus gazella</i> (Fabricius, 1787)	x	x	4	x
Scarabaeini Canthonina				
<i>Deltochilum tumidum</i> Howden, 1966	3	2	9	x
<i>Canthon cyanellus</i> LeConte, 1859	22	6	8	8
<i>Canthon viridis</i> (P.de Beauvois, 1805)	3	6	5	2
<i>Canthon humectus incisus</i> Robinson, 1948	2	1	28	x

Cuadro 2. Continuación de lista de especies	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
PASSALIDAE Passalinae Passalini				
<i>Paxillus</i> sp.	x	x	1	x
<i>Ptichopus angulatus</i> (Percheron, 1835)	7	2	7	x
TROGIDAE				
<i>Omorgus suberosus</i> Fabricius, 1775	x	x	1	1

En Agua Bendita se encontraron 120 individuos que corresponden a 30 especies incluidas en tres familias, seis subfamilias, 11 tribus, seis subtribus y 15 géneros. En El Naranjo se recolectaron 113 ejemplares, los que corresponden a 41 especies incluidas en tres familias, ocho subfamilias, 12 tribus, nueve subtribus y 20 géneros. Icatepec presentó 138 individuos que corresponden a 34 especies que están incluidas en cuatro familias, nueve subfamilias, 11 tribus y 20 géneros. En Tecuiziapa se encontraron 284 ejemplares correspondientes a 34 especies incluidas en tres familias, seis subfamilias, 13 tribus, nueve subtribus y 19 géneros.

Las especies registradas en este trabajo se agrupan en cuatro familias de las cinco registradas para México (Morón 2003). En términos de riqueza específica (S), la familia Melolonthidae (36 especies) y Scarabaeidae (35 especies) presentan un mayor número de especies, Passalidae solo presenta dos especies y Trogidae está representada por una sola especie (Fig. 5).

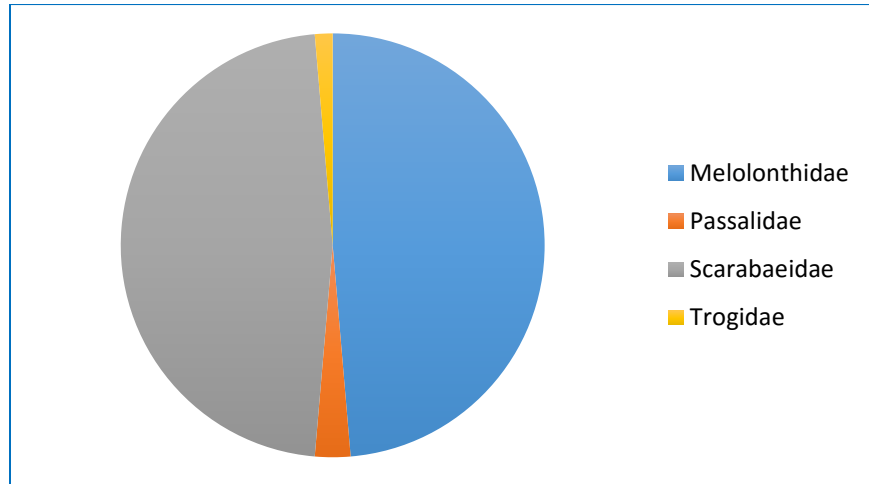


Fig. 5 Riqueza de familias en la zona de estudio.

La familia Scarabaeidae presentó una alta distribución en el área de estudio al registrar 471 individuos, seguida de Melolonthidae (165 individuos), Passalidae (17 individuos) y por último Trogidae con dos individuos (Fig. 6).

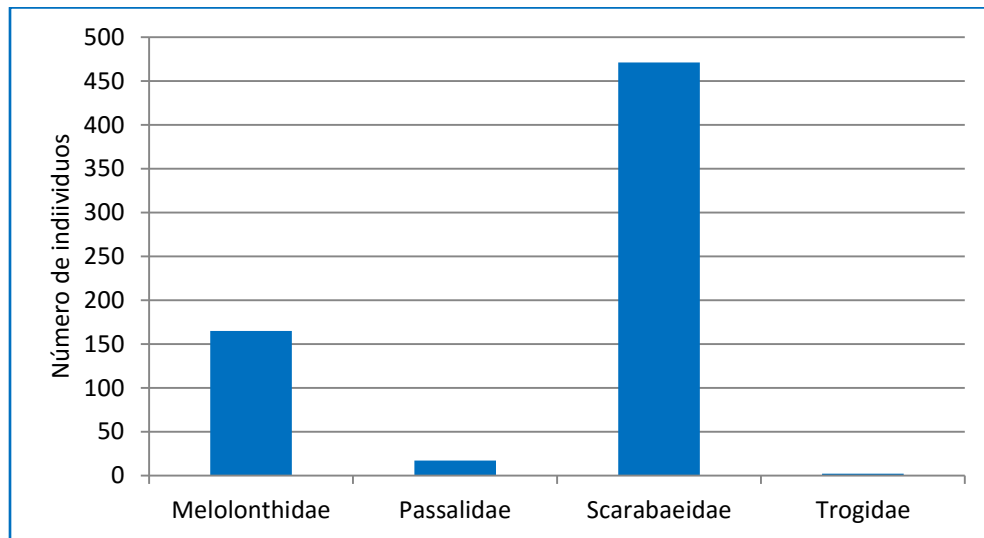


Fig. 6. Abundancia de familias en la zona de estudio.

En la zona de estudio, la localidad que presentó una mayor abundancia fue Tecuiziapa (284 individuos), seguida de Icatepec (138 individuos), Agua Bendita (120 individuos) y en última instancia El Naranjo (113 individuos) (Fig. 7). En cuanto a la riqueza, la localidad en la que se registró mayor número de especies fue El Naranjo con 41, Icatepec y Tecuiziapa presentaron la misma riqueza, 34 especies, y en Agua Bendita se encontraron 30 especies (Fig. 7).

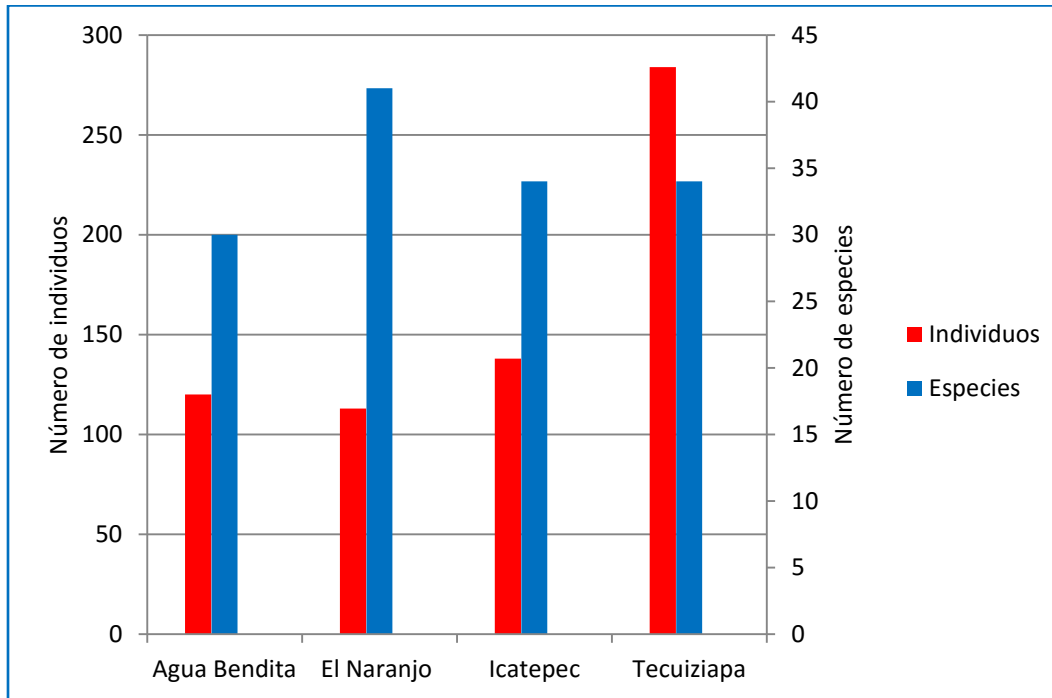


Fig. 7 Riqueza y abundancia de Scarabaeoidea en las localidades de estudio.

Representatividad de las muestras

El total de especies obtenidas en la localidad de Agua Bendita (Fig. 8) representan entre el 35 y el 54% de las especies esperadas, según aproximaciones obtenidas mediante estimadores de incidencia (ICE, 56 especies) y abundancia (ACE, 87 especies). El número de “singletons” o especies con un individuo fue de 14, entre ellas *Coprophanaeus pluto*, *Phanaeus demon*, *Paranomala* sp.2 y *Dichotomius colonicus*. El número de “doubletons” o especies representadas por dos individuos

fue de cuatro: *Paranomala villosela*, *Paranomala* sp.3, *Euphoria leucographa* y *Canthon humectus*.

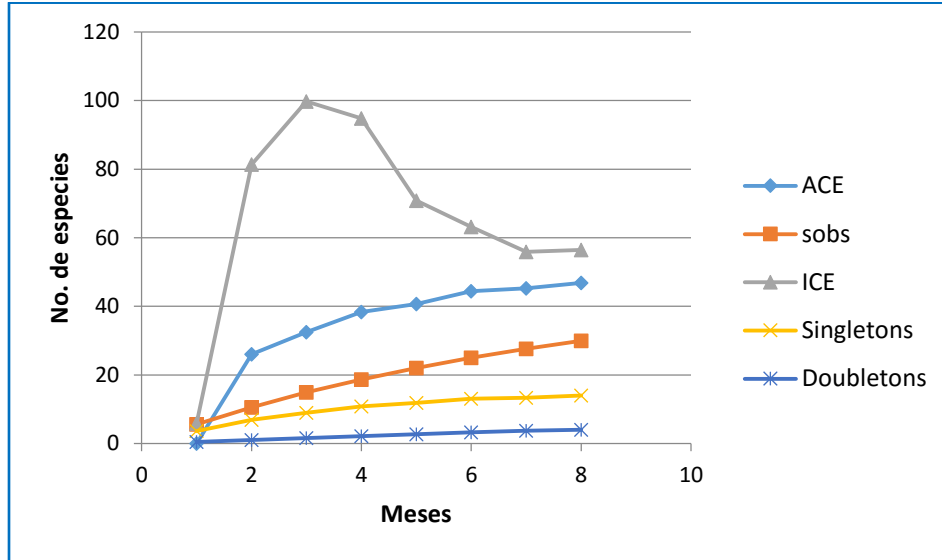


Fig. 8 Estimación de riqueza de especies en Agua Bendita.

En la localidad de El Naranjo (Fig. 9) el total de especies encontradas representan entre el 48 y el 63% de las especies esperadas, de acuerdo con los estimadores mencionados anteriormente (ICE 86 especies) y (ACE 65 especies). Se encontraron 19 “singletons”, entre ellas, *Canthon humectus incisus*, *Euphoria leucographa*, *Paranomala histrionella*, *Phyllophaga* sp1., *Phyllophaga* sp4., *Phyllophaga* sp5., *Phyllophaga* sp.6 y *Phyllophaga* sp.8, fueron siete los “doubletons, entre ellos *Deltochilum tumidum*, *Copris* sp., *Euphoria iridiscens* y *Phyllophaga* sp.2.

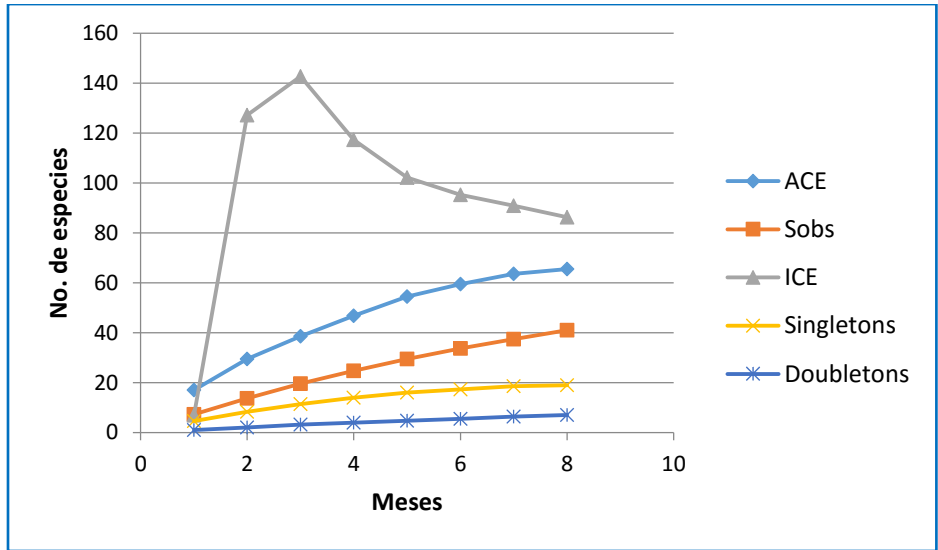


Fig. 9 Estimación de riqueza de especies en El Naranjo.

En la localidad de Icatepec (Fig. 10) el total de especies recolectadas representa entre el 60 y el 72% de las especies esperadas, de acuerdo con los estimadores de ICE (56 especies) y ACE (47 especies). El número de singletons fue de 13 especies, entre ellas *Copris rebucheii*, *Paranomala* sp.1., *Paranomala* sp.3 y *Phyllophaga setifera*. El número de “doubletons” fue de siete especies, entre ellas *Ataenius sculptor*, *Copris* sp. y *Phanaeus demon*.

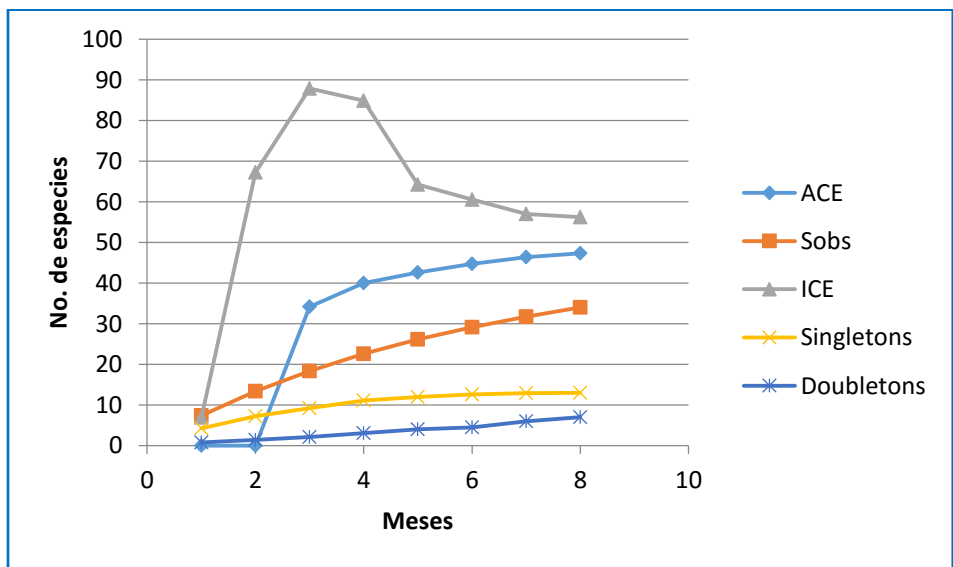


Fig. 10 Estimación de riqueza de especies en Icatepec

El total de especies obtenidas en la localidad de Tecuiziapa (Fig. 11) representan entre el 29 y el 40% de las especies esperadas de acuerdo con ICE (117 especies) y ACE (84 especies). El número de “singletons”, fue de 19, ejemplos de ellas son *Copris lugubris*, *Copris* sp. *Dichotomius amplicolis*, *Phyllophaga* sp.7 y *Phanaeus demon*. El número de “doubletons” fueron cuatro y son *Canthon viridis*, *Hemiphileurus* sp.2, *Phanaeus mexicanus* y *Strigoderma sulcipennis*.

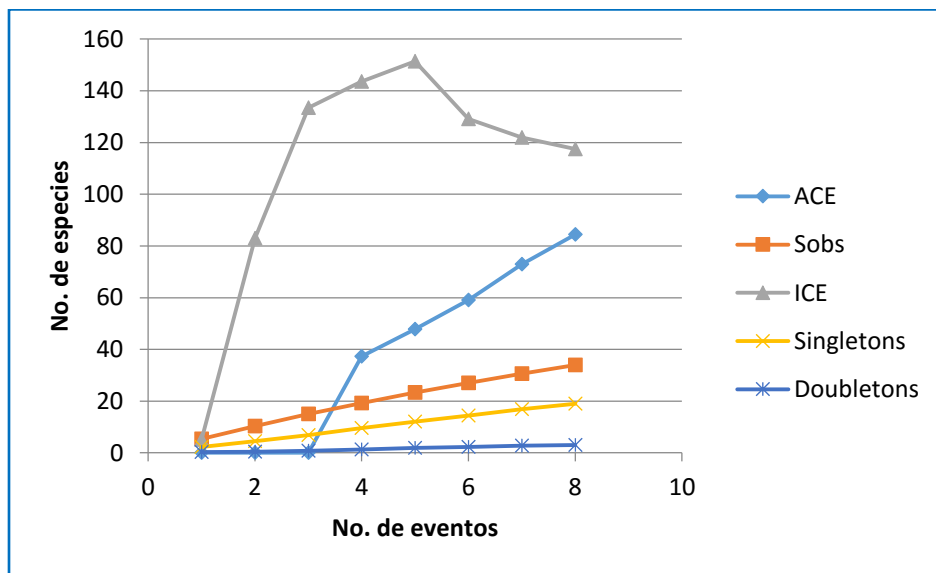


Fig. 11 Estimación de riqueza de especies en Tecuiziapa

Diversidad de las comunidades (alfa)

De las cuatro localidades, en El Naranjo se obtuvieron los valores máximos de diversidad y equitatividad ($H'=3.387$, $J'=0.787$ Cuadro 3). Las diversidades de Agua Bendita ($H'=2.698$, $J'=0.627$) e Icatepec ($H'=2.988$, $J'=0.694$) no presentaron diferencias significativas de acuerdo con el método propuesto por Hutchenson en 1970 (citado por Moreno 2001), es decir que presentaron la misma diversidad. Tecuiziapa presentó la más baja diversidad ($H'=2.315$, $J'=0.538$).

Cuadro 3. Valores de diversidad de las localidades estudiadas. H'=Índice de Shannon, J'= equitatividad

Localidad	H'	J'
Tecuiziapa	2.315	0.538
Agua Bendita	2.698	0.627
Icatepec	2.988	0.694
El Naranjo	3.387	0.787

Diversidad entre hábitats (beta)

De acuerdo con los valores de similitud de Jaccard (Cuadro 4), la similitud de las especies de Scarabaeoidea entre las localidades es baja. La mayor semejanza se encontró entre las localidades de Agua Bendita e Icatepec (0.391).

Cuadro 4. Valores de similitud (Jaccard) entre las localidades estudiadas

Localidades	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
Agua Bendita	0			
El Naranjo	0.268	0		
Icatepec	0.391	0.330	0	
Tecuiziapa	0.307	0.271	0.259	0

En cuanto a la composición de especies, sólo siete especies son compartidas entre las cuatro localidades, éstas son: *Ataenius liogaster*, *Canthon cyanellus*, *Canthon viridis*, *Dichotomius amplicollis*, *Diploaxis* sp.5, *Euphoria leucographa* y *Phanaeus mexicanus*. Las localidades que comparten el mayor número de especies son El Naranjo e Icatepec (19), Agua Bendita e Icatepec (18) y 16 entre El Naranjo y Tecuiziapa (Fig. 12).

Los valores de complementariedad obtenidos (Cuadro 5) son congruentes con la diferencia en composición de especies encontrada entre las localidades. Los valores se acercan a uno, lo que refuerza la existencia de un recambio de especies dentro del área de estudio: Icatepec y Tecuiziapa presentan el mayor valor de disimilitud (0.740), seguido de El Naranjo y Agua Bendita (0.732).

Cuadro 5. Valores de complementariedad de las localidades estudiadas.

Localidades	Agua Bendita	El Naranjo	Icatepec	Tecuiziapa
Agua Bendita	0			
El Naranjo	0.732	0		
Icatepec	0.609	0.660	0	
Tecuiziapa	0.694	0.729	0.740	0

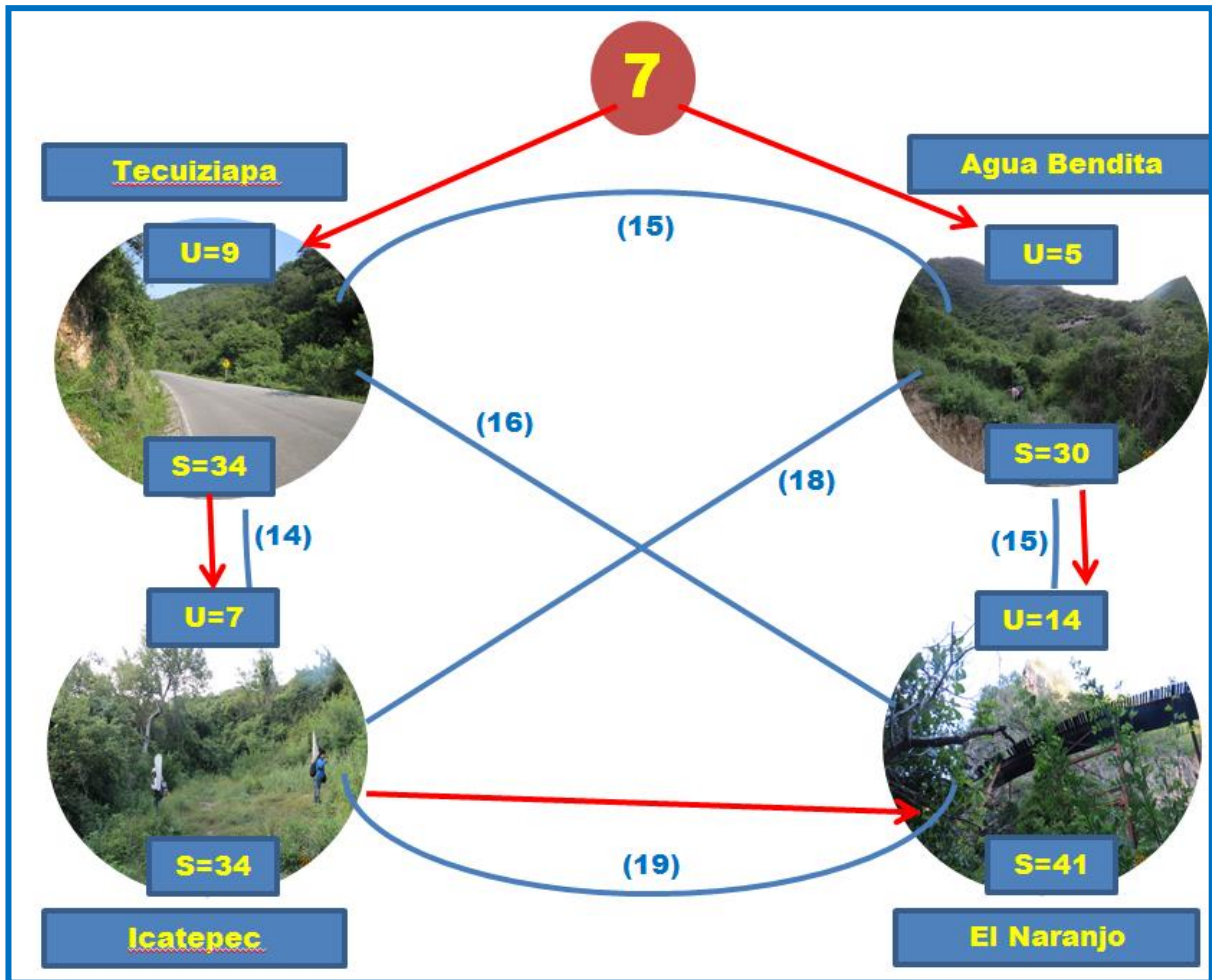


Fig. 12 Composición de especies en la zona de estudio. Entre paréntesis se encuentra el número de especies compartidas entre las localidades. En rojo se encuentra el número de especies presentes en las cuatro localidades. S= riqueza específica, U= especies únicas.

Composición de especies bioindicadoras

De acuerdo con los estudios que han considerado algunos taxones de la superfamilia Scarabaeoidea como grupos bioindicadores (Cuadro 1), en este trabajo se tomaron en cuenta 18 géneros, cinco fueron considerados de ambientes perturbados y 13 de ambientes conservados. En el Cuadro 6 se muestran los géneros que se utilizaron como bioindicadores.

Cuadro 6. Géneros bioindicadores del grupo Scarabaeoidea

Ambientes perturbados	Ambientes conservados
<i>Cyclocephala</i>	<i>Passalus</i>
<i>Paranomala</i>	<i>Papilius</i>
<i>Phyllophaga</i>	<i>Paxillus</i>
<i>Canthon</i>	<i>Spurius</i>
<i>Copris</i>	<i>Ptichopus</i>
	<i>Eurysternus</i>
	<i>Deltochilum</i>
	<i>Astaena</i>
	<i>Chasmodia</i>
	<i>Hoplopyga</i>
	<i>Uroxys</i>
	<i>Plusiotis</i>
	<i>Chrysina</i>

En la figura 13 se presentan los taxones bioindicadores encontrados en las localidades estudiadas. En la localidad de Agua Bendita, se presentan dos de los cinco taxones considerados como grupos indicadores de ambientes perturbados (*Canthon*, *Paranomala*), cabe mencionar que el taxón con mayor número de individuos fue *Canthon* (27). En términos de grupos bioindicadores de ambientes conservados, de los 13 taxones considerados *Ptichopus* (siete individuos) y *Deltochilum* (tres individuos) estuvieron presentes.

En El Naranjo están presentes los géneros *Canthon*, *Phyllophaga*, *Paranomala* y *Copris* como indicadores de ambientes perturbados. Cabe mencionar que los taxones con mayor abundancia fueron *Phyllophaga* (16

individuos) y *Canthon* (13). De los grupos tomados en cuenta como bioindicadores de ambientes conservados, *Ptichopus* (dos individuos) y *Deltochilum* (dos individuos) se presentaron.

Los organismos indicadores de ambientes perturbados en Icatepec fueron *Canthon* (41 individuos), *Phyllophaga* (un individuo), *Paranomala* (dos individuos) y *Copris* (un individuo). En términos de indicadores de ambientes conservados se presentaron tres que fueron *Paxillus* (un individuo), *Ptichopus* (siete individuos) y *Deltochilum* (nueve individuos).

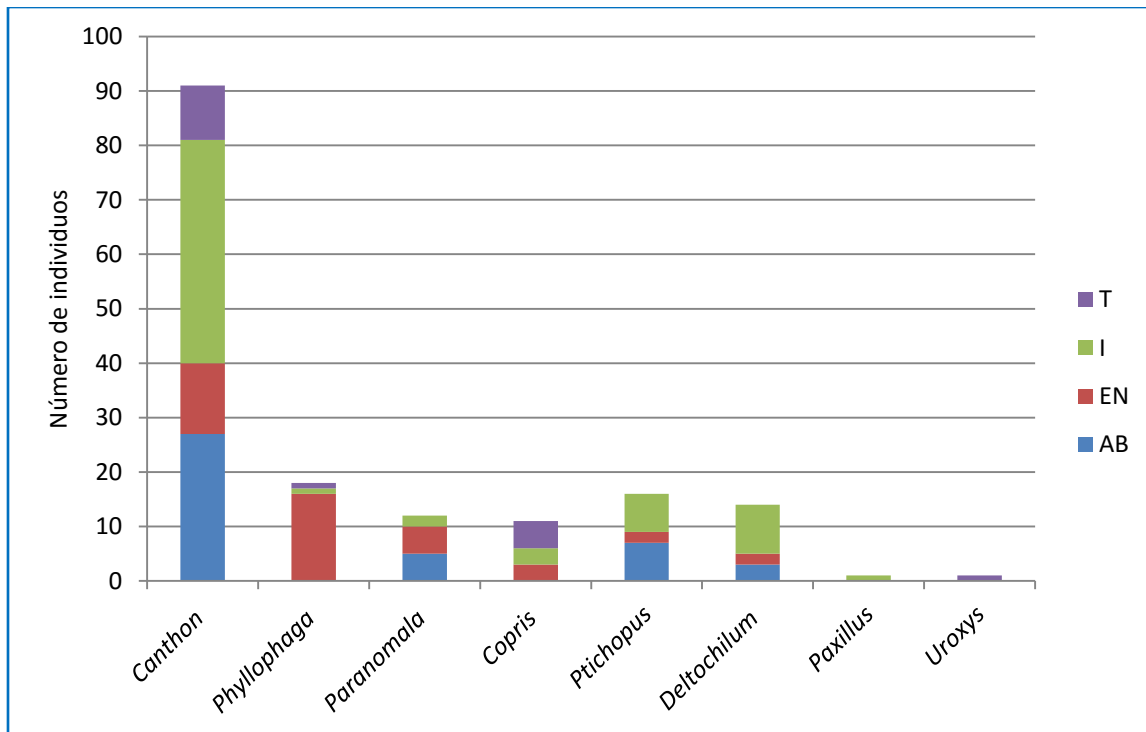


Fig. 13 Abundancia de los grupos bioindicadores presentes en las localidades. T=Teuiziapa, I= Icatepec, EN= El Naranjo y AB= Agua Bendita.

En Tecuiziapa se presentó *Canthon* (10 individuos) y *Copris* (cinco individuos), dos taxones considerados como indicadores de perturbación. En referencia a los indicadores de ambientes conservados se presentó únicamente el género *Uroxys* con sólo un individuo.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Lista de especies

Las especies registradas en la zona de estudio representan el 23% del total de especies reportadas para Guerrero (Deloya & Covarrubias 2014). Por lo anterior, el presente trabajo permitió obtener un importante avance en el conocimiento de la superfamilia Scarabaeoidea del estado, particularmente de la Sierra de Taxco. Se encontraron nueve nuevos registros a nivel estatal, con lo que se incrementa el área de distribución de las especies *Phanaeus amithaon*, *Uroxis transversifrons*, *Ataenius texanus*, *Neopsammadius* aff. *mimeticus* y *Rhyssemus spangleri*, y de los géneros *Bolbocerastes*, *Paxillus* y *Saprosites*, que se conocían sólo para las entidades señaladas en el Cuadro 7.

De las cuatro familias presentes, en Melonithidae se encontró la mayor riqueza, corroborando lo mencionado por Moron *et al.* (2014) quienes informan que a nivel nacional esta familia es la que presenta el mayor número de especies (1179). Con una diferencia de sólo una especie, la segunda familia con mayor riqueza fue Scarabaeidae; no obstante, en términos de abundancia esta familia triplicó el número de individuos de Melolonthidae. Esto refleja la presencia de actividades humanas, en especial ganadería, debido a que los individuos presentes en este grupo en su mayoría son de hábitos coprófagos. De acuerdo con Halffter (1993), cuando estos organismos en cierto lugar se encuentran en una alta abundancia, reflejan que la perturbación es considerable.

En cuanto a la riqueza presente en las localidades, la mayor riqueza de especies de El Naranjo puede explicarse por ser una zona alterada hace varios años por las vías de un tren (Fig. 20), y que hoy en día se encuentra en proceso de recuperación. Gliessman (2002) explica el por qué una zona en proceso de recuperación es un área rica en especies, él menciona que cualquier cambio o alteración del ecosistema por algún tipo de perturbación es seguido por un proceso de recuperación, como resultado de esa recuperación se obtiene una

estructura y un nivel de complejidad del ecosistema similar del que existía antes de que ocurriera la perturbación; no obstante, durante este proceso ocurren muchos cambios en la estructura y función del ecosistema, uno de esos cambios es que la mayoría de los componentes de la diversidad ecológica como son las especies se incrementan durante la sucesión, especialmente en las primeras fases y generalmente alcanzan su nivel máximo antes de la recuperación completa.

Cuadro 7. Especies de Scarabaeoidea que son nuevos registros para Guerrero

Especie	Distribución conocida
<i>Phanaeus amithaon</i>	Sonora, Arizona
<i>Uroxis transversifrons</i>	Veracruz
<i>Ataenius texanus</i>	Chiapas, Jalisco
<i>Bolbocerastes</i> sp.	Coahuila, San Luis Potosí, Nuevo León, Sonora y Baja California
<i>Neopsammодиus</i> aff. <i>mimeticus</i>	Baja California Sur, Coahuila, Tamaulipas, Colima, Morelos
<i>Neopsammодиus veraecrucis</i>	Chiapas, Michoacán, Veracruz
<i>Paxillus</i> sp.	Campeche, Chiapas, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quinta Roo, Tabasco, Veracruz
<i>Rhyssemus spangleri</i>	Campeche
<i>Saprosites</i> sp.	Veracruz

La segunda localidad con mayor riqueza de especies fue Icatepec, esta es la zona que se encuentra menos perturbada (Fig. 17). Sánchez-Hernández *et al.* (2001) mencionan que las áreas que presentan una vegetación mejor conservada son las que se caracterizan por presentar una alta riqueza de especies debido a que la vegetación conservada proporciona los recursos disponibles para las especies.

Tecuiziapa presenta la misma riqueza que Icatepec; sin embargo, esta zona está más alterada debido a que fue fragmentada con una carretera (Fig. 18). La presencia de un río de aguas residuales que favorece el crecimiento de vegetación riparia puede ser la causa de la alta riqueza de especies. En este tipo de vegetación se tienen condiciones óptimas como son la alta retención de nitrógeno

y fósforo, temperatura y humedad que permiten la instalación de muchas especies vegetales y también de animales (Anderson *et al.* 1978), dentro de esos animales se encuentran los coleópteros de la familia Melolonthidae, ya que la mayoría de ellos se encuentran asociados a plantas herbáceas.

Agua Bendita es una localidad fragmentada debido a una alta actividad de minería (Fig. 19). De acuerdo con Miranda (2009) la explotación minera produce efectos en el suelo, la vegetación y la fauna, en el suelo se presenta acidificación, pérdida de nutrientes y humedad, carencia de espacios para la germinación y crecimiento de la vegetación nativa por la eliminación del banco de semillas y la escasa o nula concentración de materia orgánica. Esto favorece el aumento de procesos erosivos: si el suelo se elimina completamente, la vegetación nativa no se puede establecer por la baja disponibilidad de agua y los cambios drásticos en la temperatura, y la fauna queda privada de su hábitat, refugio y disponibilidad de alimento, produciendo así una reducción en el número de especies. Esto explica que Agua Bendita sea la localidad con la menor riqueza de especies.

Representatividad de la muestra

El alto número de “singletons” presentes en las cuatro localidades confirma que no se ha censado un número suficiente para tener una muestra representativa de las especies de cada área, ya que en la naturaleza no existen individuos solos sino poblaciones. En las cuatro localidades se observó que aún faltan varias especies por inventariar, por ejemplo en Icatepec faltan entre 13 y 22 especies, siendo la localidad mejor muestreada, en El Naranjo hicieron falta entre 24 y 45 especies, en Agua Bendita faltaron entre 26 y 57 y en Tecuiziapa faltaron entre 50 y 80 especies, siendo la localidad en la que faltaron más especies por recolectar.

La riqueza de especies encontrada puede deberse a modificaciones en la SBC de cada sitio, originadas por actividades antrópicas, produciendo un profundo impacto ecológico al reducir la disponibilidad de hábitats y alimento para la fauna albergada, lo cual tiene como consecuencia una disminución en el número de

especies (Hernández *et al.* 2003). Sin embargo, es importante mencionar que si se desea completar el número de especies esperadas, es necesario aumentar el esfuerzo de captura, además de considerar el explorar otros sitios de difícil acceso que se encuentran dentro de las localidades, ya que pueden albergar una importante fauna de escarabajos como lo señalan Pedraza *et al.* (2010).

Diversidad dentro de las comunidades (alfa)

Los resultados de diversidad considerando la riqueza específica y la estructura de la comunidad comprueban que El Naranjo es la localidad que presenta una mayor diversidad alfa. Los ambientes que han sido alterados por las actividades antrópicas, cuando se encuentran en proceso de recuperación, son más diversos que los ambientes que siguen en proceso de alteración (Anderson *et al.* 1978, Gliessman 2002).

Como se mencionó anteriormente, Icatepec y Agua Bendita resultaron ser igualmente diversas, la primer localidad es la zona menos perturbada y por tanto presenta una alta riqueza y diversidad, pero en Agua Bendita la presencia de varias especies herbáceas pioneras de que se caracterizan por llegar fácilmente a zonas abiertas de ambientes secos y vegetación de baja altura, lejos de las plantas parentales (Mendoza & Ramírez 2000), pueden ser la causa de la diversidad de escarabajos, debido a que algunos miembros de la familia Melolonthidae consumen el polen y el néctar de las flores de estas herbáceas, como las especies de *Euphoria* y *Anomala*.

La fragmentación del hábitat de las especies y el aislamiento de sus poblaciones genera cambios en la conducta y patrones reproductivos (Acevedo 2012), es probable que a ello se deba la baja diversidad de escarabajos detectada en el área de Tecuiziapa.

Diversidad entre hábitats (beta)

Los cambios observados en la riqueza, abundancia y distribución de las especies de Scarabaeoidea en las localidades estudiadas son resultado de la fragmentación que ha sufrido la SBC al sur de la Sierra de Taxco. Cuando un hábitat es transformado, sólo quedan remanentes o "islas de hábitat" aislados entre sí y rodeados por una matriz diferente a la original (Guevara *et al.* 2004).

La sensibilidad de las especies está asociada fuertemente con la presencia y abundancia de los remanentes del hábitat, cuando las especies no encuentran las condiciones climáticas del hábitat original, no es posible que éstas se estabilicen, ya que no encuentran las condiciones adecuadas para subsistir (Meyer *et al.* 2008). Particularmente las especies con movilidad limitada o con fuerte dependencia a un tipo de hábitat pueden desaparecer de los remanentes y dar paso a otras especies oportunistas o de mayor abundancia que pueden habitar espacios perturbados. Esto puede ser la razón del bajo número de especies compartidas entre las localidades estudiadas (aproximadamente 50% del total de cada localidad, Fig. 12) y la baja similitud entre ellas (Cuadro 4).

Euphoria pulchella encontrada en Agua Bendita, Icatepec y El Naranjo es de las pocas especies que mostraron escaso efecto por la fragmentación de la SBC. Sombra *et al.* (2015) reportan la presencia de *E. pulchella* como visitador floral en especies de *Bursera*; es probable que la presencia de estos árboles en dichas localidades permita a la especie soportar el diferente nivel de perturbación detectado en las áreas.

Los datos de complementariedad revelan que la composición de especies entre las localidades es diferente. Icatepec y Tecuiziapa son las localidades más diferentes entre sí dado que comparten el menor número de especies (14), aunado a esto, Icatepec es una zona que presenta poca alteración al presentarse actividad de ganadería solamente al principio del transecto presentando así un menor grado de perturbación en comparación con Tecuiziapa que presenta una

carretera que la fragmentó y un río de aguas residuales. De acuerdo con Bueno *et al.* (2005), la composición de especies en zonas con alta actividad antrópica presenta una composición de especies significativamente distinta en comparación con áreas con una baja alteración humana. Esta variación en la composición de especies corresponde a un reemplazo de los taxa que cumplen funciones ecológicas especie-específicas, dando lugar a la introducción de nuevos integrantes (tal vez generalistas o con amplio espectro ecológico), al cambio en el dominio de especies presentes e inclusive a la desaparición de algún taxón (Morón 2001).

El Naranjo y Agua Bendita son las siguientes localidades más diferentes entre sí. El Naranjo presentó una perturbación pasada (la presencia de las vías de un tren), que permitió obtener una mayor heterogeneidad en su estructura al presentarse vegetación secundaria y esta proporcionó un mosaico de microhábitats que atrajo algunas especies por la mayor cantidad de recursos, particularmente alimenticios. Así, las perturbaciones modifican la composición de especies reconociendo una relación de la composición de especies con los patrones de perturbación recibidos (Lusk, 1996). Bajo este contexto, en El Naranjo se pudo haber encontrado una composición de especies similar a la de Agua Bendita; no obstante, hoy en día El Naranjo se encuentra en proceso de recuperación a diferencia de Agua Bendita en la que se sigue presentado la actividad de minería.

Composición de especies bioindicadoras

Para el análisis de las especies indicadoras se realizó una comparación de tres grupos funcionales (saprófago, saprofitófago, fitófago) a los que pertenecen las especies de determinadas en este estudio, así como de sus gremios tróficos según la propuesta de Deloya *et al.* (2007). Además se hizo una comparación con dos localidades que también presentan SBC: una de ellas es la localidad de Acahuizotla ubicada en el estado de Guerrero, caracterizada porque ha sido

alterada por perturbaciones humanas como son las actividades agropecuarias, el pastoreo de ganado vacuno, y la sobreexplotación de sus recursos forestales; la otra localidad es la Estación de Biología de Chamela ubicada en el estado de Jalisco, dentro de la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, es decir es un área protegida.

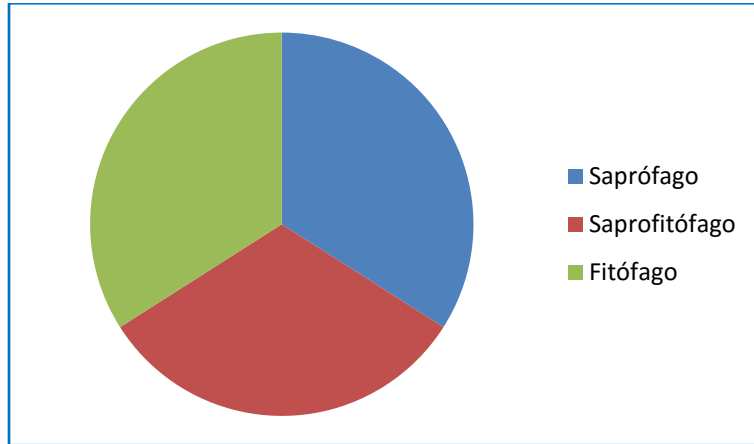


Fig. 14 Proporción de los grupos funcionales en la localidad de Chamela, Jalisco.

Al observar las proporciones de los grupos funcionales en Chamela, se encontró que la proporción es equitativa entre ellos (Fig. 14); no obstante, cuando se analizó la composición de Acahuizotla (Fig. 15) se observó que el grupo con mayor proporción fue el saprófago.

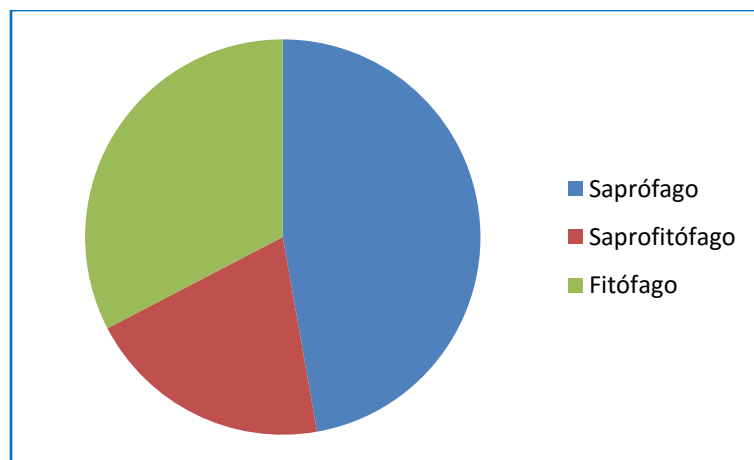


Fig. 15 Proporción de los grupos funcionales en la localidad de Acahuizotla.

En las cuatro localidades de estudio se observó el mismo patrón en la proporción de los grupos funcionales encontrado en Acahuizotla, el grupo de los saprófagos se encontró en mayor proporción (Fig. 16).

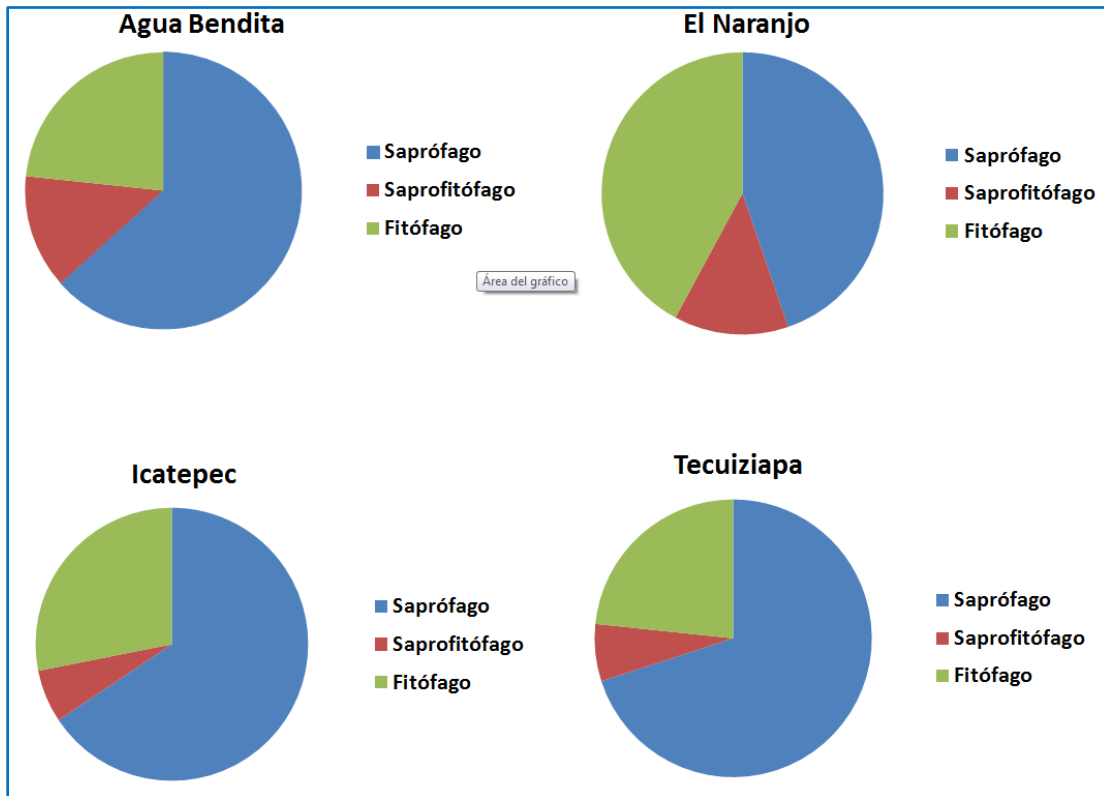


Fig. 16 Proporción de los grupos funcionales en las cuatro localidades de estudio.

Dentro del grupo funcional de los saprófagos se encuentran seis gremios que consumen materia orgánica en descomposición (saprófagos), madera (xilófago), excremento fresco (coprófago), carroña (necrófago), excremento fresco y carroña (copro-necrófago), y piel, pelos plumas y escamas (telió-necrófago) (Deloya *et al.* 2007).

Los organismos pertenecientes a los gremios coprófagos y copro-necrófagos están asociados a ciertas condiciones del hábitat, la diversidad de los organismos pertenecientes a estos gremios se ve afectada por la destrucción,

fragmentación y aislamiento de sus hábitats ya que esta alteración lleva consigo la disminución o eliminación de las especies de vertebrados que suministran el recurso alimenticio requerido por estos escarabajos (Montes de Oca 2001). Algunas especies pertenecientes a los géneros *Eurysternus*, *Deltochilum* y *Uroxys* son un claro ejemplo de estos organismos que no se encuentran presentes en zonas que han sido alteradas por actividades humanas debido a la ausencia del alimento que consumen. Ruiz (2013) y Granados *et al.* (2010) han empleado estos grupos como indicadores de ambientes conservados. No obstante, existen miembros de estos gremios que se han asociado como indicadores de ambientes perturbados, ejemplo de ello es *Copris*. Montes de Oca (2001) y Howden y Young (1981) encontraron que estos organismos están asociados a sitios abiertos o con menor cobertura. Otro ejemplo de organismos pertenecientes a este gremio y que se han asociado con áreas perturbadas, son las especies del género *Canthon*, ya que se conoce que el tipo de excremento que consume proviene especialmente del generado por los asentamientos humanos (Fuentes & Camero 2006). Diversos autores han realizado estudios en los que han utilizado a estos escarabajos como indicadores de perturbación (Ruiz 2013, Granados *et al.* 2010, Hernández *et al.* 2003 y López *et al.* 2001).

En el gremio de los xilófagos, las especies de la familia Passalidae son excelentes indicadoras de la salud de los bosques. Los escarabajos pertenecientes al gremio de los xilófagos dependen para su existencia de la continua disponibilidad de madera muerta (Cano & Schuster 2012). La madera muerta es un componente básico en la estructura y funcionamiento de los bosques (Chao *et al.* 2009), debido a que es hogar de gran número de artrópodos (Delgado y Pedraza Pérez 2002). Las actividades agrícolas que lleva a cabo el hombre en los bosques han transformado su estructura original; estas transformaciones han tenido su principal efecto sobre la disponibilidad y distribución de la madera muerta (Chamé-Vázquez *et al.* 2010). Schuster *et al.* (2000) han empleado algunos miembros de esta familia como indicadores de conservación. En la zona

de Icatepec se encontró el mayor número de pasálidos, comprobando que es la zona mejor conservada.

Dentro del grupo funcional de los saprofitófagos se encuentra el gremio xilofilófago, cuyos representantes se alimentan de madera en descomposición y follaje (Deloya *et al.* 2007); algunos géneros de este gremio han sido utilizados como indicadores de bosques con buen estado de conservación (Márquez *et al.* 2013), particularmente las especies pertenecientes a los géneros *Plusiotis* y *Chrysina* que se desarrollan en bosques con humedad ambiental alta y en troncos en distintos estados de descomposición (esto indica una explotación equilibrada de la madera de los bosques) para la ovoposición y desarrollo de sus larvas y se encuentran en árboles de cuyo follaje se alimentan los adultos. Como se puede observar en la figura 16, la proporción de este grupo funcional es muy baja en todas las localidades de estudio, reflejo del daño que ha sufrido la SBC en estas zonas.

El tercer grupo funcional que se analizó fue el grupo de los fitófagos, dentro de este grupo se encuentran dos gremios que son los rizófagos (se alimentan de raíces) y los rizofilófagos (se alimentan de raíces y follaje). La presencia de organismos pertenecientes a estos gremios (*Diplotaxis Phyllophaga* y *Paranomala*) está asociada a sitios donde hay vegetación secundaria muy perturbada y ampliamente desplazada por zonas de cultivo de hortalizas y frutales diversos. Morón *et al.* (2007) ha considerado a los géneros *Phyllophaga* y *Paranomala* como indicadores de perturbación.

Como se mencionó en el cuadro 6, se tomaron en cuenta 18 taxones bioindicadores, cinco fueron considerados de ambientes perturbados y 13 de ambientes conservados. A continuación se detalla la presencia, ausencia, abundancia y proporción de estos taxones en cada una de las localidades.

En el área de estudio, se encontraron cuatro taxones indicadores de perturbación (*Canthon*, *Phyllophaga*, *Paranomala* y *Copris*) de los cinco considerados; en términos de indicadores de conservación se hallaron cuatro bioindicadores (*Ptichopus*, *Deltochilum*, *Paxillus* y *Uroxys*) de los 13 tomados en cuenta. Al considerar la presencia de estos ocho taxones bioindicadores, se encontró que El Naranjo e Icatepec presentaron los cuatro indicadores de perturbación y se observó que Icatepec presentó el mayor número de indicadores de conservación (tres).

Al considerar la abundancia total de los bioindicadores, se observó que *Canthon* (91 individuos), *Phyllophaga* (18) y *Ptichopus* (16) fueron los taxones con la mayor abundancia, por tanto son los bioindicadores mejor representados en el área de estudio. Cabe mencionar que cuando se consideró la proporción de estos taxones con respecto al número total de individuos encontrados en el área de estudio, *Ptichopus*, *Deltochilum* y *Paxillus* se encontraron en mayor proporción en la localidad de Icatepec (44, 64 y 100% respectivamente). El mayor porcentaje de individuos de *Phyllophaga* se encontró en El Naranjo (89%) y *Canthon* obtuvo un mayor porcentaje en la localidad de Icatepec (45%).

Con base en los resultados obtenidos, es posible corroborar que todas las localidades se encuentran perturbadas por actividades antrópicas y que no todas presentan el mismo grado de perturbación. Icatepec (Fig. 17) es la localidad que mantiene las mejores condiciones fisonómicas, vegetativas y edáficas de SBC; la perturbación observada se atribuye a las actividades ganaderas que se realizan en las faldas del cerro y que generan suficientes recursos alimenticios y variedad de excremento (sobre todo de ganado) para mantener poblaciones elevadas del género *Canthon* (Hanski & Cambefort 1991).



Fig. 17 Sitio de muestreo en la localidad de Icatepec

Tecuiziapa es una localidad que presenta una carretera que la fragmentó (Fig. 18) y también se encuentra en ella un río de aguas residuales que favoreció la presencia de vegetación riparia. Se encontraron tres taxones indicadores de perturbación (*Canthon*, *Phyllophaga* y *Paranomala*) con proporciones medias (11, 6 y 45% respectivamente) y un solo ejemplar de *Uroxys* (indicador de ambiente conservado).



Fig. 18 . Carretera presente en la localidad de Tecuiziapa.

Agua Bendita es la zona de estudio en la que se observó una alta actividad de minería (Fig.19). En esta zona se presentaron dos de los cinco taxones considerados como grupos indicadores de ambientes perturbados (*Paranomala* y *Canthon*) con proporciones medias (42, 30% respectivamente), se presentaron dos indicadores de ambientes conservados que fueron *Ptichopus* y *Deltochilum* con una proporción de 44 y 22% respectivamente.

El Naranjo es la localidad que tuvo un alto impacto antrópico debido a la presencia de las vías ferroviarias en desuso (Fig. 20), hoy en día la SBC se encuentra en proceso de recuperación. Al encontrarse los cuatro indicadores de perturbación, tres de ellos con proporciones medias (*Paranomala*, *Canthon* y *Copris*) y uno de ellos (*Phyllophaga*) presentando una de las abundancias más altas y la mayor proporción en esta localidad, y al presentarse dos indicadores de ambientes conservados (*Ptichopus* y *Deltochilum*) con bajas proporciones, confirman la perturbación existente, aun cuando se encuentra en proceso de recuperación.



Fig. 19 Actividad de minería presente en la localidad de Agua Bendita.

Como se observó, en todas las localidades se presentaron indicadores de conservación, la presencia de estos indicadores es explicada por Hernández (2003) en el sentido de que la alteración de los ecosistemas naturales no siempre es total, con frecuencia el resultado es un mosaico compuesto por remanentes del hábitat original en medio de una matriz de ambientes antropogénicos, donde aún persisten algunas especies propias de áreas conservadas. Además muchos de estos ambientes perturbados todavía mantienen alguna cobertura arbórea, la cual puede servir como refugio para una buena porción de la flora y por ende de la fauna, albergando así una muestra de la biodiversidad original.



Fig. 20 Vías del tren presentes en la localidad de El Naranjo.

Las especies de los géneros *Cyclocephala*, *Paranomala*, *Phyllophaga*, *Canthon* y *Copris* son euritópicas, es decir, que tienen un amplio rango de tolerancia para poder establecerse y permanecer en distintos hábitats aun cuando varíen las características ambientales (Ramírez 2006). El único género que no estuvo presente en las localidades fue *Cyclocephala*, los demás taxones estuvieron presentes en las localidades de estudio, reflejando su alto grado de tolerancia al poder establecerse en diversos ambientes.

La ausencia de *Passalus*, *Papilius*, *Spurius Eurystemus*, *Astaena Chasmodia*, *Plusiotis*, *Chrysina* y *Hoplopiga*, que son el 69% de los géneros considerados como indicadores de ambientes conservados, comprueba la perturbación existente en todas las localidades. La mayoría de las especies pertenecientes a estos taxones son estenotípicas, es decir que no soportan alteraciones mayores en el medio, por tanto las actividades humanas en cada una de las localidades no han permitido la presencia de estos géneros debido a las siguientes causas: el daño que se ha producido en su hábitat, la afectación que se ha realizado en su comportamiento, su alimentación, su crecimiento, su reproducción y su desarrollo, la interrupción de los espacios que estos organismos empleaban como corredores de migración que garantizaban sus ciclos de vida y también la alteración del estado y la calidad de los recursos naturales como el agua aire y suelo, todas estas causas han tenido como consecuencia que no se puedan asentar estas especies (Moreno *et al.* 2006).

RECOMENDACIONES

Este estudio es un conocimiento preliminar del estado de conservación de las áreas analizadas, sería conveniente que los sitios fueran monitoreados durante al menos otro año para completar el inventario de Scarabaeoidea, el cual permitirá corroborar la presencia de otros grupos indicadores y con ello establecer un patrón de conservación que en un futuro pueda ser usado para proponer estrategias de manejo. Se sugiere complementar este estudio con el análisis de otros grupos de coleópteros que posean las características que presenta un buen grupo indicador con el fin de completar este trabajo.

Una de las estrategias de manejo que se proponen para la zona de estudio es la propuesta por el Proyecto de Conservación de *Cranioleuca henricae*/Armonía (Bosque seco 2016).

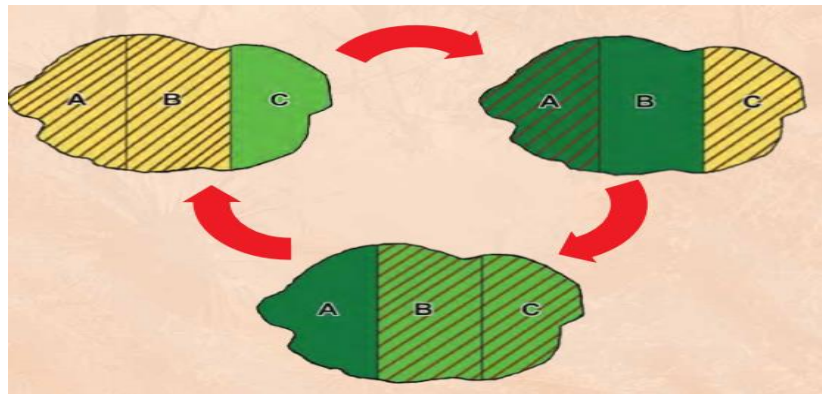


Fig. 21 Estrategia de manejo propuesta para la zona de estudio (Imagen tomada de Bosque seco 2016).

En este proyecto se recomienda que las comunidades humanas delimiten áreas del uso de la selva baja caducifolia encontrada en las localidades, al dividir la selva en tres partes (A, B, C). Se propone que cuando entre la época lluviosa se deben cercar dos partes (A y B) para asegurar el crecimiento de forraje y para el mantenimiento de la vegetación, permitiendo así la protección de las especies encontradas en la vegetación, dejando la tercera parte libre (C), aprovechable para las actividades antrópicas que se realizan continuamente (ganadería, minería

y la extracción de leña). En temporada seca, se propone habilitar una de las dos partes cercadas (B) y cerrar la tercera parte que ya fue aprovechada (C) y que a mediados de la época seca se habilite la otra parte restante (A) (Fig. 21) para el aprovechamiento y posteriormente cercar la que ya fue aprovechada (B). De esta manera se regulará el aprovechamiento los recursos naturales proporcionados por este tipo de vegetación.

CONCLUSIONES

En las cuatro localidades ubicadas en la Sierra de Taxco se registraron 74 especies de Scarabaeoidea que representan un 23% del total de especies reportadas para el Estado de Guerrero. En este trabajo se reportan nueve nuevos registros para Guerrero.

El Naranja es el sitio que presentó la mayor riqueza y diversidad de todas las localidades. El mayor recambio de especies se observó entre Icatepec y Tecuiziapa.

Las cuatro localidades de estudio presentaron cierto grado de perturbación por actividades antrópicas, la presencia, ausencia y abundancia de los grupos indicadores de la superfamilia Scarabaeoidea confirmaron esta aseveración.

El uso de estos indicadores permitió confirmar que Icatepec es la localidad menos perturbada al presentar el mayor número de indicadores de conservación (*Deltochilum*, *Paxillus*, *Ptichopus*) con la proporción más alta, en comparación con las otras localidades.

LITERATURA CITADA

- Acevedo, H. 2012. Sostenibilidad: Actualidad y necesidad del sector de la construcción en Columbia. *Revista Gestión y Ambiente*, 15:14.
- Allaby, M. 1992. *The concise Oxford dictionary of zoology*. Oxford University Press. 442 p.
- Alonso, L. 2000. Ants as Indicators of Diversity, p. 80-88. In D. Agosti, J. Mayer, L. Alonso & T. Schultz (Eds). *Ants. Standard methods for measuring and monitoring biodiversity*. Smithsonian Institution Press, London. 1215 p.
- Anderson, N. H., J. R. Sedell., L.M. Roberts & F.J. Triska. 1978. The role of aquatic invertebrates in processing of wood debris in coniferous forest streams. *The American Midland Naturalist*, 100: 64-82.
- Anderson, R.S. & J.S. Ashe. 2000. Leaf litter inhabiting beetles as surrogates for establishing priorities for conservation of selected tropical montane cloud forests in Honduras, Central America (Coleoptera Staphylinidae, Curculionidae). *Biodiversity Conservation*, 9: 617-653.
- Andresen, E. & F. Feer. 2005. The role of dung beetles as secondary seed dispersers and their effect on plant regeneration in tropical rainforests. 331-349. In: Forget, P.M, J. Lambert, P. Hulme & S.B. Vander Wall (Eds.) .Seed fate: Predation, dispersal and seedling establishment. *CABI Publishing*.
- Arcila, A & F. Lozano-Zambrano. 2003. Hormigas como herramienta para la bioindicación y monitoreo. Cap. 9, p.159-166. In Fernández F. (Ed.). *Introducción a las Hormigas de la región Neotropical. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá, Colombia*. XXVI. 398 p.
- Arriaga, L., J. M. Espinoza, C. Aguilar, E. Martínez, L. Gómez y E. Loa. 2000. *Regiones Terrestres Prioritarias de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 31,469 p.
- Balthasar, V. 1963. *Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der Paläarktischen und Orientalischen Region (Coleoptera: Lamellicornia)*. Band 1-3. Tschechoslowak Akademie der Wissenschaften, Praha. pp. 1-287. En: Kohlmann, B. & M. A. Morón. 2003. Análisis Histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana*, 90: 175-280.
- Bouchard, P., A.E. Bousquet, M.A. Davies, J.F. Alonso-Zarazaga, C.H.C. Lawrence, A.F. Lyal., C.A.M. Newton, C.A.M. Reid, M. Schmitt, S. A. Ślipiński & A.B.T. Smith. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88:1-972.
- Brusca, R. C. & G.C. Brusca. 1990. *Invertebrates*. Sinauer, EUA.922 p.
- Bueno J., F. Álvarez & S. Santiago. 2005. *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Instituto de Biología UNAM. 263 p.
- Campos, D. & F. Fernández. 2002. El Proyecto Diversidad de Insectos de Colombia, 2: 297-300. En: Costa, C., S.A. Vanin, J.M. Lobo & A. Melic (Eds.). Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática. *Monografías Tercer Milenio, Zaragoza, España*.

- Cano, E. B & J.C. Schuster. 2012. La ecología de la degradación de la madera por escarabajos Passalidae (Coleoptera): simbiosis y efectos sobre el comportamiento. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 24: 72-81.
- Carignan, V. & M. Villard. 2002. Selecting Indicator Species To Monitor Ecological Integrity. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78:45- 61.
- Cartwright, L. 1995. Scarab Beetles of de Genus Psammodius in the Western Hemisphere. *Smithsonian Institution U.S. National Museum*, 104.
- Celi, J. & A. Dávalos. 2001. *Manual de Monitoreo. Los escarabajos peloteros como indicadores de la calidad ambiental*. EcoCiencia, Quito, Ecuador. 71 p.
- Challenger, A., & J. Soberón. 2008. *Los ecosistemas terrestres*. En: Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, 87-108 p.
- Chamé-Vázquez, E.R., G. Ibarra-Núñez, P. Reyes-Castillo & B. Gómez. 2010. La familia Passalidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) en Chiapas, México, *Lacandonia* 4: 37-45.
- Chao, K.J., O.L. Phillips, T.R. Baker, J. Peacock, G. Lopez-Gonzales, R. Vasquez-Martinez, A. Moenteagudo & A. Torres –Lezama. 2009. After tres die: quantities and determinants of necromass across Amazonia. *Biogeoscience*, 6: 1615-1626.
- Colwell, R.K. 2000. *Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples*. Storrs, Connecticut, EEUU: *Entomologia*, A. C. Veracruz, México. 280 p.
- Daily, G. 2001. Ecological forecasts. *Nature*, 411:245.
- Delgado, L., A. Pérez & J. Blackaller. 2000. Claves para determinar a los taxones genéricos y supragenéricos de Scarabaeoidea Latreille, 1802 (Coleoptera) de Mexico. *Folia Entomológica Mexicana*, 110:33-87.
- Delgado L & B. Kohlmann. 2007. Revisión del género Uroxys Westwood de México y Guatemala (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae). *Folia Entomológica Mexicana*. 46:1.
- Deloya, C., M.A. Morón & J.M. Lobo. 1995. Coleoptera Lamellicornia (Macleay, 1819) del sur del estado de Morelos, México, 65: 1-42.
- Deloya, C., V. Parra-Tabla & H. Delfín Gonzales. 2007. Fauna de Coleópteros Scarabaeidae Laparostici y Trogide (Coleoptera: Scarabaeoidea) asociados al Bosque Mesofilo de Montaña, Cafetales Bajo Sombra y Comunidades derivadas en el Centro de Veracruz, México. *Neotropical Entomology*, 36: 5-21
- Deloya, C. & D. Covarrubias. 2014. *Escarabajos del Estado de Guerrero*. México. 230 p.
- Desender, K., M. Dufrene, M. Loreau, M.L. Luff & J. Maelfait. 1994. Carabid beetles: Ecology and evolution. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. En: Ribera, I. & G. Foster. 1997. El uso de artrópodos como indicadores biológicos. *Bol. S.E.A*, 20: 265-276.
- Didham, R., J. Ghazoul, N. Stork & A. Davis. 1996. Insects in fragmented forest: a functional approach. *Tree*, 11: 255-474.
- Enciclopedia Guerrerense. 2015. Guerrero Cultural Siglo XXI, A.C.

- Endrödi, S. 1966. Monographie der Dynastinae (Coleoptera: Lamellicornia) I Teil. Entomologische Abhandlungen Museum Tierkunde, Dresden, Bd. 33: 1-457. En: Kohlmann, B. & M. A. Morón. 2003. Análisis Histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana*, 90: 175-280.
- 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.
- Escobar, F & P. Chacon. 2000. Distribución espacial y temporal en un gradiente de sucesión de la fauna de coleópteros coprófagos (Scarabaeinae, Aphodiinae) en bosque tropical montano, Nariño-Colombia. *Biología Tropical*, 48: 961-975.
- Favila, M. E. & G. Halffter. 1997. The use of indicator groups for measuring biodiversity as related to community structure and function. *Acta Zoológica Mexicana*, 72:1-25.
- Fuentes, P. V. & E. Camero. 2006. Estudio de la fauna de escarabajos coprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un Bosque Húmedo Tropical de Colombia. *Entomotropica*, 21(3): 133-143.
- García L. & O. Rubiano. 1984. Comunidades de líquenes como indicadores de niveles de calidad del aire en Colombia. *Contaminación Ambiental*, 8:73-90.
- Gillard, P. 1967. Coprophagous beetles in pasture ecosystems. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Science*, 33: 30-34.
- Guevara, S., J. Laborde & G. Sánchez. 2004. Los Tuxtlas. *El paisaje de la sierra*. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. 287 p.
- Gliessman, S.R. 2002. *Agroecología. Procesos Ecológicos en Agricultura Sostenible*. 361 p.
- Gordon, R. & L. Cartwright. 1980. The Western Hemisphere Species of *Rhyssalus* and *Trichiorhyssalus* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Smithsonian Contributions To Zoology*, 137.
- Granados, J.M., B. Kohlmann & R. Russo, 2010. Escarabajos del estiércol como bioindicadores del impacto ambiental causado por cultivos en la región atlántica de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 6 (2): 181-189. En: Navarrete, D.A. 2009. *Diversidades α , β y γ de escarabajos copro-necrofagos (coleóptera Scarabaeoidea) en un paisaje de selva siempre verde en Chiapas, México*. Instituto de Ecología A.C., Xalapa, Veracruz, México. 152 p.
- Halffter, G. 1964. La Entomofauna Americana, ideas acerca de su origen y distribución. *Folia Entomológica Mexicana*, 6: 1-108.
- Halffter, G. 1998. A strategy for measuring landscape biodiversity. *Biology International (Special Issue)*, 36: 3-17.
- Halffter, G. 2002. Conservación de la Biodiversidad en el Siglo XXI. *Aracnet* 10, 31:1-7.
- Halffter, G. & M. E. Favila. 1993. The Scarabaeinae (Insecta: Coleoptera) an animal group for analysing, inventorying and monitoring biodiversity in tropical rainforest and modified landscapes. *Biología Interna*, 27: 21.
- Halffter, G & E.G. Matthew .1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera: Scarabaeidae). *Folia Entomologica*, 14:1-312.

- Halffter, G., C. E. Moreno & E. O. Pineda. 2001. *Manual para evaluación de la biodiversidad en Reservas de la Biosfera*. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 2. Zaragoza. 80 p.
- Hanski, I & Y. Cambefort. 1991. *Dung Beetles Ecology*. Princeton University Press
- Hernández B., J.M. Maes., C.A. Harvey., S. Vilchez., A. Medina & D. Sanchez. 2003. Abundancia y diversidad de esrabajos coprófagos y mariposas diurnas en un paisaje ganadero en el departamento de Rivas, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10: 39-40.
- Howden, H.F. & O.P. Young. 1981. Panamanian Scarabaeidae: Taxonomy, distribution and habits (Coleoptera, Scarabaeidae). *Contributions of the American Entomological Institute*, 18: 1-204.
- INEGI. 2005. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
- Janssens, A. 1949. Table synoptique et essai de classification pratique des Coléoptères Scarabaeidae. *Bull. Instit. Roy. Scie. Nat. Belg.* 25 (15): 1-30. En: Kohlmann, B. & M. A. Morón. 2003. Análisis Histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia. *Acta Zoológica Mexicana*, 90: 175-280.
- Kohlmann, B. & M.A. Morón. 2003. Análisis Histórico de la clasificación de los Coleoptera Scarabaeoidea o Lamellicornia, 90: 175-280.
- Kremen, C. 1992. Assessing the indicator properties of species assemblages for natural areas monitoring. *Ecological Applications*, 2: 203-271.
- Landres, P. B., J. Verner. & J. W. Thomas. 1988. Ecological uses of vertebrate indicator species: A critique. *Conservation Biology*, 4: 316–329.
- Lawrence, J.F. & A.F. Newton. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names), 779-1006. En: A. C. Pakaluk & S. A. Ślipiński (Eds.) *Biology, Phylogeny and Classification of Coleoptera: Papers Celebrating the 80th Birthday of Roy*. Muzeum Instytut Zoology PAN, Warszawa.
- Longcore, T. 2003. Terrestrial arthropods as indicators of ecological restoration succes in coastal sage scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*, 11: 397-409.
- López, J., V. Korasaki, L. Lizandra, L. Catelli, V.M. Marcal & P.B. Nunes. (2001). A comparasion of dung beetle assemblage structure (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) between an Atlantic forest fragment and adjacent abandoned pasture in Parana, Brazil. *Zoologia*, 28 (1): 72–79.
- Lusk, C. 1996. Gradient analysis and disturbance history of temperate rain forest of coast range summit plateau. Valdivia, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 401-411.
- Magurran, A.E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University, Nueva Jersey, EE.UU. 192 p.
- Majul, S. 2012. Plan Municipal de desarrollo de Taxco de Alarcón.
- Márquez, J. 2005. Técnicas de colecta y preservación de insectos. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, 37: 385-408.
- Márquez, J., J. Asiain, M.A. Morón & C.T. Hornung-Leoni. 2013. Escarabajos Gema (Insecta: Coleoptera, Melolonthidae) como indicadores del grado de

- conservación de los bosques del Estado de Hidalgo, México. *Interciencia*, 38: 410-417.
- Martínez, M., R. Cruz, J. F. Castrejón, S. Valencia, J. Jiménez & C. A. Ruiz-Jiménez. 2004. Flora vascular de la porción guerrerense de la Sierra de Taxco, Guerrero, México. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Botánica*, 75: 105-189.
- Martinez, I., M. Cruz, E. Montes & T. Suarez. 2011. *La función de los escarabajos del estiércol en los pastizales ganaderos*, Xalapa, Veracruz. 71 p.
- Martín-Piera, F. & J.I. López-Colón. 2000. Coleoptera, Scarabaeoidea I. En: Ramos, M. A. *et al.* (Eds.). *Fauna Ibérica*, vol. 14. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 526 p.
- Matthews, E.G. 1975, La biogeografía ecológica de los escarabajos del estiércol, *Acta Politécnica Mexicana*, 16: 89-98.
- Mazzani, C., O. Luzón & Marleny Chavarri. 2004. *Aspergillus flavus* asociado a *Epitragus* sp. (Coleoptera: Tenebrionidae) en maíz bajo riego en Turén, estado Portuguesa, Venezuela. *Entomotropica*, 19(3): 157-159.
- Mendoza, H. C. & Ramírez, B. (2000). *Plantas con flores de la Planada. Guía ilustrada de familias y géneros*. Bogotá D.C: Editorial Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 244 p.
- Meyer, C., F. J. Fründ, J. Lizano, W. P. & E.K.V. Kalko. (2008). Ecological correlates of vulnerability to fragmentation in Neotropical bats. *Journal of Applied Ecology*, 45:381-391.
- Miranda, B. T. (2009). Estrategias para la restauración del componente suelo en áreas afectadas por minería (161-173). En: J.I. Barrera, S. Contreras, A.C. Ochoa, S. Perilla, N. Garzón N, & D. Rondón (Eds.). *Restauración ecológica de áreas degradadas por minería a cielo abierto*. Bogotá D.C.: Editorial Pontificia Universidad Javeriana
- Miranda, C.H.B., J.C.C. Santos & I. Bianchin. 1998. Contribution of *Onthophagus gazella* to soil fertility improvement by bovine fecal mass incorporation into the soil. Greenhouse studies. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 27: 681-685.
- Montes de Oca, E. 2001. Escarabajos Coprófagos de un Escenario Ganadero típico de la Región de los Tuxtlas, Veracruz, México: Importancia del Paisaje en la Composición de un Gremio Funcional, *Acta Zoológica Mexicana*. 82: 111-132.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad. M&T-Manuales y Tesis SEA*, 1: 84-85.
- Moreno, J.Y., N. Patarroyo & H. Rodriguez. 2006. *La importancia del uso de los indicadores biológicos en los estudios de impacto ambiental*. Universidad Industrial de Santander. 134 p.
- Morón, M.A. 2001. Larvas de escarabajos del suelo en México (Coleoptera: Melolonthidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 1:111-130.
- Morón, M. A. 2003. Antecedentes, 11-18. En: Morón, M. A. (Ed.). *Atlas de los Escarabajos de México*. Vol. 2. Argania Editorial, Barcelona.
- Morón, M.A. 2004. *Escarabajos. 200 Millones de Años de Evolución*. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España. 206 p.

- Morón, M. A. & Terrón, R. 1988. *Entomología Práctica*. Instituto de Ecología A.C. 504 p.
- Morón, M.A. & A. Aragón. 2003. Importancia ecológica de las especies americanas de Coleoptera Scarabaeoidea. *Dugesiana*, 10: 13–29.
- Morón, M.A., C. Deloya & L. Delgado Castillo. 1988. Fauna de coleópteros Melolonthidae, Scarabaeidae y Trogidae de la región de Chamela, Jalisco, México, 77: 313-378.
- Morón M.A., C. Deloya, A. Ramírez Campos & S. Hernández Rodríguez. 1998. Fauna de Coleoptera Lamellicornia de la región de Tepic, Nayarit, México, 75: 73-116.
- Morón, M.A., B. C. Ratcliffe & C. Deloya. 1997. *Atlas de los escarabajos de México*. Coleoptera Lamellicornia Vol. 1 Familia Melolonthidae. CONABIO Y SME. México. 280 p.
- Navarrete, D. 2009. *Diversidad α , β y γ de escarabajos copro-necrófagos (Coleoptera: Scarabaeoidea) en un paisaje de selva siempre verde en Chiapas, México*. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 152 p.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355-364.
- Orozco, J. 2012. Monographic revision of the American Genus Euphoria Burmeister, 1842 (Coleoptera:Scarabaeidae :Cetoniinae). *The Coleopterists Society*, 66(4).
- Otavo, E.S., A. Parrado-Rosselli, J. Ari Noriega. 2013. Superfamilia Scarabaeoidea (Insecta: Coleoptera) como elemento bioindicador de perturbación antropogénica en un parque nacional amazónico. *Revista de Biología Tropical*, 61: 735-752.
- Pearson, D.L. 1995. Selecting indicator taxa for the quantitative assessment of biodiversity. En: Hawksworth D.L. (Ed.) *Biodiversity measurement and estimation*. London, UK, Chapman and Hall. 75-79 p.
- Pedraza, M. del C., J. Marquez & J.A. Gomez-Anaya. 2010. Estructura y composición de los ensamblajes estacionales de coleópteros (Insecta: Coleoptera) del bosque mesófilo de montaña en Tlanchinol, Hidalgo, México, recolectados con trampas de intercepción de vuelo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81: 437-456.
- Prat, N., B. Ríos, R. Acosta & M. Rieradevall. 2009. *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. En *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*: 631-654.
- Ramírez, G.A. 2006. *Ecología Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades*. Editorial Pontificia Universidad Javeriana. 273 p.
- Ramírez-Salinas, C., Morón, M. A. & A.E. Castro-Ramírez. 2004. Descripción de los estados inmaduros de tres especies de *Anomala*, *Ancognatha* y *Ligyris* (Coleoptera: Melolonthidae: Rutelinae y Dynastinae). *Acta Zoológica Mexicana*, 20: 67-82.
- Ratcliffe, B.C., M. L. Jameson & A. B. T. Smith. 2002. Scarabaeidae Latreille 1802. En: Arnett Jr., R. H., M. C. Thomas, P. E. Skelley & J. Howard Frank (Eds.). *American Beetles. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea*, 2: 39-81.

- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México. 504 p.
- Reyes, E. 2005. Fauna de Coleoptera Melolonthidae y Passalidae de Tzucacab y Conkal, Yucatan, Mexico. *Acta Zoológica Mexicana*, 21(2): 15-49.
- Ruiz, O. L. 2013. *Actividad Diaria y Preferencia Trófica del Ensamblaje de Escarabajos (Coleoptera: Scarabaeidae: Scarabaeinae) en la Reserva de la Biosfera Selva el Ocote, Chiapas, México*. 69 p.
- Sánchez-Hernández, C., M. L. Romero-Almaraz, H. Colín-Martínez & C. García-Estrada. 2001. Mamíferos de cuatro áreas con diferente grado de alteración en el sureste de México. *Acta Zoológica Mexicana*, 84: 35-48.
- Schuster J. C., B. Enio & C. Cardona. 2000. Un método sencillo para priorizar la conservación de los bosques nubosos de Guatemala, usando Passalidae (Coleoptera) como organismos indicadores. *Acta Zoológica Mexicana*, 80: 197-209.
- Shaw, M.R. & M.E. Hochberg. 2004. The neglect of parasitic Hymenoptera in insect conservation strategies: the British fauna as a prime example. *Journal of Insect Conservation*, 5: 253-256.
- Soledispa, C.P. 1997. *Biodiversidad y bioindicadores de perturbación en la vegetación tropical de la región Atlántica de Costa Rica* [Proyecto de Graduación Lic. Ing. Agr.]. Guácimo (CR): Universidad EARTH. 84 p.
- Sombra, P., A. Rivas, E. Bello, H. Carrillo, A. Hernández, D. M. Figueroa & S. Guzmán. 2015. Variaciones de la comunidad de visitantes florales de *Bursera copallifera* (Burseraceae) a lo largo de un gradiente de perturbación antropogénica. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85: 178-187.
- Steyskal, G. C., W. L. Murphy & E. M. Hoover. 1986. Insects and mites: Techniques for collection and preservation. U. S. Department of Agricultura. *Miscellaneous Publication*. 1443: 103.
- Tapia, M. E., M. Huanes, N. Espinoza & C. Carton. 1997. *Manejo integral de microcuencas*. Condesan. 205 p.
- Torres, M., S. Arana & J.M. Maes. 2007. Especies de las familias Saturniidae, Sphingidae, Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae (Lepidoptera), Scarabaeidae (Coleoptera) y su potencial uso como indicadores de perturbación en la Reserva Biológica Indio Maiz. *Revista Nicaragua Entomology*, 2: 36.
- Trejo, I. & R. Dirzo. 2000. Deforestation in seasonally dry tropical forests. A national and local analysis in México. *Biological Conservation* 94: 133-142.
- Wittaker, R.H. 1972. Evolution and measurement of species diversity. *International Association for Plant Taxonomy*, 21: 213-251.
- Yanes Gomez, G. & M.A. Morón. 2010. Fauna de coleóperos Scarabaeoidea de Santo Domingo Huehuetlán, Puebla, México. Su potencial como indicadores ecológicos. *Acta Zoológica Mexicana*, 26(1): 123-145.

Páginas de internet

Bosques secos y nublados del Municipio de Independencia. *Biblioteca Asocam*, consulta 25 de julio del 2016.

[Http://www.asocam.org/biblioteca/items/show/1393](http://www.asocam.org/biblioteca/items/show/1393).