



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**  
**Carrera de Biología**



TESIS

“Familias de Coleoptera capturadas con trampas de caída en un bosque de pino-encino, un matorral xerófilo y un bosque tropical caducifolio del Estado de México, México”.

Alumna:

**García Durán Andrea**

**No. de Cuenta: 3-0605468-4**

**Asesor: Dr. Esteban Jiménez Sánchez**

Los Reyes Iztacala, 11 de noviembre, 2013.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## *Agradecimientos*

*En memoria de todos los seres vivos que murieron para la realización de esta tesis.*

En lo familiar, agradezco a mis padres quienes, a pesar de todas las situaciones desfavorables que hemos vivido desde siempre, supieron guiarme hasta donde estoy en estos momentos. Su apoyo y sus enseñanzas han sido fundamentales en mi formación personal y profesional. Ustedes formaron mis cimientos.

A mi mamá María Catalina Durán Segovia, por el amor, la dedicación y la paciencia, por respetar mis decisiones, aunque en la mayoría de las ocasiones no estés de acuerdo conmigo. Eres una mujer admirable, te quiero y te respeto.

A mi papá José Dionisio García Flores, por quererme a tu manera y por ser mi Técnico especializado en materiales para Biología. Muchos de tus valores rigen mi vida. Te quiero mucho y te respeto.

A mi hermana Alejandra García Durán, por ser la mejor dunkly del mundo y mi principal ejemplo desde que éramos niñas, porque aunque lo he negado muchas veces, aquí acepto que siempre seguí tus pasos y traté de ser tan buena como tú. Sé que las cosas no han sido fáciles para ti, pero también sé que lograrás todos tus objetivos, porque eres una buena persona y muy buena en lo que haces. Ojalá existieran más personas como tú. Te quiero mucho.

A mi tía Margarita García Flores, que siempre nos ha brindado su apoyo incondicional y porque sin ella hubiera sido prácticamente imposible terminar la carrera. Muchas gracias tía, la quiero y la admiro mucho.

En lo amistoso, agradezco a Yunuén Villamar, quien fue una pieza clave mi percepción de la vida desde mi adolescencia y con quién desarrollé mis inquietudes por ver más allá de lo que nuestros ojos nos dejan ver. A todos los “Buena onda”, pero especialmente a Carlos Antonio Cumplido Martínez, quien ha estado verdaderamente en las buenas y en las malas desde la preparatoria y con quien he aprendido a valorar la amistad. Te quiero mucho Toño.

En lo escolar, agradezco a la UNAM y específicamente a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, por convertirse en mi primera casa desde mi ingreso y por dejarme vivir los mejores momentos de mi vida. Porque en ella conocí a mi compañero y amigo de toda la carrera, Ralph Luna Ontiveros, con quien recorrí todos los caminos y crucé satisfactoriamente todos los obstáculos en cada semestre. Jamás hubiera tenido mejor compañía. Te quiero mucho.

A todo el grupo 51, porque su agradable compañía fue de vital importancia para superar los retos de este largo camino. Al profesor Ángel Lara Vázquez, por ser el mejor tutor que tuve, por todos los consejos y por el apoyo. Sus palabras me mostraron desde

mi primer día de clases, la responsabilidad con la que debía conducirme durante toda la carrera. A la profesora Marcela Ibarra González, porque con sus clases confirmé mi amor por la entomología, por su apoyo, por sus consejos como revisora de la tesis.

Al Dr. Esteban Jiménez Sánchez, porque gracias a usted descubrí el maravilloso mundo de los artrópodos y pude definir mi vocación como Bióloga. También agradezco toda la atención y el apoyo que me brindó como su tesista. Sus enseñanzas me han motivado para seguir en este camino y sin duda es mi ejemplo a seguir.

A Claudia, Oscar, Mónica, Julio y Cindy, porque con su compañía y sus pláticas en el laboratorio, me ayudaron a despejar mi mente en momentos de tensión que frecuentemente se generan por tanto trabajo. Parece insignificante, pero en verdad ayuda mucho y se los agradezco. A Maricela Leticia Moreno Olvera, por todo su apoyo en el largo y pesado trabajo de campo en Teotihuacán. Nos tocó vivir juntas algunas cosas buenas y otras bastante desagradables, pero todas dignas de recordarse. Tu paso por la carrera ha sido difícil, pero ya estás a nada de terminar y confío en tu fortaleza para terminar la tesis, bien dicen que es difícil, pero no imposible. Te deseo lo mejor, te aprecio y te admiro mucho.

A Humberto Molina Chávez, Manuel Nava Hernández y Jesús Luy Quijada, quienes me recibieron amablemente en su laboratorio para realizar mi servicio social, para enseñarme aspectos más allá de la Biología, influyendo positivamente en mi formación profesional. Gracias por ser increíbles.

A Giovanni, Verito, Paul, Matzieli y Christian, mis compañeros de gimnasia, porque se han convertido en mi segunda familia, porque cada uno de ustedes me ha enseñado cosas que considero importantes en mi vida y porque su compañía me alegra los días.

Agradezco eternamente a Carlos Enrique Molina Albarrán, por ser parte fundamental de mi existencia. Con tu llegada se estabilizó mi vida y retomé el camino cuando me estaba perdiendo. Sin tu presencia y tu apoyo emocional jamás lo hubiera logrado. Eres una de las mejores personas que he tenido la suerte de conocer y la mejor pareja que he tenido. Siempre estarás en mi mente y en mi corazón.

Por último, quiero agradecer infinitamente a la persona más importante y que más me ha apoyado en la esta última etapa. Aunque hubiera tenido todos los recursos del mundo, sin tu presencia no sería ni la mitad de lo que soy ahora como persona, porque en los últimos meses has sido mi principal motivación, por todo lo que significas para mí. Gracias por tu honestidad, respeto y admiración. Gracias por compartir conmigo momentos agradables y desagradables. Gracias por enseñarme tantas cosas, por no subestimarme y por confiar en mis capacidades. Gracias por no juzgarme y por aceptarme como soy. Rubén, nuevamente te doy las gracias por todo, sabes que te quiero...

Sábado, 9 de noviembre de 2013.

*"Nothing's gonna change my world..."*  
The Beatles

*"Une leben onhe liebe, ich kein leben"*  
Lacrimosa

*"Before you slept into unconsciousness  
I'd like to have another kiss,  
another flashing chance,  
at least another kiss, another kiss..."*  
Jim Morrison

*"Sin preocuparse es como hay que vivir..."*  
Timón y Pumba

*"...renuncio a todo menos a morir,  
sin ni siquiera haberlo intentado..."*  
Zoé

*"Give me the base line and i'll shake it,  
give me a record and I'll break it..."*  
Madonna

*"There's nothing you can do that can't be done,  
there's nothing you can know that isn't known...  
All you need is love..."*  
The Beatles

## ÍNDICE

RESUMEN.....	6
INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES.....	10
OBJETIVOS.....	14
ÁREA DE ESTUDIO.....	15
MATERIALES Y MÉTODO.....	22
Trabajo de campo.....	22
Trabajo de laboratorio.....	23
RESULTADOS.....	25
Riqueza.....	27
Abundancia.....	30
Fenología.....	30
Diversidad.....	36
Gremios tróficos.....	40
DISCUSIÓN.....	42
Riqueza.....	42
Abundancia.....	43
Fenología.....	46
Diversidad.....	47
Efectividad de la trampa.....	47
Gremios tróficos.....	48
Primer registro de un adulto de <i>Micromalthus debilis</i> LeConte 1878 para México.....	49
CONCLUSIONES.....	51
LITERATURA CITADA.....	52

## RESUMEN

Los coleópteros de un bosque de pino-encino (BPE) en Coatepec Harinas, un matorral xerófilo (MX) en Teotihuacán y un bosque tropical caducifolio (BTC) en Tonatico, Estado de México, fueron recolectados mensualmente durante un año con trampas de caída instaladas permanentemente en transectos lineales. Los individuos fueron separados e identificados a nivel de familia, se realizó un conteo mensual para cada una y se analizó su fenología. Se comparó la diversidad de las familias entre los diferentes tipos de vegetación y entre las épocas del año con el índice de Shannon-Wiener, y se confirmó si existían diferencias significativas con una prueba de  $X^2$ . La clasificación de los gremios tróficos se basó en la consulta de literatura especializada.

Se capturaron 4,110 individuos agrupados en 48 familias y tres subórdenes. En el MX se obtuvo el 47% de los individuos y 30 familias, en el BPE el 28% y 32 familias, y en el BTC el 25% y 31 familias. Once familias agruparon el 85% de la abundancia total. Staphylinidae obtuvo la mayor abundancia relativa con 20%, seguida por Corylophidae (17%), Scarabaeidae (8%), Nitidulidae (8%), Carabidae (8%), Monotomidae (6%), Tenebrionidae (5%), Cryptophagidae (4%), Curculionidae (3%), Chrysomelidae (3%) y Endomychidae (3%). Catorce familias estuvieron presentes en los tres tipos de vegetación, 17 en dos y 17 sólo en uno. La prueba estadística (prueba de  $X^2$ ,  $p= 0.05$ ) demostró que sí existieron diferencias significativas entre la diversidad de familias presentes en los tres tipos de y entre la diversidad de familias de sus respectivas épocas.

Las 48 familias registradas en el Estado de México representaron una riqueza muy alta, por constituir el 43% del total de familias presentes en México y representar una quinta parte de las familias registradas a nivel mundial. La riqueza obtenida en los tres sitios fue alta comparada con estudios similares realizados en otros países y la del MX y el BTC debe ser aún más alta. Las familias Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Leiodidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Tenebrionidae se encontraron con alta frecuencia en las trampas de caída debido a su gran actividad epigea y acumularon más del 75% de la abundancia en los tres tipos de vegetación. La precipitación no fue un factor que afectó la riqueza entre las épocas del año en ningún sitio, sin embargo, sí afectó la abundancia entre las épocas del año en todos los sitios, especialmente en el MX, donde se alcanzó la mayor abundancia durante la época de sequía. Se consideró que la trampa de caída reflejó gran parte de la riqueza de estos organismos en el suelo. Se obtuvo el primer registro de *Macromalthus debilis* LeConte 1878 para México.

## INTRODUCCIÓN

El territorio del Estado de México representa el 1% de la superficie nacional y en él se desarrolla una amplia diversidad de plantas y animales, debido a que forma parte de la provincia de los Lagos y Volcanes del Anáhuac, lo cual le ha permitido contar con amplios contrastes en la elevación de su territorio, desde las zonas cercanas a 300 m snm hasta los 5,500 m snm que alcanza el volcán Popocatepetl, pasando por un conjunto de grandes planicies ubicadas a 2,250 y 2,600 m snm, correspondientes a la cuenca del Valle de México y la cuenca del Río Lerma respectivamente (Ceballos *et al.*, 2009).

Lo anterior permite que haya una gran variedad de tipos de clima como son: cálido subhúmedo a semicálido subhúmedo en la cuenca del Balsas (20.8% del territorio estatal); templado subhúmedo en la mayor parte de la cuenca de Lerma y Valle de México (61.7%); semiseco templado ubicado en el noreste (5.7%); semifrío húmedo (11.6%) y frío propio de los grandes picos de la entidad (0.2%) (INEGI, 2011). El efecto de este factor en las diferentes regiones, aunado a las variaciones del relieve permiten la presencia de varios tipos de vegetación (Ceballos *et al.*, 2009).

De esta manera, el 27% de la superficie está ocupada por bosques de tipo templado, como bosques de coníferas (pino, oyamel y junípero, entre otros), bosque mesófilo de montaña, bosque de encino, así como sus respectivas asociaciones; aún se reconoce cerca de 5% de superficie ocupada con selva baja caducifolia propia de la cuenca del Balsas y 0.5% de matorral propio de los límites con Hidalgo y Querétaro (Ceballos *et al.*, 2009).

En los ecosistemas, las variedades de coberturas vegetales albergan una gran riqueza faunística en la que los organismos desempeñan un papel preponderante no solo en la génesis y evolución de los mismos, sino en el resultado de las acciones tendientes a la transformación, reciclaje de nutrientes y conservación de los recursos (Camero *et al.*, 2005). Tal es el caso de los insectos, cuyo estudio es todavía muy incompleto a pesar de ser el grupo de mayor riqueza con un 66% del total de especies vivas de animales en el mundo (Zhang, 2011).

En particular, los coleópteros representan el orden más diverso con un aproximado de 387,100 especies, sin embargo, su conocimiento aún es muy incipiente y la mayoría de la información existente se encuentra dispersa en distintas publicaciones de ámbito regional y mundial (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009a; Zhang, 2011). En el caso del Estado de México, no se cuenta con un listado de todas las especies de coleópteros, pero existen datos de cuatro de las familias (Staphylinidae, Silphidae, Scarabaeidae y Trogidae) más



estudiadas en México, los cuales indican que los registros provienen de los principales tipos de vegetación: bosque de pino, bosque de encino, selva baja caducifolia y el pastizal, mientras que permanecen como zonas inexploradas el bosque mesófilo de montaña, presente en algunas porciones de los municipios de Coatepec Harinas, Temascaltepec, Texcaltitlán, Tenango del Valle y Villa Guerrero, y el matorral xerófilo que prospera en las planicies, lomeríos y serranías del norte, ubicado en sitios como Acambay, Otumba, Axapusco, Huehuetoca, Zumpango, Teotihuacán, Sierra de Guadalupe y Cerro Gordo (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009).

Varios de estos ecosistemas están amenazados por la modificación de los hábitats, lo que provoca la pérdida de la diversidad faunística (Camero *et al.* 2005), la cual tiene un papel importante en el funcionamiento del sistema. Los escarabajos pueden alimentarse en todos los tipos de materia vegetal y animal. Muchos son fitófagos, depredadores o fungívoros, mientras que algunos son carroñeros y muy pocos son parásitos. En cuanto a sus hábitats algunos son subterráneos; muchos acuáticos o semiacuáticos y pocos viven como comensales en los nidos de insectos sociales o mamíferos (Triplehorn & Johnson, 2005).

Debido a que los escarabajos se pueden encontrar en prácticamente cualquier tipo de hábitat, se han diseñado diferentes tipos de trampas para su captura, en la mayoría de los casos se consideran sus hábitos alimentarios para atraerlos mediante el uso de cebos. Sin embargo, muchos escarabajos no son activos voladores y son incluidos dentro de la fauna epigea, la cual se caracteriza por desplazarse y alimentarse sobre la superficie del suelo, con la función primordial de fragmentar la hojarasca y promover su descomposición (Brown *et al.*, 2001), por lo cual la trampa de caída, también conocida como “de foso”, “pozo seco” o “pitfall” es ideal para su captura (Schauff, 2001; Triplehorn & Johnson, 2005), ésta consiste en un recipiente abierto colocado a nivel del suelo que puede contener o no un líquido conservador (Solís, 2010) y ha sido utilizada para abordar el estudio de la diversidad (Vohland *et al.*, 2005; García & Pardo, 2004 y Marinoni & Ganho, 2003; Hall, 2001), la etología (Larsen *et al.*, 2009; Peck & Howden, 1984) y la ecología (Fagundes *et al.*, 2011; Driscoll & Weir, 2005; Barbosa & Marquet, 2002; Hadjicharalampous *et al.*, 2002; Kutasi *et al.*, 2001) de coleópteros, así como la diversidad de otros artrópodos en diferentes agroecosistemas (Flores *et al.* en 2008, Camero *et al.* en 2005).

Esta trampa es ampliamente recomendada para indicar el grado de actividad de las familias epigeas (Majer, 1978), además de tener bajo costo de fabricación, fácil instalación y transporte (Schauff, 2001); asimismo, son un complemento importante para la obtención de inventarios más completos, si se usa en conjunto con otros métodos de recolección como la trampa de intercepción de vuelo, recolecciones directas, con luces o con atrayentes químicos.

## ANTECEDENTES

Para el Estado de México no se tiene un listado completo de las especies de escarabajos, la mayoría de los trabajos de inventarios faunísticos se enfocan principalmente a los escarabajos asociados a carroña y excremento. Se tienen cinco inventarios que incluyen a la fauna de Staphylinidae (Arriaga *et al.* 2011; Jiménez-Sánchez *et al.* 2011; Cejudo & Deloya, 2005; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2000; Delgadillo-Reyes *et al.*, 1998), cinco a la de Silphidae (Pérez-Villamares *et al.* 2012; Trevilla-Rebollar *et al.* 2010; Morales *et al.*, 1995; Cejudo & Deloya, 2005; Méndez, 2002), cuatro a la de Scarabaeidae (Pérez-Villamares *et al.* 2012; Trevilla-Rebollar *et al.* 2010; Méndez, 2002; Morón & Zaragoza, 1976) y sólo dos a la de Trogidae (Trevilla-Rebollar *et al.* 2010; Méndez, 2002).

Es posible tener un panorama del conocimiento del orden Coleoptera en el estado si se consideran las familias Staphylinidae, Silphidae, Scarabaeidae y Trogidae que agrupan un total de 236 especies, la mayoría de estas de hábitos necrófagos y coprófagos. La familia mejor representada es Staphylinidae con 133, seguida de Scarabaeidae con 73, Trogidae con seis y Silphidae con cinco especies. A continuación se presenta un resumen sobre los estudios más recientes sobre este tipo de organismos en el Estado de México:

- Pérez-Villamares *et al.* (2012) realizaron un estudio de coleópteros necrófilos con el objetivo de inventariar las especies de las familias Scarabaeidae, Silphidae, Geotrupidae y Ceratocanthidae en un bosque de pino- encino y vestigios de bosque mesófilo de montaña en Coatepec Harinas, Estado de México. Utilizaron necrotrampas tipo NTP-80 cebadas con calamar instaladas en dos cañadas del bosque. Se obtuvieron 1,512 individuos agrupados en cinco subfamilias, seis tribus, siete géneros y ocho especies. Silphidae fue la más abundante (1,427 individuos), seguida por Scarabaeidae (71), Ceratocanthidae (10) y Geotrupidae (4). Las especies más abundantes fueron de la familia Silphidae: *Nicrophorus mexicanus* Matthews, 1888 (832 individuos), seguida por *N. olidus* Matthews, 1888 (500) y *Oxelytrum discicolle* (Brullé, 1840).
- Arriaga *et al.* (2011) llevaron a cabo un estudio de estafilínidos necrófilos para contribuir al conocimiento de las especies de ésta familia en dos sitios con bosque

de pino- encino en Coatepec Harinas, Estado de México, mediante el uso de trampas tipo NTP-80 cebadas con calamar. Se registraron un total 587 individuos agrupados en siete subfamilias, 15 géneros y 21 especies. La subfamilia más rica en especies fue Staphylininae con 11 y la más abundante Omaliinae con 360 organismos. El género con mayor número de especies fue *Belonuchus* con tres, seguido por *Platydracus* y *Phloeonomus* con dos especies, los 12 restantes con una especie cada uno.

- Jiménez-Sánchez *et al.* (2011) estudiaron los estafilínidos necrófilos de un bosque de pino- encino, un bosque tropical caducifolio y un pastizal inducido en Malinalco, Estado de México, capturados con el uso de necrotrampas modelo NTP-80, para ampliar la información acerca de la distribución de algunas especies, además de brindar datos sobre su riqueza, abundancia, fenología y similitud faunística entre los diferentes sitios. Se capturaron 5,390 individuos agrupados en 11 subfamilias, 37 géneros y 62 especies. Las subfamilias más abundantes fueron Staphylininae (60.4%), Omaliinae (18.6%), Oxytelinae (18.6%) y Tachyporinae (1.6%), las restantes representaron 0.9%. La subfamilia Staphylininae, fue la más rica en especies con 40, seguida por Paederinae (8) y Tachyporinae (5), las subfamilias restantes agruparon menos de tres. *Oligotergus fasciatus* (Nordmann, 1837) y *Xanthopygus xanthopygus* (Nordmann, 1837) son primeros registros para el estado.
- Trevilla-Rebollar *et al.* (2010) elaboraron un inventario de las especies de coleópteros necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) para analizar su diversidad, fenología, abundancia, riqueza y similitud faunística con otras zonas del país, en un bosque tropical caducifolio y en un bosque de pino-encino de Malinalco, Estado de México, localizado a los 1,750 m snm, colocando en cada sitio cuatro necro trampas permanentes. Se obtuvieron 206 muestras en las que se encontró un total de 7,680 individuos pertenecientes a 18 géneros y 38 especies. Por primera vez se tienen los registros de 8 especies de Scarabaeidae: *Ataenius cribrithorax* Bates, *A. castaniellis* Bates, *Ateuchus halffteri* Kohlmann, *Onthophagus hoepfneri* Harold, *O. igualensis* Bates, *O. incensus* Say, *Canthon morsei* Howden, *Pseudocanthon perplexus* (LeConte); y tres de Trogidae: *Omorgus rodriguezae* Deloya, *O. suberosus* Fabricius y *Trox spinulosus dentibius* Robinson.

Por otra parte, no existen trabajos en el país donde se utilice la trampa de caída específicamente para evaluar la riqueza de familias de coleópteros de un área; sin embargo se tienen estudios a nivel mundial en diferentes ecosistemas y agroecosistemas que se relacionan con el presente trabajo, entre ellos se encuentran los siguientes:

- Fagundes *et al.* (2011) analizaron la composición de coleópteros epigeos en cinco ambientes: un bosque nativo, un pastizal nativos, en plantaciones de *Pinus elliottii* y *Eucalyptus saligna* en un área degradada por el uso de suelo en el sur de Brasil, para conocer la diversidad, la riqueza, la abundancia y la similitud faunística entre los sitios. Recolectaron un total de 1812 individuos agrupados en 45 morfoespecies y 14 familias, de las cuales Scarabaeidae tuvo la mayor riqueza con nueve morfoespecies y Nitidulidae fue la más frecuente con 1113.
- Driscoll & Weir (2005) realizaron un estudio ecológico sobre la respuesta de la población de coleópteros ante la fragmentación del hábitat en tres localidades del centro sur de New Wales en Australia, donde se presenta un clima semiárido con una precipitación anual promedio de más de 425 mm y un relieve máximo de 20m para cada sitio. A cada localidad se le asignaron diez sitios de muestreo, y por cada sitio se colocaron 16 trampas pitfall separadas por 25 m entre sí y diez metros de separación hacia la valla. Las trampas se revisaron por cinco periodos consecutivos de 24 horas. De un total de 2,165 individuos recolectados, identificaron 165 especies pertenecientes a las familias Carabidae, Scarabaeidae, Tenebrionidae, Elateridae y Trogidae.
- Vohland *et al.* (2005) compararon la diversidad y abundancia de los coleópteros en dos parcelas en Nama Karoo, al sur de Namibia durante dos años, en el que se tomaron muestras trimestrales, para seleccionar especies indicadoras de degradación así como de restauración. El clima de la zona es templado con lluvias en verano, una precipitación anual de 100 a 150 y vegetación natural representada por sabana de arbustos enanos y matorrales con presencia de camefitas y hemcriptofitas. Para cada área se seleccionó una parcela de dos hectáreas y se colocaron diez trampas pitfall por cada parcela, dispuestas en líneas paralelas con una distancia de 15 m entre sí. Las trampas funcionaron en periodos de ocho días por mes de recolecta. Se capturaron 2,134 individuos pertenecientes a 15 familias

de las cuales las más abundantes fueron Tenebrionidae, Meloidae, Carabidae, Chrysomelidae y Scarabaeidae.

- Marinoni & Ganho (2003) hicieron un estudio sobre la fauna de coleópteros para establecer algún grupo como posible indicador ambiental en cinco sitios del Parque Nacional Vila Velha en el municipio de Ponta Grossa de Paraná, Brasil. Se colocaron dos trampas pitfall en el primer sitio y una trampa en los otros cuatro. Se obtuvieron 52 muestras con un total de 13 093 ejemplares pertenecientes a 35 familias, de las cuales Staphylinidae, Ptiliidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Scolytidae, Hydrophilidae e Endomychidae fueron las más abundantes.
- Barbosa & Marquet (2002) examinaron el efecto de la fragmentación forestal sobre un ensamblaje de coleópteros tres sitios del relicto de un bosque templado del Parque Nacional Fray Jorge en Chile, con una altitud de 600 m snm, clima árido mediterráneo, mismo que cuenta con veranos secos y calientes e inviernos fríos; y una precipitación anual de 85 mm, distribuidos principalmente entre mayo y septiembre. Por cada sitio se colocaron 30 trampas pitfall con 5 cm de distancia entre cada una, dispuestas en transectos lineales. Se capturaron 2,644 individuos pertenecientes a 32 especies y 16 familias de las cuales Tenebrionidae y Curculionidae obtuvieron la riqueza mayor con cinco especies cada una, seguidas por Melyridae con tres especies.
- Kutasi *et al.* (2001) utilizaron trampas pitfall para estudiar los ensamblajes epigeos de Coleópteros en 11 cultivos de manzano de diferentes regiones de fruticultura en Hungría. Durante el estudio se recolectaron 13,583 individuos, de los cuales la familia dominante fue Carabidae (37%), seguida por Silphidae (26%), y Staphylinidae (18%). Curculionidae (5%), Dermestidae (2.5%), Histeridae (2%) y Coccinellidae (1.5%).

La rápida modificación del uso de suelo en algunas zonas del Estado de México es un factor determinante en el futuro conocimiento de los coleópteros epigeos, y la trampa de caída es un recurso efectivo que podría complementar los inventarios y generar información básica sobre estos organismos para nuevas investigaciones. Considerando lo anterior se plantearon los siguientes objetivos.

## OBJETIVOS

### General

Conocer las familias de coleópteros capturados con trampas de caída en un bosque de pino-encino, un matorral xerófilo y un bosque tropical caducifolio del Estado de México.

### Particulares

- ✿ Elaborar un listado de las familias de coleópteros encontradas en los diferentes tipos de vegetación.
- ✿ Proporcionar datos sobre la riqueza, la abundancia y la distribución de las familias de coleópteros capturados en cada tipo de vegetación.
- ✿ Analizar la fenología de las familias más abundantes en los tres tipos de vegetación.
- ✿ Comparar la diversidad de familias entre los diferentes sitios y las épocas del año.
- ✿ Conocer la efectividad de la trampa de caída como recurso útil en estudios de diversidad.

## ÁREA DE ESTUDIO

Los sitios de muestreo se ubicaron en tres municipios del Estado de México que poseen diferente tipo de clima y vegetación (Fig. 1).

El primer sitio se ubicó en el municipio de Coatepec Harinas en los 18°55'37.66"N y 99°45'28.68"O a una altitud promedio de 2,217 m snm. La zona forma parte integral del segundo sistema del Xinantécatl, donde la formación orográfica tiene su origen en el segundo periodo eruptivo del volcán (SEDEUR, 2004), y cuenta con cañadas cubiertas por bosque de pino-encino alternado con elementos de bosque mesófilo de montaña (Muñoz, 2011).

El clima en esta región es templado subhúmedo (Cw), con una precipitación total anual de 1,130 mm. El periodo de lluvias va de mayo a octubre con precipitaciones medias mensuales mayores a 80 mm por mes y el de sequía de noviembre a abril con registros menores de 35 mm. La temperatura media anual es de 16°C (CONAGUA, 2011).

La superficie del municipio está cubierta en un 51.2% por bosque (Fig. 3A y 3B), por lo que representa un importante uso forestal, principalmente en la zona centro y sur; con lo que respecta al potencial del suelo existen en suma 24,730 hectáreas (45.53%) de mediana, buena y muy buena productividad, que permiten la utilización del suelo para la producción de diferentes productos agrícolas dentro de los que destacan el maíz y el chícharo. La zona urbana (0.92%) se localiza principalmente en la zona centro y norte del municipio (Fig. 2). Por otra parte, en la zona centro y sur del municipio, se muestran aptitudes para la extracción de materiales pétreos (INEGI, 2009a y SEDEUR, 2004).

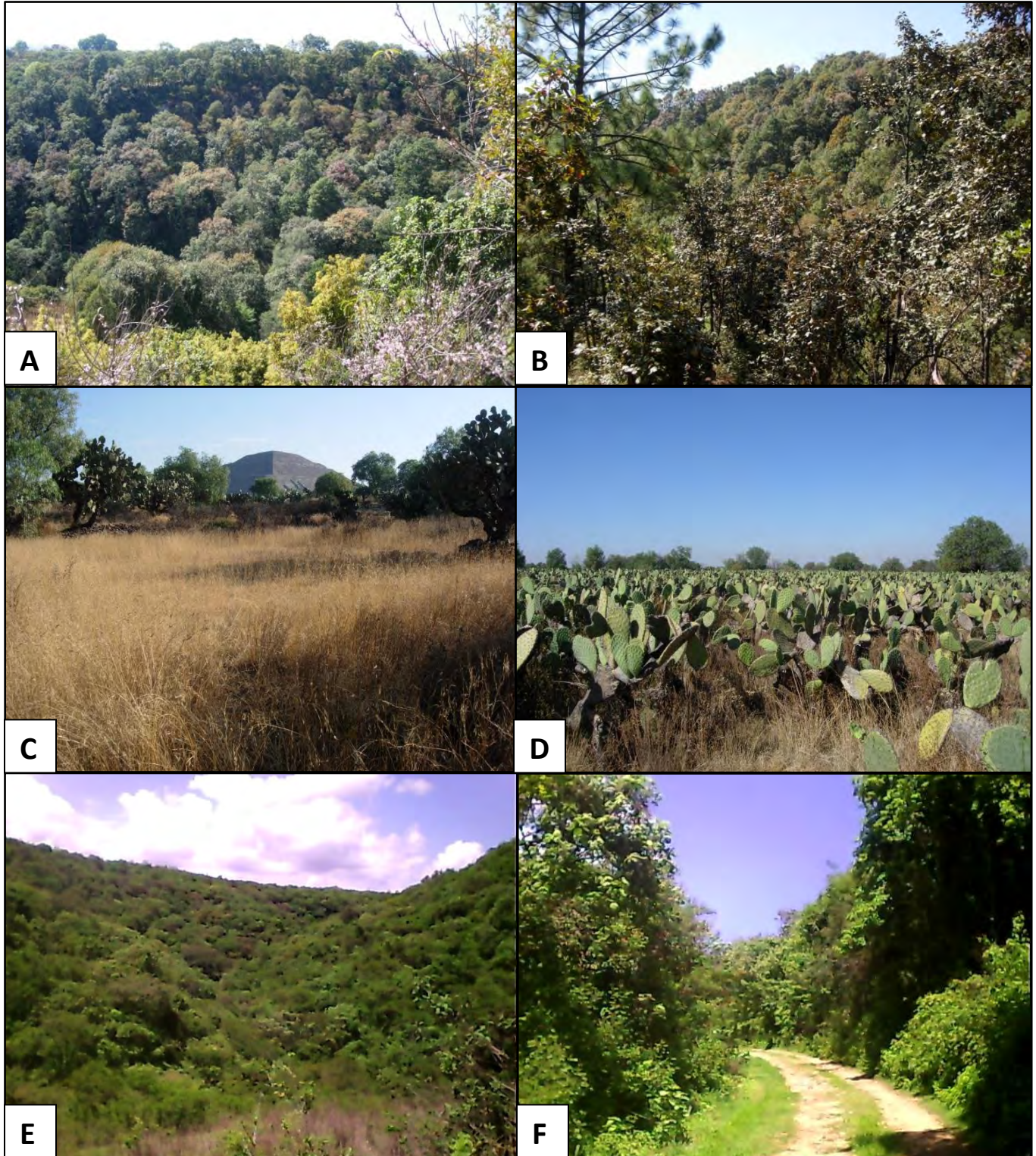
El segundo sitio se ubicó entre los municipios de San Juan Teotihuacán y San Martín de las Pirámides, en los 19°41'11.37"N y 98°49'34.10"O a una altitud promedio de 2,300 m snm. Esta región está dentro del Valle de México y en la Subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac. El tipo de vegetación original corresponde a un matorral xerófilo (Fig. 3C) (SEDEUR, 2008).

En cuanto al clima Teotihuacán, se puede dividir en dos microrregiones: A) Clima Semiseco Templado (BS1k), que se asienta en la mayor parte del municipio y B) Clima Templado Subhúmedo con lluvias en verano (Cw), el cual prevalece en la zona sureste del municipio, pero en menor proporción. La temperatura media anual es de 14.8 °C. La precipitación anual es de 514.3 mm con la época de lluvias entre los meses de junio a septiembre, siendo el mes de julio el más lluvioso con 95.4 mm de precipitación pluvial,









**Figura 3.** Vegetación representativa de cada sitio de muestreo. A y B: Bosque de pino encino en Coatepec Harinas; C: Matorral xerófilo y D: cultivo de *Opuntia sp.* en San Juan Teotihuacán; E y F: Bosque tropical caducifolio en Tonalico, Estado de México. Fotografías A, B, C y D: Esteban Jiménez; E y F: Andrea García.

mientras que los meses de diciembre y enero son los más secos con sólo 7.3 y 5.4 mm de precipitación pluvial, respectivamente (SMN, 2010a).

La superficie total del municipio incluye una porción de San Martín de las Pirámides que se encuentra en litigio y en conjunto presentan la siguiente situación: el 77.26% del territorio es ocupado para la agricultura de temporal principalmente, donde destacan los cultivos de nopal (Fig. 3D) , maíz, avena, alfalfa, así como las huertas de ciruelo y manzano; el 16.21% de la superficie corresponde a la zona urbana y es el uso que más se ha desarrollado especialmente en la periferia de las comunidades que conforman a Teotihuacán; el uso forestal se lleva a cabo en los matorrales y pastizales del municipio, los cuales ocupan un 6.53% de la superficie total (Fig. 4) (INEGI, 2009b; SEDEUR, 2008).

El tercer sitio se ubicó en el municipio de Tonatico, entre los 18°41'11.37"N y 99°38'20.88"O a una altitud promedio de 1,663 m snm. Se localiza en la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, en la Subprovincia Sierras y Valles Guerrerenses; el sistema de toposformas consta de un lomerío con mesetas (99.07%) y una sierra de cumbres tendidas (0.93%). La vegetación original corresponde a un bosque tropical caducifolio (Fig. 3E y 3F) (INEGI, 2009c).

El clima es semicálido- subhúmedo A(a)w1(w)(i')g con lluvias en verano predominante al sur del municipio, con lluvia invernal inferior al 5 % clima. La temperatura media anual es entre 18 ° C y 24 ° C (INEGI, 2009c). La precipitación anual es de 988.6 mm, con la época de lluvias entre mayo y noviembre; la máxima precipitación de 220.6 mm se da en junio, mientras que el mes más seco es febrero con 6 mm (SMN, 2010b).

El suelo en el municipio está ocupado en un 24.9% por selva baja caducifolia, que es el tipo de vegetación que prospera naturalmente en la zona por su clima y tipo de suelos; el 17.41% está cubierto por pastizal y el 10.08% corresponde a la zona de bosque. Las actividades agropecuarias abarcan el 45.52% de la superficie, donde se siembra principalmente maíz, cebolla y cacahuate; también existen cultivos importantes de rosas, geranios, nardos, tulipanes y claveles. El uso urbano propiamente dicho se ubica en la cabecera municipal y la superficie que ocupa es de aproximadamente 2.09% (Fig. 5) (INEGI, 2009c; SEDEUR, 2003).





## MATERIALES Y MÉTODO

### Trabajo de campo

De acuerdo con el uso del suelo de cada área y para abarcar la mayor variedad de ambientes, en el matorral xerófilo y en el bosque tropical caducifolio se establecieron tres sitios de muestreo, mientras que en el bosque de pino-encino se ubicaron dos (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Tipos de vegetación con la ubicación y descripción de los sitios de muestreo.

Tipo de vegetación	Municipio/Localidad	Altitud (m)	Coordenadas	Observaciones
Bosque de pino-encino alternado con elementos de bosque mesófilo de montaña.	Coatepec Harinas/ Km 1.5 Carretera Coatepec Harinas-Porfirio Díaz	2,263	18°56'11.3"N 99° 45' 34.1" O	Sólo carretera
	Coatepec Harinas/ Cochisquila	2,171	18° 54' 48.9" N 99° 45' 5.5" O	Cultivo de aguate y durazno.
Matorral Xerófilo	Teotihuacán/ Ejidos de Metepec, San Francisco Mazapa	2,308	19° 40' 37.3" N 98° 48' 56.5" O	Cultivo de tuna.
	Teotihuacán/ Zona Arqueológica	2,302	19° 41' 30.9" N 98° 50' 24.7" O	Ambiente modificado.
	San Martín de las Pirámides San Martín	2,312	19°41.5' 48.7" N 98° 49' 44.8" O	Zona urbana.
Bosque tropical caducifolio	Tonatico/ La Vega	1,612	18° 46' 17.1" N 99° 39' 24.8" O	Cultivo de maíz y calabaza.
	Tonatico / San Bartolo	1,674	18° 48'2 5.0" N 99° 37' 40.4" O	Sin cultivos, sólo carretera.
	Tonatico/ La Audiencia	1,660	18° 49' 01.6" N 99° 37' 21.8" O	Cultivo de maíz, cebolla, gladiola, frijol y terciopelo.

Las coordenadas se obtuvieron con un GPS Garmin eTrex Legend. En cada uno de éstos, se seleccionaron zonas de fácil acceso para la instalación de trampas de caída permanentes que fueron revisadas mensualmente durante un año, y las cuales fueron colocadas en dos transectos lineares de cinco u ocho trampas cada uno (Cuadro 2) dependiendo de las características topográficas de cada sitio.

**Cuadro 2.** Duración del muestreo, número de transectos, número de trampas y tipo de líquido conservador en cada tipo de vegetación.

Tipo de vegetación	Fecha del muestreo	Transectos/ localidad	Trampas/ transecto	Líquido conservador
Bosque de pino– encino alternado con elementos de bosque mesófilo de montaña.	(Julio-2010 a junio-2011).	2	8	Mezcla de 95 partes de etanol al 70% y cinco partes de ácido acético
Matorral Xerófilo	(Enero- diciembre de 2012).	2	5	Monoetilenglicol concentrado
Bosque tropical caducifolio	(Noviembre-2011 a Octubre-2012).	2	5	Monoetilenglicol concentrado

Las trampas consistieron en vasos de plástico de 1L de capacidad, 14.5 cm de altura y 11 cm de diámetro, mismos que se enterraron a ras de suelo y se cubrieron con un plato a 5 cm del borde superior del vaso para evitar su inundación. Como líquido conservador se empleó monoetilenglicol concentrado y en una localidad se usó una mezcla de 95 partes de etanol al 70% y cinco partes de ácido acético (Cuadro 2). El material biológico recolectado se recuperó en frascos de plástico con etanol al 70%.

### Trabajo de laboratorio

Los coleópteros fueron separados de las muestras e identificados a nivel de familia por medio de claves taxonómicas de: Aguirre- Tapiero, 2009; Andrew, 2006; Triplehorn & Johnson, 2005; Martínez, 2005; Dunford *et al.*, 2005; Arnett *et al.*, 2002; Gibson, 1985; Stibick, 1979; Wood, 1961 y por comparación con especímenes de la Colección de Artrópodos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, en la cual se encuentran depositados todos los ejemplares. Los datos de éstos fueron incorporados a la base de “MANTIS” versión.2.0 (Naskrecki, 2008).

A partir del conteo mensual de individuos se analizó la fenología de las familias más abundantes considerando los datos de precipitación de cada tipo de vegetación. Con el programa PRIMER 6 (Clarke & Gorley, 2005) se hizo una comparación de la diversidad entre los diferentes tipos de vegetación y entre las épocas del año mediante el índice de Shannon-Wiener.

Debido a la condición no paramétrica de los datos obtenidos, se confirmó si existían diferencias significativas entre la diversidad de los sitios con una prueba de homogeneidad (prueba de  $X^2$ ) (Durán *et al.*, 2008) para K poblaciones en el caso de la



comparación entre los sitios y para dos poblaciones para la comparación entre las épocas del año.

Los hábitos alimentarios de cada familia se consultaron en: Pedraza *et al.*, 2010; Grimbacher & Stork, 2007 y Arnett *et al.*, 2002. Posteriormente se realizó la clasificación de los gremios tróficos con base a la propuesta de Deloya *et al.* (2007) y se agruparon en categorías más amplias denominadas “Grupos funcionales” (Cuadro 3).

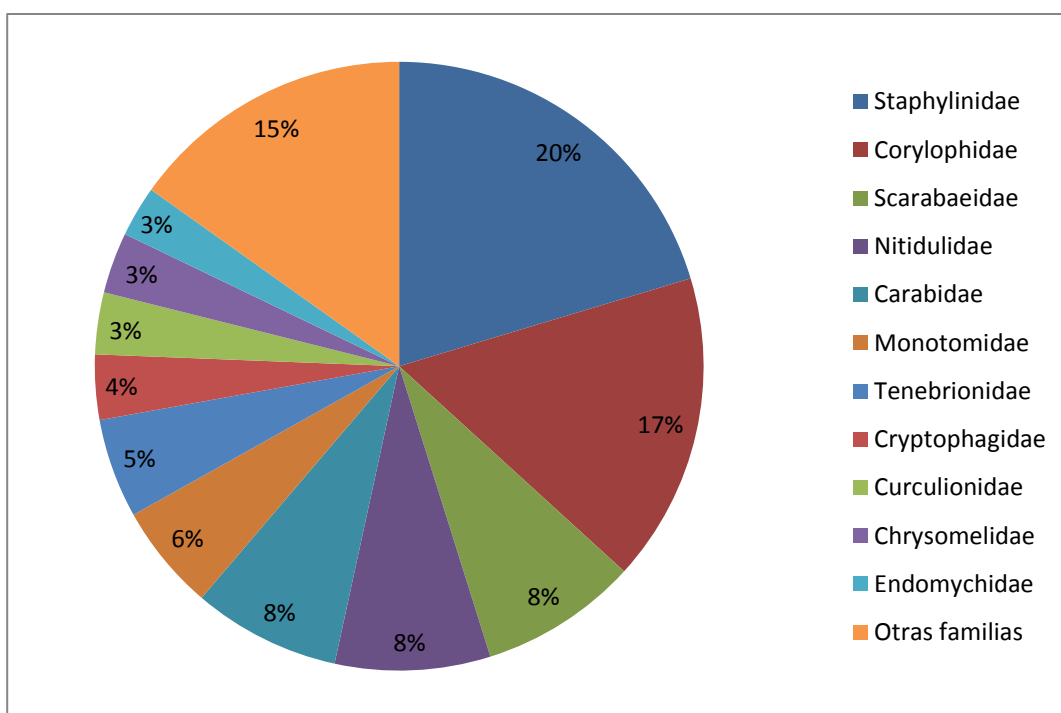
**Cuadro 3.** Adaptación de la propuesta de Deloya *et al.* (2007), para indicar los gremios tróficos de las familias de coleópteros capturados con trampas de caída en tres tipos de vegetación del Estado de México.

<b>Grupo funcional</b>	<b>Gremio trófico</b>	<b>Alimentación</b>
<b>Saprófagos</b>	Saprófago	Materia orgánica en descomposición de origen animal y vegetal
	Xilófago	Madera en descomposición
	Necrófago	Carroña (excrementos, carroña, frutos, hongos fermentados o materia vegetal en descomposición)
	Coprófago	Excremento fresco (carroña, frutos, hongos fermentados, o materia vegetal en descomposición)
	Sapro-micófago	Materia orgánica en descomposición, fluidos y hongos asociados
<b>Fitófagos</b>	Filófago	Follaje, frutos, tallos
	Melífago	Escurrimientos de savia, polen, néctar
	Antófago	Visitán flores: tejidos suaves, néctar y probablemente polen
	Caulófago	Barrenan tallos vegetales vivos, follaje
	Rizófago	Raíces
	Rizo-micófago	Raíces y hongos asociados (micorrizas)
<b>Micófagos</b>	Micófago	Tejidos fúngicos (esporas, hifas y/o cuerpos fructíferos). Principalmente Myxomycetes, Basidiomycetes y Ascomycetes
<b>Depredadores</b>	Depredador	Presas
<b>Omnívoros</b>	Omnívoro	Materia orgánica vegetal o animal, viva o en proceso de descomposición, hongos, presas

## RESULTADOS

Se capturaron un total de 4,110 coleópteros agrupados en 48 familias, incluidas en los subórdenes Archostemata, Adephaga y Polyphaga. En el matorral xerófilo (MX) se obtuvo el 47% (1,918) de los individuos y 30 familias, en el bosque de pino-encino (BPE) el 28% (1,162) y 32 familias, y en el bosque tropical caducifolio (BTC) 25% (1,030) y 31 familias (Cuadro 4).

Once familias agruparon el 85% de la abundancia total. Staphylinidae obtuvo la mayor abundancia relativa con 20%, seguida por Corylophidae (17%), Scarabaeidae (8%), Nitidulidae (8%), Carabidae (8%), Monotomidae (6%), Tenebrionidae (5%), Cryptophagidae (4%), Curculionidae (3%), Chrysomelidae (3%) y Endomychidae (3%). Las 37 familias restantes representan el 15%, de las cuales cinco tuvieron más de 30 individuos y las 32 restantes presentaron menos de 30 (Fig.6, Cuadro 4).



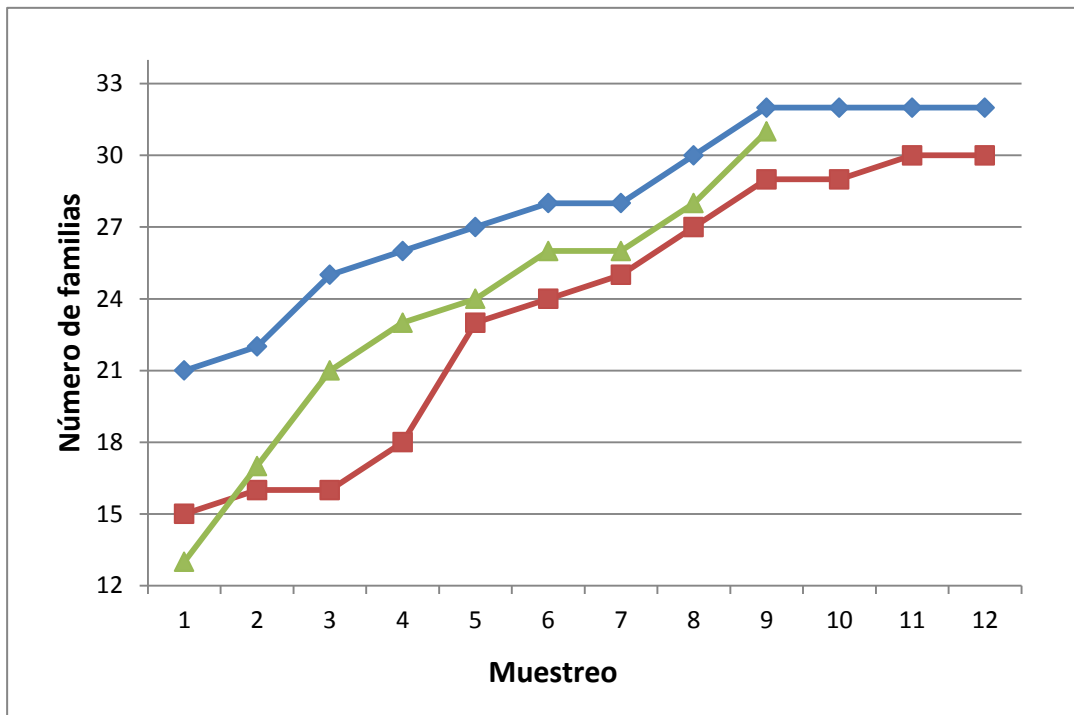
**Figura 6.** Abundancia relativa de las familias de coleópteros capturadas en un bosque de pino-encino, un matorral xerófilo y un bosque tropical caducifolio del Estado de México.

Catorce familias estuvieron presentes en los tres tipos de vegetación, 17 en dos y 17 sólo en uno. El BPE alcanzó el mayor número de familias exclusivas con nueve, y tanto el MX como el BTC tuvieron el mismo número de familias exclusivas con cuatro (Cuadro 4).



## Riqueza

La mayor riqueza se obtuvo en el BPE con 32 familias, le siguió el BTC con 31 y el MX con 30 (Cuadro 4). En el BPE la curva de acumulación mostró una asíntota a partir del noveno mes de muestreo, en el MX se alcanzaron 29 familias en el noveno muestreo y la máxima riqueza se presentó hasta el onceavo. Por su parte, en el BTC el mayor número de familias se alcanzó en el noveno muestreo sin llegar a una asíntota (Fig. 7).

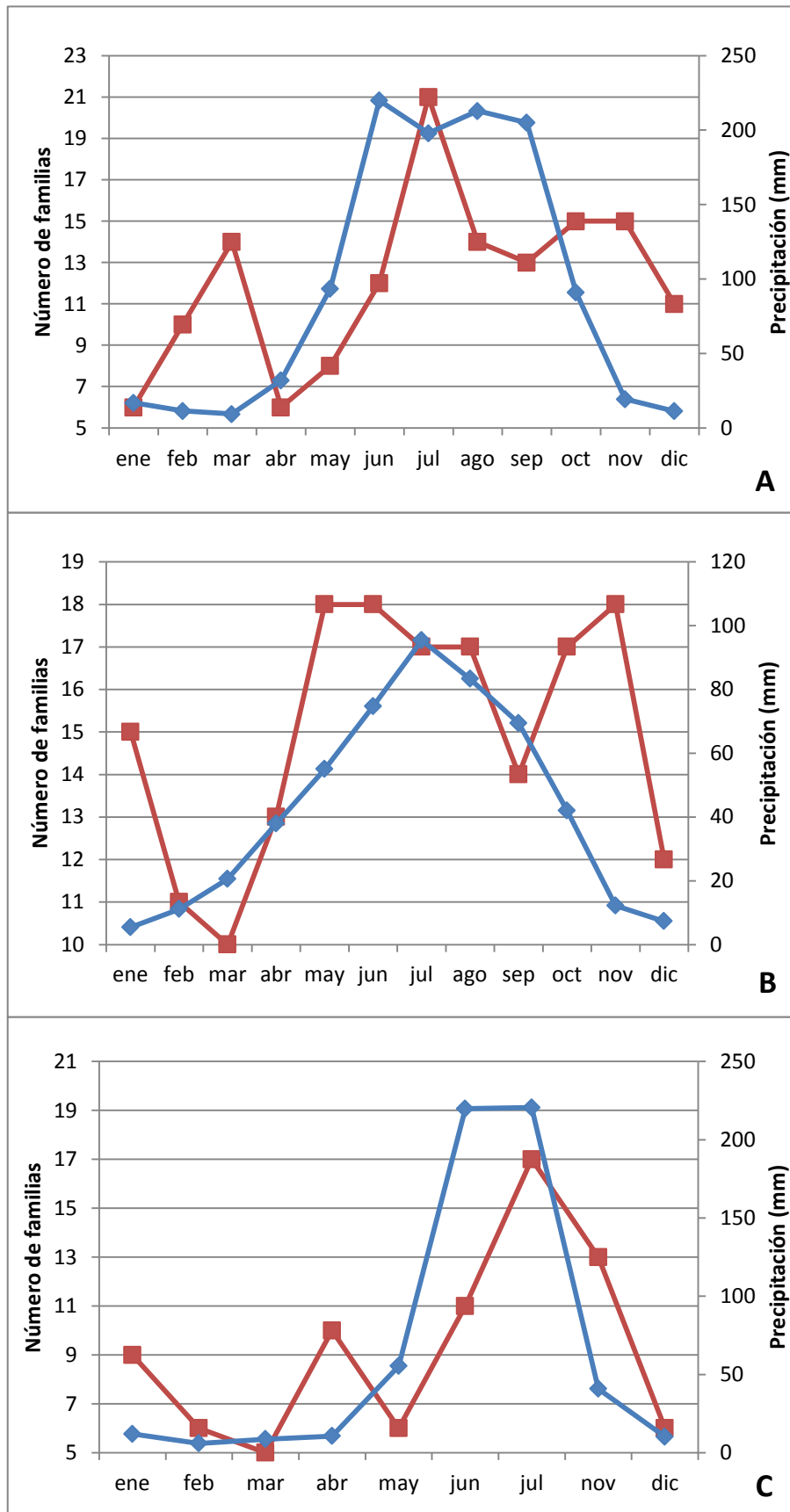


**Figura 7.** Curvas de acumulación de familias capturadas en un bosque de pino-encino (línea azul), un matorral xerófilo (línea roja) y un bosque tropical caducifolio (línea verde) del Estado de México.

El MX tuvo la riqueza más alta, con igual número de familias tanto en la época de lluvias como en la de sequía con 26, el BPE tuvo 26 familias en la época de lluvias y 23 en la sequía, BTC tuvo el menor número de familias en ambas épocas con 23 y 20 respectivamente (Cuadro 5).

En el BPE y en el BTC la mayor riqueza se presentó en julio con 21 y 17 familias respectivamente, mientras que en el MX fue en mayo, junio y noviembre con 18 familias cada uno (Fig. 8A – 8C). Por otra parte, en el MX y en el BTC la menor ocurrió en marzo con diez y cinco familias respectivamente, mientras que en el BPE fue en enero y abril con seis familias cada uno (Fig. 8A – 8C).





**Figura 8.** Relación de la riqueza de coleópteros (línea roja) con su respectiva precipitación (línea azul) en un bosque de pino-encino (A), un matorral xerófilo (B) y un bosque tropical caducifolio (C) del Estado de México.

## **Abundancia**

La mayor abundancia relativa se obtuvo en el MX con 47% (1,918 individuos), le siguió el BPE con 28% (1,162) y el BTC con 25% (1,030) (Cuadro 4).

El MX presentó la mayor abundancia en la época de sequía con 1,209 individuos y 709 en las lluvias. El BPE tuvo 780 individuos en la época de lluvias y 382 en la sequía, mientras que el BTC tuvo 939 individuos en las lluvias y una abundancia considerablemente menor en la sequía con 91 (Cuadro 5).

En el BTC y en el BPE la mayor abundancia se alcanzó en julio con 637 y 358 individuos respectivamente, mientras que en el MX fue en noviembre con 279 (Fig. 9A - 9C). En el MX la menor abundancia se presentó en febrero con 44 individuos, en el BPE fue en enero con 12 y en el BTC fue en mayo con siete (Fig. 9A - 9C).

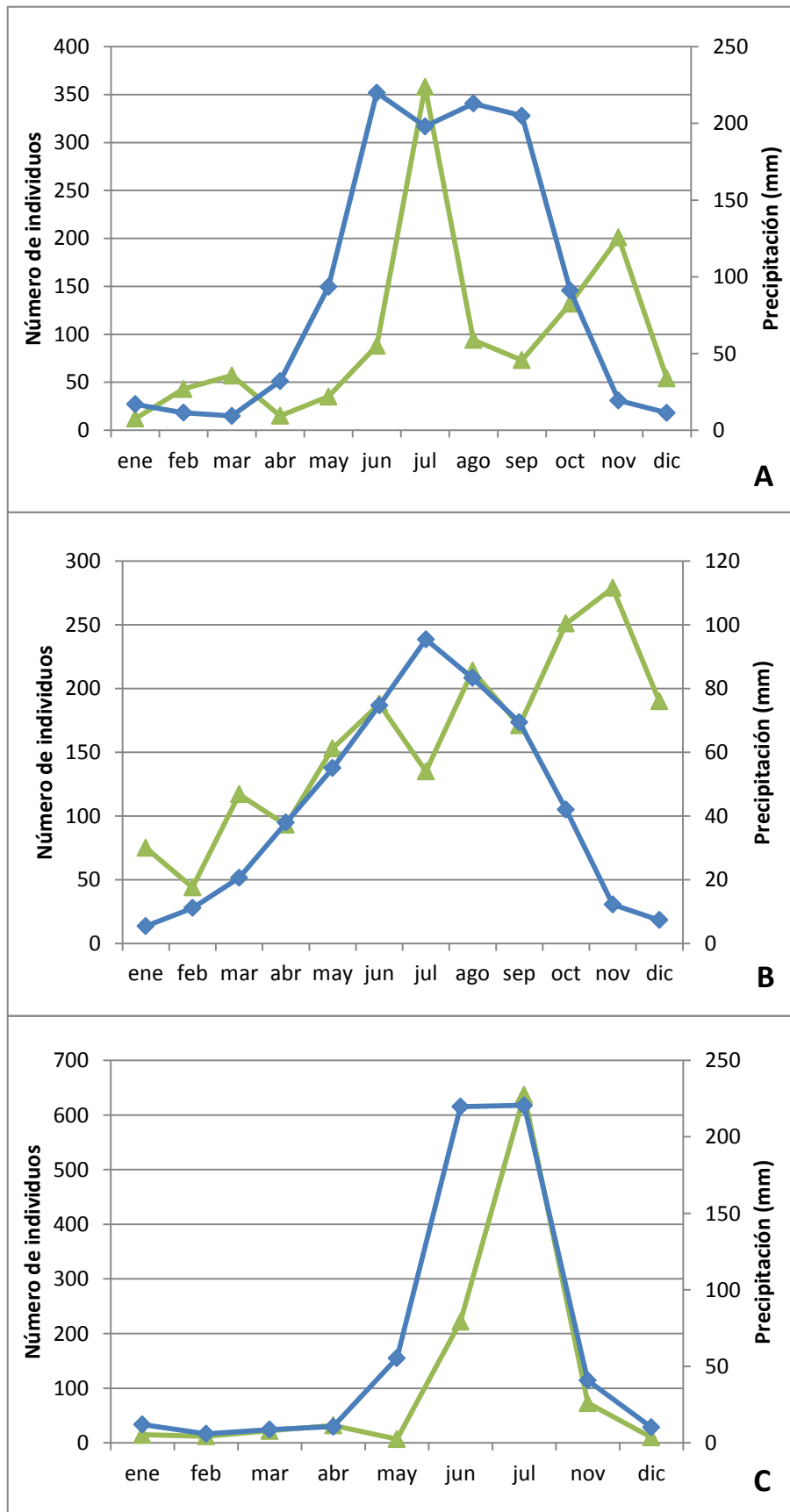
Menos de diez familias agruparon más del 75% de la abundancia total en cada uno de los tipos de vegetación. En el BPE seis familias agruparon el 85% de la abundancia total, 11 tuvieron más de diez organismos y las otras 20 tuvieron menos de diez. En el MX seis familias agruparon el 79% de la abundancia total, 15 tuvieron más de diez organismos y las otras 15 registraron menos de diez. En el BTC ocho familias acumularon el 90% de la abundancia total, diez familias tuvieron más de diez organismos y las 21 restantes tuvieron diez o menos individuos.

En el BPE la familia más abundante fue Staphylinidae con 42%, seguida por Carabidae (14%), Nitidulidae (12%), Curculionidae (6%), Leiodidae (6%) y Endomychidae (5%). En el MX la familia más abundante fue Corylophidae con 33%, seguida por Staphylinidae (14%), Tenebrionidae (10%), Nitidulidae (8%), Carabidae (7%) y Cryptophagidae (7%). En el BTC la familia más abundante fue Scarabaeidae con 31% de la abundancia total, seguida por Monotomidae (22%), Staphylinidae (8%), Ptilodactylidae (8%), Melyridae (7%), Chrysomelidae (6%), Nitidulidae (5%) y Corylophidae (3%). En todos los tipos de vegetación, las familias restantes representaron menos del 4%.

## **Fenología**

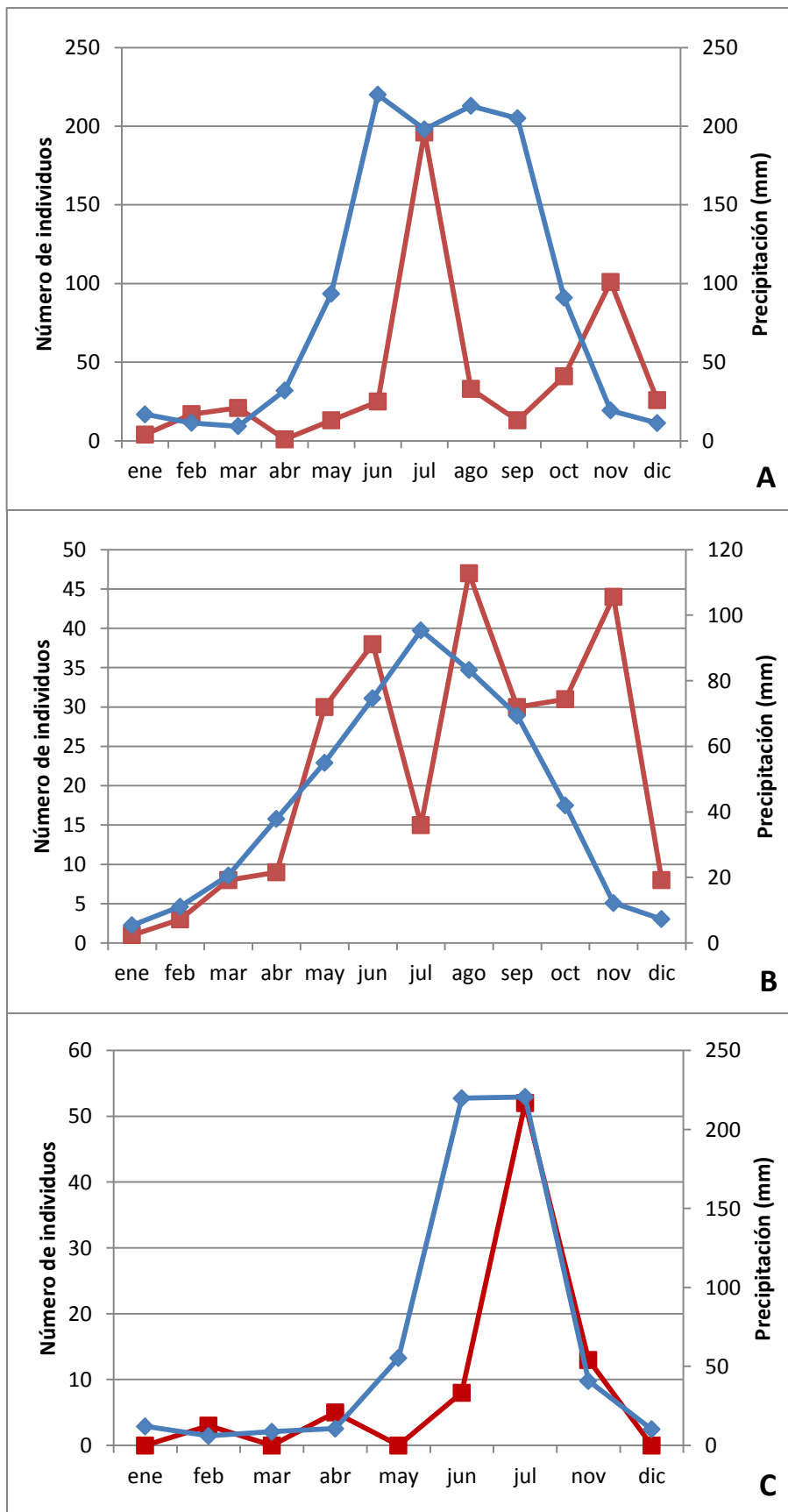
En esta sección solo se describen los resultados de los grupos dominantes en los tres tipos de vegetación, debido a la poca abundancia de la mayoría de las familias, en las cuales no es posible establecer un patrón de fenología.

Staphylinidae mostró su pico de máxima abundancia en la época de lluvias en los tres tipos de vegetación, aunque en el MX también se presentaron otros dos picos de máxima abundancia durante la sequía. La abundancia mínima también coincide con las precipitaciones mínimas en los tres tipos de vegetación (Fig. 10A – 10C). Por su parte,

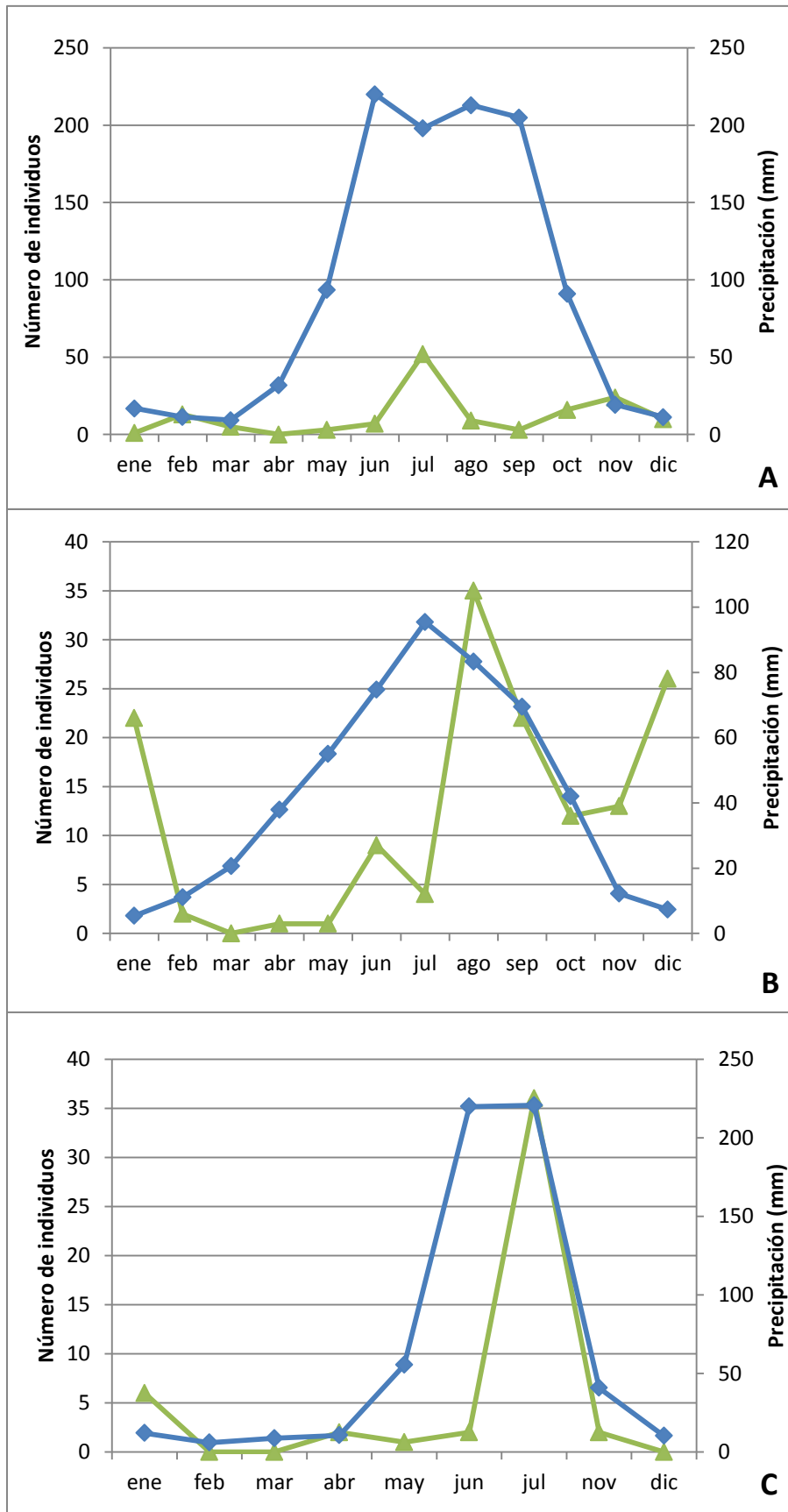


**Figura 9.** Relación de la abundancia de coleópteros (línea verde) con su respectiva precipitación (línea azul) en un bosque de pino-encino (A), un matorral xerófilo (B) y un bosque tropical caducifolio (C) del Estado de México.





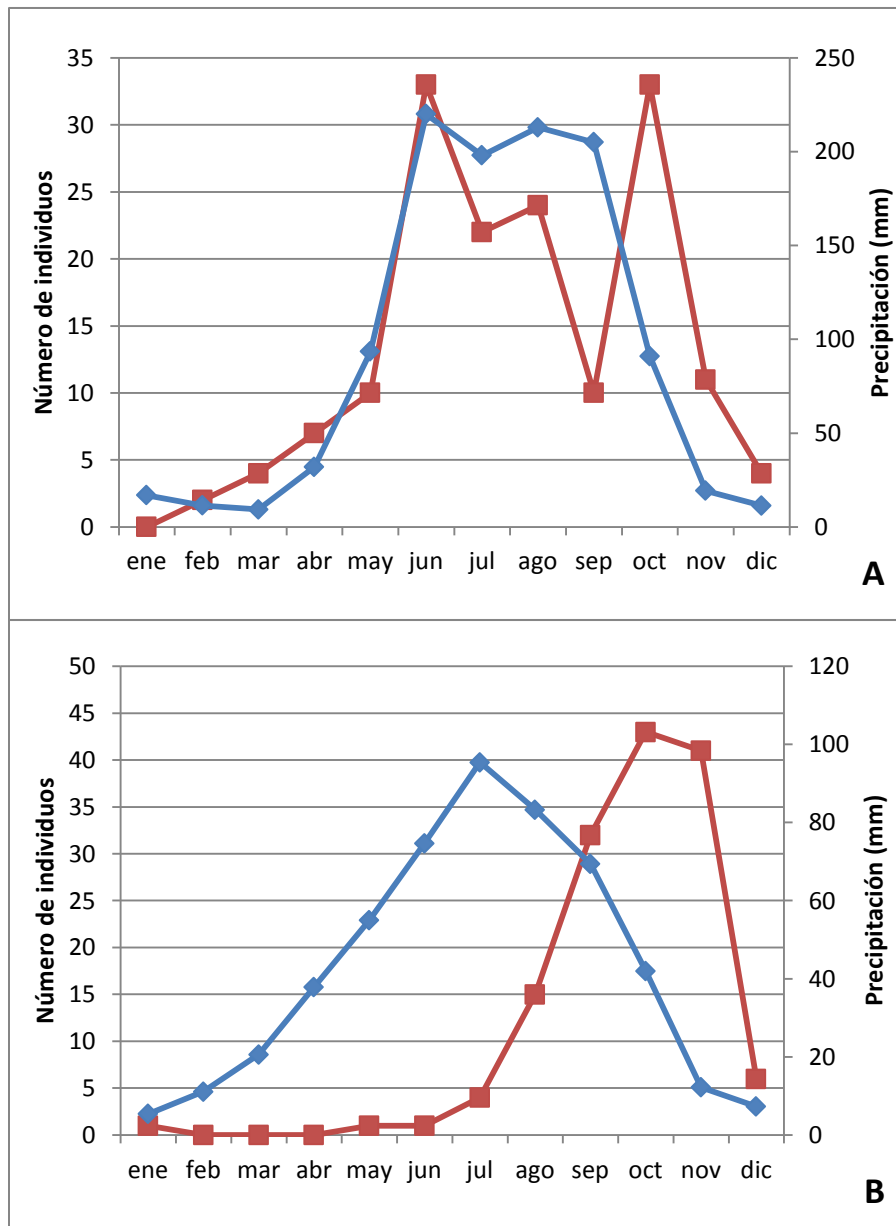
**Figura 10.** Abundancia mensual de la familia Staphylinidae (línea roja) y su relación con la precipitación (línea azul) en un bosque de pino-encino (A), un matorral xerófilo (B) y un bosque tropical caducifolio (C) del Estado de México.



**Figura 11.** Abundancia mensual de la familia Nitidulidae (línea verde) y su relación con la precipitación (línea azul) en un bosque de pino-encino (A), un matorral xerófilo (B) y un bosque tropical caducifolio (C) del Estado de México.

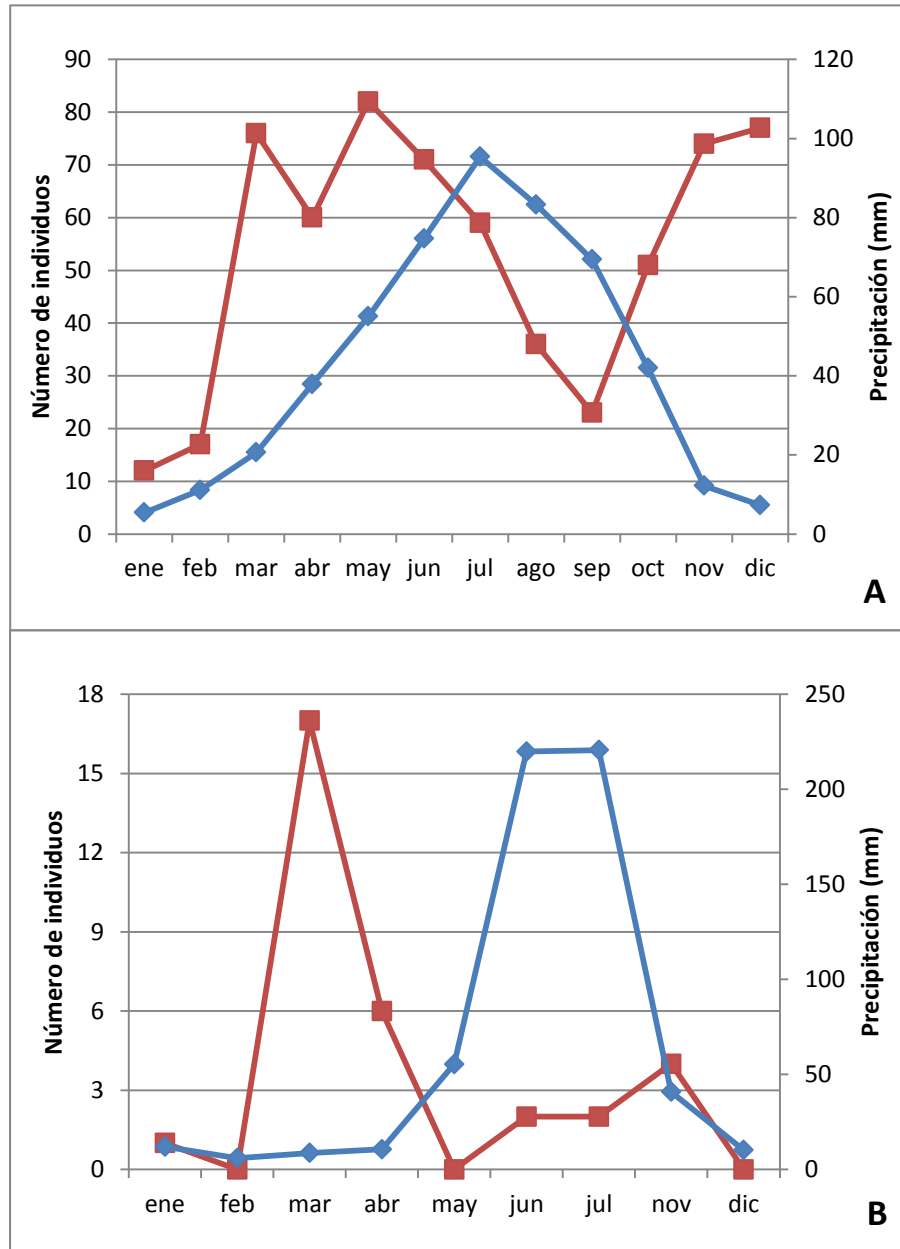
Nitidulidae también mostró su mayor número de individuos en las lluvias y otros dos picos de máxima abundancia durante la sequía en los tres sitios, aunque con un menor número de individuos que Staphylinidae (Fig. 11A – 11C).

Carabidae coincidió con las mayores precipitaciones en el BPE mostrando un pico de abundancia máxima al inicio y otro al final de la época de lluvias. Las abundancias mínimas coinciden con las precipitaciones más bajas (Fig. 12A). En el MX el pico máximo se alcanzó al final de las lluvias y la abundancia se mantuvo por debajo de los 15 individuos en nueve de los 12 meses de muestreo (Fig. 12B).



**Figura 12.** Abundancia mensual de la familia Carabidae (línea roja) y su relación con la precipitación (línea azul) en un bosque de pino-encino (A) y un matorral xerófilo (B) del Estado de México.

Corylophidae tuvo dos picos máximos durante la época de sequía en el MX, disminuyendo el número de individuos con el aumento de la precipitación (Fig. 13A). Éste patrón también fue notorio en el BTC, aunque el número de individuos fue mucho menor que en el MX (Fig. 13B).



**Figura 13.** Abundancia mensual de la familia Corylophidae (línea roja) y su relación con la precipitación (línea azul) en un matorral xerófilo (A) v un bosque tropical caducifolio (B) del Estado de México.

En el BPE Curculionidae y Endomychidae registraron su pico máximo durante las lluvias además de dos picos en la sequía (Fig. 14A y 14B), mientras que Leiodidae obtuvo su máxima abundancia en la sequía justo después de las lluvias (Fig. 14C). En el MX Tenebrionidae tuvo su pico máximo durante las lluvias y dos más en la sequía (Fig. 15A). Por su parte, Cryptophagidae tuvo su mayor abundancia en la sequía después de las lluvias (Fig. 15B).

En el BTC Scarabaeidae mostró una fenología relacionada con la precipitación y alcanzó su pico máximo con las precipitaciones más altas. Éste fue el patrón general del resto de las familias en este sitio entre las que destacan Monotomidae, Ptilodactylidae y Melyridae. En la época de sequía al número de individuos fue homogéneo en todas las familias y se mantuvo por debajo de los 33 individuos (Fig. 16A – 16D).

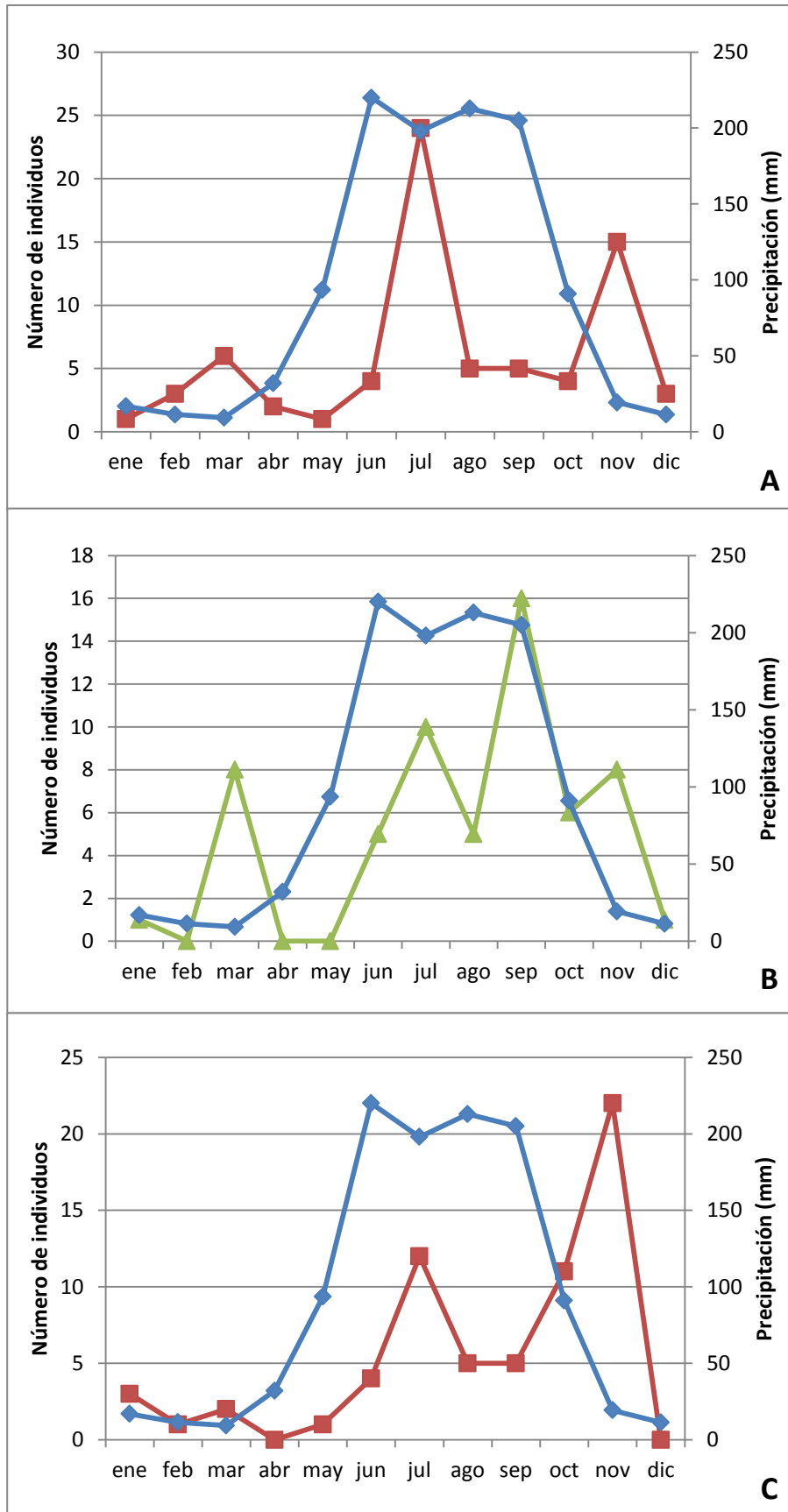
En la época húmeda se registró la mayor abundancia y riqueza para BPE (67% y 26 familias) y el BTC (91% y 23 familias). La época de sequía acumuló el 33% de la abundancia y 23 familias en el BPE, con 17 familias tanto en la época de lluvias como en la sequía; mientras que en el BTC sólo se compartieron 12 entre ambas épocas, con 9% de la abundancia y 20 familias (Cuadro 5).

Por el contrario, el MX tuvo su mayor abundancia en la época de sequía con el 63%, con 26 familias en cada temporada, de las cuales 22 se registraron en ambos periodos (Cuadro 4).

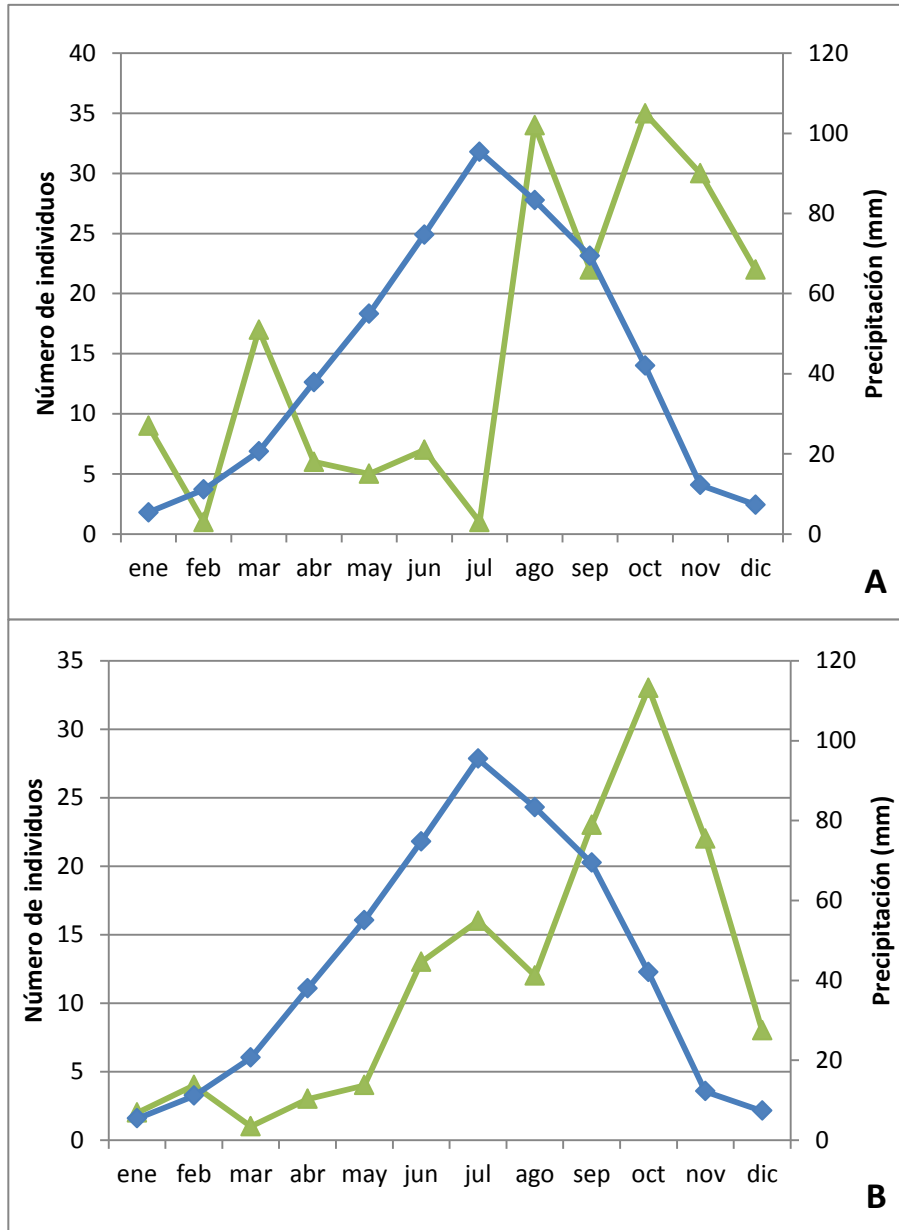
El BTC registró el mayor número de familias exclusivas con once en la época de lluvias y ocho en la época de sequía; el BPE presentó nueve familias exclusivas en temporada húmeda y seis en la sequía, mientras que el MX tuvo cuatro familias únicas en cada periodo (Cuadro 5).

## **Diversidad**

La prueba estadística (prueba de  $\chi^2$ ,  $p= 0.05$ ) demostró que sí existieron diferencias significativas entre la diversidad de familias presentes en los tres tipos de vegetación (BTC,  $H'= 0.1905$ ; BPE,  $H'= 0.1781$ ; MX,  $H'= 0.1148$ ), y entre la diversidad de familias de sus respectivas épocas (BPE: sequía  $H'= 0.3146$  y lluvias  $H'=0.2056$ ; BTC: sequía  $H'= 0.6805$  y lluvias  $H'=0.1629$ ; MX: lluvias  $H'=0.22089$  y sequía  $H'=0.14797$ ).



**Figura 14.** Abundancia mensual y su relación con la precipitación (línea azul) de las familias Curculionidae (A), Endomychidae (B) y Leiodidae (C) en un bosque de pino-encino del Estado de México.



**Figura 15.** Abundancia mensual y su relación con la precipitación (línea azul) de las familias Tenebrionidae (A) y Cryptophagidae (B) en un matorral xerófilo del Estado de México.





## **Gremios tróficos**

El 32% de los individuos fueron del grupo de los depredadores, representados en su mayoría por Staphylinidae y Carabidae; le siguieron los micófagos (23%) representados por Corylophidae; los saprófagos (23%) representados por Scarabaeidae y Nitidulidae; los fitófagos (13%) representados por Monotomidae, Curculionidae y Chrysomelidae; los omnívoros (5%) representados por Tenebrionidae y el 3% de los individuos tuvieron hábitos alimentarios indeterminados (Cuadro 6).

En el bosque de pino-encino predominó el gremio de los depredadores (56%), seguido de los saprófagos (22%), los fitófagos (9%), los micófagos (8%) y los omnívoros (2%). En el matorral xerófilo resaltó el gremio de los micófagos (42%), seguido por los depredadores (25%), los saprófagos (16%), los omnívoros (10%) y los fitófagos (6%). En el bosque tropical caducifolio el gremio dominante fue el de los saprófagos (37%), seguido por los fitófagos (33%), depredadores (17%), los micófagos (4%) y los omnívoros (1%). En todos los sitios menos del 8% de los individuos tuvieron hábitos indeterminados.

**Cuadro 6.** Grupos funcionales y gremios tróficos de las familias de coleópteros capturadas con trampas de caída en tres tipos de vegetación del Estado de México. N: Número de individuos. AN: Antófago; CA: Caulófago; CO: Coprófago; DE: Depredador; FI: Filófago; IN: Indeterminado; ME: Melífago; MI: Micófago; NE: Necrófago; OM: Omnívoro; RI: Rizófago; RM: Rizo-micófago; SA: Saprófago; SM: Sapro-micófago; XI: Xilófago.

Familia	N	Gremio trófico	Familia	N	Gremio trófico
<b>DEPREDADORES</b>			<b>SAPRÓFAGOS</b>		
1. Carabidae	322	DE	29. Bostrichidae	4	SM
2. Cleridae	2	DE	30. Cerambycidae	7	XI
3. Coccinellidae	18	DE	31. Cryptophagidae	142	SM
4. Cucujidae	3	DE	32. Leiodidae	71	SM
5. Histeridae	30	DE	33. Melandryidae	6	SM
6. Lycidae	5	DE	34. Micromalthidae	1	XI
7. Melyridae	92	DE	35. Nitidulidae	339	SM
8. Staphylinidae**	836	DE	36. Ptinidae	2	SA
<b>MICÓFAGOS</b>			37. Scarabaeidae**	345	CO
9. Corylophidae	675	MI	38. Silphidae	8	NE
10. Endomychidae	111	MI	39. Zopheridae	20	SM
11. Eucinetidae*	9	MI	<b>OMNÍVOROS</b>		
12. Latridiidae	66	MI	40. Hydraenidae	1	OM
13. Mycetophagidae	71	MI	41. Hydrophilidae	7	OM
14. Phalacridae	1	MI	42. Tenebrionidae	217	OM
15. Ptiliidae	4	MI	<b>INDETERMINADO</b>		
16. Rhysodidae	5	MI	43. Aderidae	3	IN
<b>FITÓFAGOS</b>			44. Chelonariidae	15	IN
17. Anthicidae*	4	AN	45. Nosodendridae	2	IN
18. Buprestidae	2	CA	46. Ptilodactylidae	97	IN
19. Byrrhidae	1	RI	47. Salpingidae	12	IN
20. Cantharidae	10	ME	48. Throscidae	10	IN
21. Chrysomelidae	133	FI	*Familias de las cuales sólo se tiene información de la larva. Se incluyen dentro del gremio suponiendo que el adulto mantiene el hábito alimentario.		
22. Curculionidae	135	FI			
23. Elateridae	22	ME	**Familias que incluyen una amplia gama de hábitos alimentarios. Se incluyen en el gremio considerando que la mayoría de los individuos capturados presentan ese hábito alimentario.		
24. Erotylidae	2	FI			
25. Eucnemidae*	1	ME			
26. Monotomidae	232	RM			
27. Mordellidae	7	AN			
28. Oedemeridae	2	ME			

## DISCUSIÓN

### Riqueza

Las 48 familias obtenidas en este estudio representan el 43% de las 108 familias registradas para México por Navarrete-Heredia y Fierros-López (2001), y el 22.74% de las 211 familias registradas a nivel mundial por Bouchard (2011). Éste alto porcentaje alcanzado a nivel nacional es normal tratándose del orden Coleoptera, ya que corresponde al grupo con mayor número de especies conocidas a nivel mundial (Zhang, 2011) y con la mayor variación de hábitos alimentarios, conociéndose especies carnívoras, rizófagas, foliófagas, espermatófagas, micófagas, saprófagas, entre otros (Navarrete-Heredia *et al.*, 2012).

La riqueza en cada tipo de vegetación fluctuó entre 30 y 32 familias, mismas que solo son comparables con las 33 familias obtenidas por Marinoni & Ganho (2003) en una zona templada de Brasil con alta heterogeneidad ambiental con el empleo de trampas de caída instaladas permanentemente, pero con un esfuerzo de recolecta diez veces menor. Esta riqueza puede considerarse como alta, si se compara con la de otros estudios realizados con trampas de caída temporales en áreas con bosque templado (Barbosa & Marquet 2002 y Fagundes *et al.*, 2011) o en zonas de matorrales (Vohland *et al.*, 2005 y Driscoll & Weir 2005), donde a pesar de que la abundancia fue muy similar al registrado en el presente estudio, el número de familias fue menor a 16.

El MX tuvo 22 familias en común con el estudio en Brasil de Marinoni & Ganho (2003), mientras que el BPE y el BTC tuvieron en común sólo 20 cada uno. Comparado con otras regiones del mundo, se observó que hubo una composición más o menos constante de las siguientes 13 familias: Anthicidae, Carabidae, Chrysomelidae, Coccinellidae, Curculionidae, Erotylidae, Histeridae, Leiodidae, Melyridae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Tenebrionidae, recolectadas con la trampa de caída en zonas con clima árido de Australia y Chile (Barbosa & Marquet, 2002; Marinoni & Ganho, 2003; Driscoll & Weir, 2005) o templado como Namibia, Hungría y Brasil (Kutasi *et al.*, 2001, Vohland *et al.* 2005; Fagundes *et al.*, 2011).

La riqueza entre los tres sitios fue muy similar, la curva de acumulación de familias alcanzó la asíntota a partir del noveno mes de muestreo en el BPE, esto sugiere que fueron capturadas todas las familias de escarabajos epígeos de esa zona. En el MX la asíntota se formó en los últimos dos meses y en el BTC la curva de acumulación no mostró ninguna, lo que podría indicar que la riqueza puede ser aún más alta en ambos sitios. Una situación similar fue planteada por Fagundes *et al.* (2011), donde debido a la

ausencia de una asíntota en la curva de acumulación se concluyó que no fueron recolectadas todas las especies de escarabajos en el área y se sugirió que para adquirir ese dato, era necesario realizar un mayor esfuerzo de recolecta y emplear otros métodos.

La riqueza obtenida entre la época de lluvias y la sequía en cada tipo de vegetación, no tuvo una diferencia muy marcada, incluso el MX tuvo el mismo número de familias en ambas épocas con 26; mientras que el BPE tuvo 26 familias en la época de lluvias y 23 en la sequía, y el BTC tuvo 23 en el periodo húmedo y 20 en el seco. Esta similitud se puede atribuir a que el suelo en ambos periodos, proporciona micro hábitats y recursos suficientes para mantener la presencia de la mayoría de las familias como en el caso del MX, o bien, para favorecer una sustitución en el cambio de época. Es sabido que los coleópteros responden a los impactos ambientales debido a su estrecha relación con los procesos que se presentan específicamente en el cambio de microhábitats y la humedad en los suelos (Fagundes *et al.*, 2011).

### **Abundancia**

A pesar de que el MX y el BTC poseen condiciones climáticas extremas similares, por tener un periodo de sequía y uno de lluvias bien definidos, en el MX se obtuvo casi el doble de la cantidad de individuos del BTC. En cambio en el BPE donde las condiciones son más estables durante el año, las poblaciones tuvieron un valor medio. Existen varios factores que pudieron haber influido en esta diferencia de la abundancia entre los tres sitios, dentro de los cuales se pueden considerar el tipo de vegetación, la altitud, la calidad del muestreo y el grado de perturbación del suelo. Es probable que la degradación física y química del suelo, es decir, la pérdida de la estructura y la fertilidad, esté relacionada con la disminución de las poblaciones o la pérdida cuantitativa y/o cualitativa de invertebrados clave de la macrofauna edáfica (Brown *et al.* 2001).

Existió una marcada diferencia entre el número de individuos registrados para cada época en los tres tipos de vegetación. En el BPE la época de lluvias acumuló más del doble de los individuos obtenidos en la época de sequía, y en el BTC la diferencia fue aún mayor con más del 90% de los individuos en la época de lluvias y el resto en la sequía. En términos generales los organismos presentaron su mayor abundancia durante la época de lluvias (Vohland *et al.*, 2005; Cejudo & Deloya, 2005; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009b; Pedraza *et al.*, 2010; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2011), sin embargo, en el MX la mayor abundancia se presentó en la sequía con el 63% de la abundancia total. Este patrón es poco común y es similar al que mostró un estudio realizado en una zona árida

conservada de Puebla (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013), aunque éste fue realizado con NTP-80 y fue dirigido únicamente a escarabajos necrófilos.

La preferencia de estos organismos por la época de sequía se puede explicar si se considera que en las zonas áridas, ésta época es en la que la vegetación alcanza las condiciones óptimas para la floración y la fructificación, generando una mayor cantidad de materia orgánica, la cual constituye un aumento en el recurso alimentario y con ello un aumento en las poblaciones de organismos epigeos (Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013).

De seis a ocho familias acumularon entre el 79% y el 90% de la abundancia total de cada sitio, lo cual fue muy similar a lo observado por Marinoni & Ganho (2003), quienes encontraron que de cinco a siete familias fueron responsables de aproximadamente el 90% de la abundancia total. Este es el patrón común en estudios a nivel de familia (Barbosa & Marquet, 2002; Driscoll & Weir, 2005; Vohland *et al.* 2005; Pedraza *et al.*, 2010; Fagundes *et al.*, 2011) y a nivel de especies (Bustos-Santana & Rivera-Cervantes, 2003; Cejudo & Deloya, 2005; Deloya *et al.*, 2007; Ramírez-Ponce *et al.*, 2009; Arriaga *et al.*, 2011; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2011; Pérez-Villamares *et al.*, 2012; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2013).

En el BPE Staphylinidae, Nitidulidae y Carabidae fueron las familias con mayor número de individuos, la dominancia de las primeras dos coincidió con lo registrado en otros estudios realizados en zonas templadas de Brasil (Marinoni & Ganho, 2003; Fagundes *et al.*, 2011), en tanto que Carabidae también fue la más abundante en el estudio de Kutasi *et al.* (2001). Vohland *et al.* (2005) obtuvieron 15 familias con la misma técnica de trampeo y un clima similar, pero en un matorral, de las cuales nueve coincidieron con las encontradas en el presente estudio, de éstas la familia Carabidae fue también una de las más abundantes junto con Tenebrionidae.

La alta abundancia de Carabidae en la trampa de caída se debe a que éstos son muy activos en el suelo, donde se encuentran debajo de rocas, troncos, hojarasca, cortezas, o bien, corriendo para huir o cazar a sus presas (Triplehorn & Johnson, 2005), además la mayor diversidad de Carabidae se da en regiones templadas, como es el caso del BPE, y se interpreta como un indicador de complejidad de las interacciones de estos organismos en su hábitat y un menor impacto en sitios con cierto grado de perturbación (Vohland *et al.*, 2005).

En cuanto a Staphylinidae, es posible que su alta abundancia en los tres sitios esté relacionada con la amplia gama de hábitos alimentarios que poseen (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002), la cual representa una ventaja que les ha permitido desarrollarse en

prácticamente todos los ecosistemas (Navarrete-Heredia *et al.*, 2002; Triplehorn & Johnson, 2005; Fagundes *et al.*, 2011), siendo uno de los principales componentes de la fauna del suelo, y una las familias con mayor riqueza y abundancia entre los escarabajos de la hojarasca, tal como se ha observado en algunos estudios (Anderson & Ashe, 2000; Navarrete-Heredia *et al.*, 2002).

Por su parte, la alta abundancia de Nitidulidae en el BPE y en MX se relaciona con su alta actividad en la superficie del suelo, y con su capacidad de presentar múltiples generaciones en los trópicos, especialmente si hay alimento disponible durante todo el año (Myers, 2013). Esta familia muestra hábitos alimentarios muy variables y han sido encontrados en diversos hábitats alimentándose sobre flores, frutos, savia, hongos, tejidos vegetales en proceso de descomposición o tejidos animales deshidratados. (Triplehorn & Johnson, 2005; Myers, 2013). Es posible que el ácido acético empleado como conservador en las trampas del BPE, haya favorecido la captura de un mayor número de individuos como lo sugiere Cejudo & Deloya (2005) y Navarrete-Heredia (2012), quienes lo ocuparon en trampas cebadas con carroña.

En el MX Corylophidae fue la familia dominante con el 33% de la abundancia total, sin embargo, ésta no se ha registrado en otros estudios donde se utiliza la trampa de caída (Kutasi *et al.*, 2001; Barbosa & Marquet, 2002; Driscoll & Weir, 2005; Vohland *et al.* 2005; Fagundes *et al.*, 2011). Únicamente Marinoni & Ganho (2003) encontraron una abundancia baja con solo el 0.6% del total de individuos de su estudio. Las investigaciones que se han llevado a cabo sobre esta familia se han enfocado a su clasificación y taxonomía, así como a las a estructuras morfológicas que involucran a estos organismos en el proceso evolutivo de la miniaturización (Polilov, 2009; Polilov & Beutel, 2010; Robertson *et al.*, 2013), y la información sobre su biología es prácticamente nula.

Por otra parte, en el MX las familias Carabidae, Staphylinidae y Tenebrionidae estuvieron dentro de las más abundantes, lo cual es normal ya que suelen ser capturadas con trampa de caída, y en el caso específico de Tenebrionidae, son un grupo común en zonas áridas y semiáridas (Barbosa & Marquet, 2002; Driscoll & Weir, 2005; Vohland *et al.* 2005), donde es se encuentran bajo las rocas y desechos, sobre las cortezas caídas e incluso siendo atraídos hacia la luz en las noches, ocupando el nicho ecológico que equivale al que toman los Carabidae en regiones templadas (Triplehorn & Johnson, 2005). Se sabe que los tenebriónidos son sensibles a la modificación y la disminución en la diversidad de hábitats (Vohland *et al.*, 2005).

En el BTC Scarabaeidae fue la familia más abundante, su presencia fue escasa en el BPE y casi nula en el MX. Esto se debe a que la diversidad de Scarabaeidae es considerablemente mayor en los bosques tropicales, pero a diferencia de los Melolonthidae, disminuye mucho en los ambientes xerófilos y en el bosque mesófilo de montaña (Morón, 2003), tal como ocurrió en el presente estudio. Su abundancia coincidió con un estudio realizado en un clima semiárido (Driscoll & Weir, 2005) y el otro en un clima templado (Vohland *et al.*, 2005).

Más de la mitad de las familias registradas tuvieron menos de diez organismos, de las cuales 17 fueron exclusivas de alguno de los sitios, por lo que se consideró rara su presencia y es muy probable que su captura haya sido accidental, aunque Vohland *et al.* (2005) sugirieron que algunas familias como Buprestidae, Melyridae, Mordellidae y Nitidulidae, que son consideradas activas voladoras, pudieron haber sido atraídas hacia la trampa al confundirlas con flores artificiales o con recursos de agua, para el caso de los grupos acuáticos como Hydrophilidae.

## **Fenología**

Staphylinidae alcanzó su máxima abundancia durante las lluvias en el BPE y en el BTC, y este patrón de fenología coincide con la mostrada por ésta familia en estudios realizados con otras trampas (Cejudo & Deloya, 2005; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2009b; Pedraza *et al.*, 2010; Jiménez-Sánchez *et al.*, 2011). En el MX, Staphylinidae mostró un pico de máxima abundancia durante las lluvias y dos más durante la sequía, éstos últimos podrían indicar una preferencia de éstos organismos por la época seca lo cual concuerda con lo observado por Jiménez-Sánchez *et al.* (2013) en una zona árida, donde la mayor abundancia de ésta familia se presentó en la época sequía. Por otra parte, Tenebrionidae mostró la misma fenología que Staphylinidae en el MX, y ésta coincide con el estudio de Vohland *et al.* (2005), en el que éste grupo mostró su máxima abundancia en la época seca, aunque en este caso sólo se presentó un pico de máxima abundancia.

Carabidae mostró una fenología relacionada con las máximas precipitaciones en el BPE y en el MX la máxima abundancia se presentó en la sequía justo después de las lluvias. Por su parte, Scarabaeidae fue la familia más abundante en el BTC y al igual que Carabidae, mostró una afinidad por la época húmeda, alcanzando su máxima abundancia con las precipitaciones más altas. Éste patrón coincide con un estudio realizado en Namibia, dentro de una zona de matorrales con una precipitación anual escasa (100-150

mm), donde éstas familias también tuvieron su mayor abundancia en la temporada de lluvias (Vohland *et al.*, 2005).

### **Diversidad**

El BTC presentó notables signos de deterioro ambiental por incendios inducidos en grandes porciones de la vegetación y la modificación del uso de suelo en el que se observaron diferentes cultivos, y el BPE está relativamente mejor conservado. Sin embargo, la perturbación no parece afectar la diversidad del BTC, porque aunque este factor sí influye en la disminución de la abundancia, no afectó la riqueza. Ésta hecho también se acentuó en el caso del MX, donde se obtuvo una riqueza similar a la del BPE y la del BTC con un poco más de la mitad de organismos, aunque la mayor parte de la superficie edáfica ha sido modificada para realizar actividades agrícolas.

Por otra parte, el MX tuvo una diversidad significativamente menor con respecto al BPE y al BTC. Esto se debió posiblemente a que en el MX resalta la dominancia de la familia Corylophidae y es sabido que cuando hay dominancia, en este caso de una familia, la diversidad disminuye (Odum, 1985).

Esto nos podría indicar que el grado de conservación o perturbación de un área determinada, como es el caso de los bosques, no afecta la riqueza, pero sí afecta considerablemente la abundancia de estas familias. Por otra parte, la modificación y el manejo constante de un área para fines específicos como el cultivo de vegetales o el mantenimiento de zonas turísticas, como es el caso de la zona arqueológica de Teotihuacán ubicado dentro del MX, tampoco afectó la riqueza de familias, pero mejoró las condiciones necesarias, tales como la disponibilidad de alimento, mayor estabilidad microclimática, mayor humedad y mejor calidad de refugios contra depredadores, para favorecer la dominancia (Fagundes *et al.*, 2011).

### **Efectividad de la trampa de caída**

Debido al alto número de familias obtenidas se podría asumir que la trampa de caída reflejó gran parte de la riqueza de coleópteros epigeos, si se considera que se trata de un sitio con condiciones adversas de clima y perturbación. Sin embargo, algunos autores proponen que la trampa puede indicar de manera indirecta la densidad de individuos y el grado de actividad de cada familia en el suelo, pero no tanto la riqueza total de un sitio (Fagundes *et al.*, 2011, Majer, 1978).

Las diferencias entre la riqueza y la abundancia obtenidas en el presente estudio con respecto a los otros realizados en diferentes tipos de clima y de vegetación (Kutasi *et*



*al.*, 2001; Barbosa & Marquet, 2002; Driscoll & Weir, 2005; Vohland *et al.* 2005; Fagundes *et al.*, 2011), se deben probablemente a la diferencia en el esfuerzo de captura. En esas investigaciones la trampa estuvo instalada temporalmente en un periodo de dos a ocho días con capturas bimestrales o trimestrales. Mientras que en el presente estudio la trampa estuvo instalada permanentemente.

Catorce de las 48 familias capturadas estuvieron presentes en los tres tipos de vegetación estudiados, y de éstas Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Leiodidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Tenebrionidae coincidieron con las familias registradas en los estudios antes mencionados (Kutasi *et al.*, 2001; Barbosa & Marquet, 2002; Marinoni & Ganho, 2003; Driscoll & Weir, 2005; Vohland *et al.*, 2005; Fagundes *et al.*, 2011), por lo que se pueden considerar como grupos que se encontrarán con frecuencia al emplear esta trampa, por su gran actividad epigea. La composición taxonómica de los coleópteros en el suelo de muchas regiones del mundo es más similar entre ellas mismas que la composición taxonómica de las capturas realizadas con otro tipo de trampas en un mismo tipo de vegetación (Marinoni & Ganho, 2003).

El uso de la trampa de caída es conveniente dado que mediante su empleo en la presente investigación se obtuvo una buena representación de familias y funcionaría como método efectivo para complementar inventarios de coleópteros, si se usa en conjunto con otros métodos de recolecta como la trampa de intercepción de vuelo, trampa de luz, red de golpeo y muestras de suelo entre otras (Fagundes *et al.*, 2011).

### **Gremios tróficos**

En el BPE el gremio dominante fue el de los depredadores, en el MX fue el de los micófitos y en el BTC predominaron los saprófitos. En general éstos fueron los grupos más abundantes en los tres sitios, y esto se debe al común intercambio de posiciones de los gremios tróficos y de sus familias representativas en cada tipo de vegetación, tal como sucedió en el estudio de Marinoni & Ganho (2003).

La dominancia de los depredadores en los el BPE y en el MX sugiere que hubo recursos alimentarios suficientes para cubrir las necesidades de todos los gremios tróficos, pues éste tipo de escarabajos dependen de la diversidad de productos animales de un ecosistema (Fagundes *et al.*, 2011). Además la escasa presencia de Staphylinidae en el BTC y la alta abundancia de organismos saprófitos tanto en el MX como en el BTC sugieren un alto grado de perturbación en dichas zonas, donde se espera que los

organismos de los niveles tróficos más altos, como los depredadores, sean más sensitivos a los cambios ambientales (Nouhuys, 2005).

La diferencia en la composición de familias de escarabajos que mostró cada tipo de vegetación, se consideró normal debido a que en cada hábitat se alcanza un equilibrio que depende de las necesidades, el nivel trófico y el comportamiento de cada grupo (Nouhuys, 2005), y hay evidencia de que ciertos taxones son sustituidos por otros del mismo grupo trófico por razones ecológicas en la misma región y por razones zoogeográficas en diferentes regiones (Marinoni & Ganho, 2003).

### **Primer registro de un adulto de *Micromalthus debilis* LeConte 1878 en México.**

Se capturó un ejemplar de *Micromalthus debilis* LeConte 1878 en el bosque tropical caducifolio, durante febrero de 2012 y representa el primer registro para el país. Ésta especie pertenece a la familia monotípica Micromalthidae, y en México solo se tiene el registro de unas larvas del Mioceno conservadas en ámbar y procedentes de Chiapas (Navarrete-Heredia & Fierros-López, 2001).

El adulto fue descrito por LeConte (1878) en Norte América y Hubbard (1878) brindó una breve descripción de la larva cerambicoide, aunque el estudio detallado sobre los estadios inmaduros de ésta especie fueron realizados por Barber (1913) con contribuciones de Pringle (1938) (Marshall & Thornton, 1963). La larva se desarrolla en madera húmeda en descomposición y puede pasar por varios estadios y formas en su desarrollo, apareciendo como un tipo de larva caraboide, cerambicoide y curculionoide. El complicado ciclo de vida involucra paedogénesis y varios tipos de partenogénesis (telitoquia, anfitoquia y arrenotoquia) (Philips, 2001).

La clasificación de esta especie ha tenido mucha discusión y controversia, ya que la familia ha sido reubicada dentro del suborden Polyphaga basándose en varias características del adulto mezcladas con los Elateroidea, pero las evidencias abrumadoras de la larva, la venación alar y los caracteres de la genitalia del macho indican que la ubicación de la familia dentro del suborden Archostemata es correcta (Philips, 2001). Además, ésta es la misma conclusión a la que se llegaron Beutel & Hörnschemeyer (2002), quienes realizaron un estudio sobre la posición filogenética de *M. debilis* basándose en la comparación morfológica de estructuras internas y externas de sus diferentes tipos de larvas.

Es nativa del este de los Estados Unidos y quizá de Belice (Philips, 2001) y su rango ahora incluye a la Columbia Británica, Nuevo México y localidades costeras de Brasil, Cuba, Hong Kong, Hawaii y Sudáfrica. Aunque ha sido ampliamente distribuida por el comercio (Borrer, 2005), aparece raramente en recolectas individuales, y su captura constituye el primer registro en muchos sitios.

Desde el año 2000 sólo se han publicado tres hallazgos de *M. debilis* en diferentes partes del mundo. Jäch & Komarek (2000) lo registraron por primera vez en Austria; Philips (2001) capturó un ejemplar con una trampa de intercepción de vuelo en Belice y es el primer registro para Centro América; por su parte King & Brattain (2012) capturaron con un embudo de Berlesse al primer ejemplar registrado en Alabama.

Perkovsky (2007) encontró un ejemplar del género *Micromalthus*, perteneciente al Mioceno, fosilizado en ámbar y procedente de República Dominicana, al cual describió como la especie *Micromalthus anansi* Perkovsky 2007 y la calificó como una especie extinta, aunque la descripción únicamente se basó en la comparación de las medidas de las antenas, los apéndices caminadores y los élitros de ese único ejemplar con respecto a los ejemplares de *M. debilis* ubicados en La Colección Nacional de Insectos de Sudáfrica de Pretoria y en el Instituto Paleontológico de la Academia Rusa de Ciencias.

## CONCLUSIONES

Las 48 familias registradas en el Estado de México representaron una riqueza muy alta, por constituir el 43% del total de familias presentes en México y haber sido registradas en una extensión superficial menor al 1% del territorio nacional, y representa una quinta parte de las familias registradas a nivel mundial.

La riqueza obtenida en un BPE, un MX y un BTC del Estado de México fue alta comparada con estudios similares realizados en otros países.

La riqueza del MX y el BTC debe ser aún más alta, considerando que en la curva de acumulación de familias no se alcanzó una asíntota definida.

En el suelo, menos de diez familias fueron las que acumularon más del 75% de la abundancia en el BPE, el MX, el BTC.

En el MX se alcanzó la mayor abundancia durante la época de sequía, por ser el periodo en el que hubo mayor cantidad de recursos alimentarios y porque es el que duró más tiempo.

La precipitación no fue un factor que afectó la riqueza entre las épocas del año en ningún sitio, sin embargo, sí afectó la abundancia entre las épocas del año en todos los sitios.

La perturbación de un hábitat puede disminuir en cierto grado la abundancia, pero no necesariamente la riqueza de familias.

La trampa de caída fue un recurso efectivo para complementar los inventarios de coleópteros en estudios de diversidad y reflejó gran parte de la riqueza de estos organismos en el suelo.

Las familias Carabidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Leiodidae, Nitidulidae, Scarabaeidae, Staphylinidae y Tenebrionidae fueron familias que se encuentran con alta frecuencia en las trampas de caída debido a su gran actividad epígea.

Se obtuvo el primer registro de *Macromalthus debilis* LeConte 1878 para México.

## LITERATURA CITADA

- Aguirre-Tapiero, M.P. 2009. Clave de identificación de géneros conocidos y esperados de Elateridae LEACH (Coleoptera: Elateroidea) en Colombia. Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle. 10(2): 25- 35 pp.
- 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 and Conservation 9: 617–653.
- Andrew, F.I. 2006. A Review of the Ironclad Beetles of the World (Coleoptera Zopheridae: Phellopsini and Zopherini). Montana State University. USA. Entomología de la Universidad del Valle. 10(2): 25- 35.
- Arnett, R.H., M.C. Thomas, P.E. Skelley & J.H. Frank. 2002. American Beetles, Volume II: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. Florida. USA. 443pp.
- Arriaga C., E. Jiménez-Sánchez & J. Barral. 2011. Staphylinidae (Insecta: Coleoptera) necrófilos de un bosque de pino-encino en Coatepec Harinas, Estado de México. En: Entomología Mexicana Vol. 10. Cruz, S.G., J. Tello, A. Mendoza y A. Morales. (Editores) Sociedad Mexicana de Entomología. Sección estudiantil.
- Barbosa, O. & P.A. Marquet. 2002. Effects of forest fragmentation on the beetle assemblage at the relict forest of Fray Jorge, Chile. Oecologia. 132:296–306.
- Beutel, R.G. & T. Hörschemeyer. 2002. Larval morphology and phylogenetic position of *Macromalthus debilis* LeConte (Coleopter: Micromalthidae). Systematic Entomology. 27: 169-190.
- Bouchard, P., Y. Bousquet., A.E. Davies, M.A. Alonso-Zarazaga, J.F. Lawrence, C.H.C. Lyal, A.F. 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.
- Brown, G.G., C. Fragoso, I. Barois, P. Rojas, J.C. Patrón, J. Bueno, A.G. Moreno, P. Lavelle, V. Ordaz & C. Rodríguez. 2001. Diversidad y rol funcional de la macrofauna edáfica en los ecosistemas tropicales mexicanos. Acta Zoológica Mexicana. 1: 79-110.
- Bustos-Santana, H.R. & L.E. Rivera-Cervantes. 2003. Abundancia estacional de los coleópteros nocturnos de la familia Melolonthidae (Insecta: Lamellicornia), asociados a un bosque de pino-encino en la sierra de Quila, Jalisco, México. En: Estudios sobre coleópteros del suelo en América. Aragón, G.A., M.A. Morón & A. Marín J. (Editores). Publicación especial de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México. 137-148pp.

- Camero-R., É., J.E. Díaz, A. Salinas, L. Téllez & D. Agudelo. 2005. Estudio de la artropofauna asociada a suelos de dos tipos de ecosistemas en la cuenca del Río Cauca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 10(1): 35-44.
- Ceballos, G., E. Collado, G. Garduño, R. List, R. López, M. Muñozcano & J. Elvin (compiladores). 2009. La diversidad biológica del estado de México, estudio de Estado. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. México. 527pp.
- Cejudo E., E. & C. Deloya. 2005. Coleoptera necrófilos del bosque de *Pinus hartwegii* del Nevado de Toluca, México. *Folia Entomológica Mexicana*. 44(1): 67- 73.
- Clarke, K.R. & R.N. Gorley. 2005. Plymouth Routines In Multivariate Ecological Reserch v6. Primer- E Ltd. United Kingdom.
- CONAGUA. 2011. Normales climatológicas por estación. México. (Consultado el 1 de marzo de 2011).
- Delgadillo, J., J.A. Rodríguez, M. del R. Ramírez & E. Jiménez-Sánchez. 1998. Estudio preliminar de Estafilínidos necrófilos (Coleoptera: Staphylinidae) en el centro ecológico de formación "Omeyocan", Atizapán de Zaragoza, Estado de México, México. pp. 501-505. En: *Memorias del XXXIII Congreso de Entomología*. Sociedad Mexicana de Entomología, México.
- Deloya, C., V. Parra-Tabla & H. Delfín-González. 2007. Fauna de Coleópteros Scarabaeidae Laparosticti y Trogidae (Coleoptera: Scarabaeoidea) Asociados al Bosque Mesofilo de Montaña, Cafetales bajo Sombra y Comunidades Derivadas en el Centro de Veracruz, México. *Neotropical Entomology*. 36(1): 6-21.
- Driscoll, D.A. & T. Weir. 2005. Beetle responses to habitat fragmentation depend on ecological traits, habitat condition and remnant size. *Conservation Biology*. 19 (1): 182-194.
- Dunford, J.C., M.C.Thomas & P.M. Choate. 2005. The Darkling Beetles of Florida and Eastern United States (Coleoptera: Tenebrionidae). *Keys to the Tenebrionidae of Florida*. University of Florida Entomology and Nematology Department. USA. (Consultado: 5 de abril de 2012).
- Durán, D.A., A. Vargas & A. Cisneros. 2008. Bioestadística. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 260pp.
- Fagundes, C.K., R.A. Di Mare, C. Wink y D. Manfio. 2011. Diversity of the families of Coleoptera captured with pitfall traps in five different environments in Santa Maria, RS, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*. 71(2): 381-390.

- Flores P., L., J. Escoto, F.J. Flores & A.J. Hernández. 2008. Estudio de la biodiversidad de artrópodos en suelos de alfalfa y maíz con aplicación de biosólidos. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 16(40): 11-18 pp.
- García R., J.C. & L.C. Pardo. 2004. Escarabajos Scarabaeinae saprófagos (Coleoptera: Scarabaeidae) en un bosque muy húmedo premontano de los andes occidentales colombianos. *Ecología Aplicada*. 3(1): 59-63.
- Gibson, L.P. 1985. A catalog of the Coleoptera of America North of Mexico. Family: Curculionidae. Subfamily: Curculioninae. United States Department of Agriculture. USA. 21pp.
- Grebennikov, V.V. & A.F. Newton. 2009. Good-bye Scydmaenidae, or why the ant-like stone beetles should become megadiverse Staphylinidae sensu latissimo (Coleoptera). *European Journal of Entomology*. 106: 275–301.
- Grimbacher, P & N. Stork. 2007. Vertical stratification of feeding guilds and body size in beetle assemblages from an Australian tropical rainforest. *Austral Ecology*. 32: 77–85.
- Hadjicharalampous, E., K.L. Kalburtji & A.P. Mamolos. 2002. Soil Arthropods (Coleoptera, Isopoda) in Organic and Conventional Agroecosystems. *Environmental Management*. 29 (5): 683–690.
- INEGI. 2009a. Prontuario de Información Geográfica Municipal de Los Estados Unidos Mexicanos. Coatepec Harinas, México. (Consultado: 1 de septiembre de 2012).
- INEGI. 2009b. Prontuario de Información Geográfica Municipal de Los Estados Unidos Mexicanos. Teotihuacán, México. (Consultado: 1 de septiembre de 2012).
- INEGI. 2009c. Prontuario de Información Geográfica Municipal de Los Estados Unidos Mexicanos. Tonatico, México. (Consultado: 1 de septiembre de 2012).
- INEGI. 2011. Estado de México: Clima. (Consultado: 13 de septiembre de 2012).
- Jäch, M.A. & A. Komarek. 2000. Bemerkenswerte Käferfunde aus Österreich (IX) (Coleoptera: Micromalthidae et Dytiscidae). *Koleopterologische Rundschau*. 70: 223-224.
- Jiménez-Sánchez, E., J.L. Navarrete-Heredia y J. Padilla-Ramírez, 2000. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) necrófilos de la Sierra de Nanchititla, Estado de México, México. *Folia Entomológica Mexicana*, 108: 53-78.
- Jiménez-Sánchez, E., G. Labrador, E. López, J.L. Navarrete-Heredia & J. Padilla. 2009a. Escarabajos (Coleoptera: Staphylinidae, Silphidae, Scarabaeidae y Trogidae). En: Ceballos, G., E. Collado, G. Garduño, R. List, R. López, M. Muñozcano & J. Elvin (compiladores). *La diversidad biológica del estado de México, estudio de Estado*. Biblioteca Mexiquense del Bicentenario. México. 527pp.

- Jiménez-Sánchez, E., S. Zaragoza-Caballero & F.A. Noguera. 2009b. Variación temporal de la diversidad de estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) nocturnos en un bosque tropical caducifolio de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 157- 168.
- Jiménez-Sánchez, E., O.M. Juárez-Gaytán & J.R. Padilla-Ramírez. 2011. Estafilínidos (Coleoptera: Staphylinidae) necrófilos de Malinalco, Estado de México. *Dugesiana*. 18(1): 73-84.
- Jiménez-Sánchez, E., R. Quezada-García & J. Padilla-Ramírez. 2013. Diversidad de escarabajos necrófilos (Coleoptera: Scarabaeidae, Silphidae, Staphylinidae y Trogidae) en una región semiárida del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, México. *Revista Biología Tropical*. 61(3): 1-17.
- King, T.N. & R.M. Brattain. 2012. First records of Micromalthidae and Jacobsoniidae (Coleoptera) in Alabama, USA. *Insecta Mundi*. 4pp.
- Kutasi, C., A. Balog & V. Markó. 2001. Ground dwelling Coleoptera fauna of commercial apple orchards. *Integrated Fruit Production*. 24(5): 215-219.
- Larsen, T.H., A. Lopera, A. Forsyth & F. Génier. 2009. From coprophagy to predation: a dung beetle that kills millipedes. *Biology letters*. 5:152-155.
- Majer, J.D. 1978. An improved pitfall trap for sampling ants and other epigaeic invertebrates. *Journal of the Australian Entomological Society* 17: 261–262
- Melbourne, B.A. 1999. Bias in the effect of habitat structure on pitfall traps: An experimental evaluation. *Australian Journal of Ecology*. 24: 228–239.
- Marinoni, R.C. & N.G. Ganho. 2003. Fauna de Coleoptera no Parque Estadual de Vila Velha, Ponta Grossa, Paraná, Brasil. Abundância e riqueza de famílias capturadas através de armadilhas de solo. *Revista Brasileira de Zoologia*. 20(4): 737- 744.
- Marshall, A.T. & I.W.B. Thornton. 1963. *Micromalthus* (Coleoptera: Micromalthidae) in Hong Kong. *Pacific Insects*. 5(4): 715-720.
- Martínez, C. 2005. Introducción a los escarabajos Carabidae (Coleoptera) de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Colombia. 546pp.
- Méndez, C.R. 2002. Macro-coleópteros necrófilos (Silphidae, Trogidae, Geotrupidae y *Scarabaeidae*) de la Sierra de Nanchititla, Estado de México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 60 pp.
- Morales, M.A., R. Gómez, V. y J. Padilla, R. 1995. Contribución al estudio de los Coleoptera Silphidae en el Rancho Almaraz, Cuautitlán, Estado de México. Pp. 122-123, en: *Memorias del XXX Congreso Nacional de Entomología*. Sociedad mexicana de Entomología, México.



- Morón, M. A. y S. Zaragoza. 1976. Coleópteros Melolonthidae y Scarabaeidae de Villa de Allende, Estado de México. *Annales del Instituto de Biología. UNAM. México. Series Zoología.* 47(2): 83-118.
- Morón, M. A. 2003. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera Lamellicornia Vol.II familias Scarabaeidae, Trogidae, Passalidae y Lucanidae. Argania. Barcelona. España. 434pp.
- Muñoz, C. N. 2011. Flora fanerogámica de la cuenca del Río Chiquihuitero, Coatepec harinas, Estado de México, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 75pp.
- Myers, L. 2013. Sap Beetles (of Florida), Nitidulidae (Insecta: Coleoptera: Nitidulidae). Featured Creatures from the Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. USA. 7pp.
- Naskrecki. 2008. Manager of Taxonomic Information and Specimens (MANTIS)
- Navarrete-Heredia & H. Fierros-López. 2001. Coleoptera de México: Situación actual y perspectivas de estudio. En: Tópicos selectos sobre Coleoptera de México. Navarrete-Heredia, H. E. Fierros-López & A. Burgos-Solorio (Editores). Universidad de Guadalajara-Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Guadalajara. México.
- Navarrete-Heredia, J.L., A.F. Newton, M.K. Thayer, J.S. Ashe & D.S. Chandler. 2002. Guía ilustrada para los géneros de Staphylinidae (Coleoptera) de México. Universidad de Guadalajara. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 404pp.
- Navarrete-Heredia, J.L., C.I. Sainz M., A.L. González-Hernández, G A. Quiroz-Rocha, A. Hernández, M. Vásquez-Bolaños, D. Vega-Romero & B. Hernández Márquez. 2012. Coleópteros necrócolos del Bosque Los Colomos, Guadalajara, Jalisco, México. *Dugesiana.* 19(2): 157-162.
- Nouhuys, S. 2005. Effects of habitat fragmentation at different trophic levels in insect communities. *Annales Zoologici Fennici.* 42: 433-447.
- Odum, E.P. 1985. *Ecología.* Interamericana. Barcelona. España. 434pp.
- Peck, S.B. & H.F. Howden. 1984. Response of a dung beetle guild to different sizes of dung bait in a 61anamanian rainforest. *Biotropica.* 16(3): 235-238.
- Pedraza, M. C., J. Márquez & J. A. Gómez-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.

- Pérez-Villamares, J.C., E. Jiménez-Sánchez y J.R. Padilla-Ramírez. 2012. Coleópteros necrófilos (Scarabaeidae, Geotrupidae, Ceratocanthidae y Silphidae) de Coatepec Harinas, Estado De México, México [1098-1103]. En: Equihua, A. E.G. Estrada, J.A. Acuña, M.P. Chaires y G. Durán (Editores). *Entomología Mexicana*. 11(2): 6pp.
- Perkovsky, E.E. 2007. On the Find of Adult *Micromalthus* (Coleoptera, Micromalthidae) in Dominican Amber. *Paleontological Journal*. 41(6): 626–628.
- Philips, T.K. 2001. Scientific Notes. A record of *Micromalthus debilis* (Coleoptera: Micromalthidae) from Central America and a discussion of its distribution. *Florida Entomologist*. 84(1): 159-160.
- Polilov, A.A. 2009. Thoracic Musculature of *Sericoderus lateralis* (Coleoptera, Corylophidae): Miniaturization Effects and Flight Muscle Degeneration Related to Development of Reproductive System. *Entomological Review*. 91(6): 735–742.
- Polilov, A.A. & R.G. Beutel. 2010. Developmental stages of the hooded beetle *Sericoderus lateralis* (Coleoptera: Corylophidae) with comments on the phylogenetic position and effects of miniaturization. *Arthropod Structure & Development*. 39: 52–69.
- Pringle, J.A. 1938. A Contribution to the knowledge of *Micromalthus Debilis* Leconte (Coleoptera). Pringle, J.A. 1938. A Contribution to the knowledge of *Micromalthus Debilis* Leconte (Coleoptera). *Transactions Royal Entomological Society London*. 87: 271-287.
- Ramírez-Ponce, A., J. Allende-Canseco & M.A. Morón. 2009. Fauna de coleópteros Lamelicornios de Santiago Xiacui, Sierra Norte, Oaxaca, México. *Acta Zoológica Mexicana*. 25(2): 323-343.
- Robertson, J.A., A. Ślipiński, K. Hiatt, K.B. Miller, M.F. Whiting & J.V. Mchugh. 2013. Molecules, morphology and minute hooded beetles: a phylogenetic study with implications for the evolution and classification of Corylophidae (Coleoptera: Cucujoidea). *Systematic Entomology*. 38:209–232.
- SEDEUR. 2003. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Tonatico. Gobierno del Estado de México. México. 14-27.
- SEDEUR. 2004. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Coatepec Harinas. Gobierno del Estado de México. México. 13-21.
- SEDEUR. 2008. Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Teotihuacán. Gobierno del Estado de México. México. 11-12.
- SMN. 2010a. Normales Climatológicas por Estación: México, Otumba. Consultado (16 de febrero de 2013).

- SMN. 2010b. Normales Climatológicas por Estación: México, Tonalco. Consultado (16 de febrero de 2013).
- Schauff, M.E. 2001. Collecting and preserving insects and mites: Techniques & tools. 14-15.
- Solís, A. 2010. Métodos y técnicas de recolecta para coleópteros Scarabaeoideos. Instituto Nacional de Biodiversidad Santo Domingo, Heredia, Costa Rica. (Consultado 24 agosto 2011).
- Stibick, J.N.L. 1979. Classification of the Elateridae (Coleoptera). Relationships and classification of the subfamilies and tribes. *Pacific Insects*. 20(2-3): 145-186.
- Trevilla-Rebollar, A., C. Deloya & J. Padilla-Ramírez. 2010. Coleópteros Necrófilos (Scarabaeidae, Silphidae y Trogidae) de Malinalco, Estado de México, México. *Neotropical Entomology*. 39(4):486-495.
- Triplehorn, A.C. & N.F. Johnson. 2005. Borror and DeLong's Introduction to the study of insects. Thompson Brooks/Cole. California. USA. 881pp.
- Vohland, K., M. Uhlig, E. Marais, A. Hoffmann & U. Zeller. 2005. Impact of different grazing systems on diversity, abundance and biomass of beetles (Coleoptera), a study from southern Namibia. *Mitteilungen Aus Dem Museum Fur Naturkunde In Berlin. Zoologisches*. 81 (2): 131–143.
- Wood, S.L. 1961. A key to the North American genera of Scolytidae. *The Coleopterists Bulletin*. 15(2):41-48pp.
- Zhang, Z. 2011. Animal biodiversity: An introduction to higher-level classification and taxonomic richness. *Zootaxa*. 3148: 7–12.