



Taxonomía y sistemática

Inventario de las especies de elatéridos (Coleoptera: Elateridae) de un bosque tropical caducifolio mexicano

Species inventory of elaterids (Coleoptera: Elateridae) from a Mexican tropical dry forest

Erick O. Martínez-Luque*, Martín L. Zurita-García y Alejandro Zaldívar-Riverón

Colección Nacional de Insectos, Departamento de Zoología, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado postal 70-153, Ciudad de México, México

Recibido el 14 de enero de 2016; aceptado el 2 de mayo de 2016

Disponible en Internet el 18 de agosto de 2016

Resumen

Se presenta un inventario de especies de Elateridae (Insecta: Coleoptera: Elateroidea) en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México. La identificación se realizó con base en evidencia morfológica y molecular (ADN mitocondrial del gen *citocromo oxidasa subunidad I [COI]*). El trabajo de campo se realizó entre 2009 y 2012. Se recolectaron 544 individuos pertenecientes a 46 especies, 25 géneros, 7 subfamilias y 11 tribus; se obtuvieron 106 secuencias de varias de las morfoespecies discriminadas. Treinta y ocho especies fueron discriminadas con información molecular, y se encontraron 10 casos de discordancia entre evidencia molecular y morfológica. La subfamilia Elaterinae presentó la mayor riqueza de especies (18 spp.), seguida de Agrypninae (16 spp.) y Cardiophorinae (6 spp.). Las subfamilias con menor número de especies fueron Cebrioninae (2 spp.), Lissominae (2 spp.), Semiotinae (1 sp.) y Thylacosterninae (1 sp.). Los géneros con mayor riqueza de especies fueron *Conoderus* (6 spp.), *Megapenthes* (5 spp.) y *Esthesopus* (4 spp.). Se obtuvieron 27 nuevos registros de especies para Jalisco, 5 nuevos registros para México y 7 especies potencialmente nuevas para la ciencia. Este estudio resalta la importancia de emplear diferentes fuentes de caracteres para obtener un mejor conocimiento de la riqueza de especies en estudios faunísticos, especialmente en grupos altamente diversos.

Derechos Reservados © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0.

Palabras clave: Riqueza; Insecta; Chamela; Jalisco; Estudio faunístico; Nuevos registros

Abstract

A species inventory of Elateridae (Insecta: Coleoptera: Elateroidea) from the Estación de Biología Chamela, Jalisco, Mexico, is presented. The identification was made based on morphological and molecular evidence (mtDNA gene *cytochrome oxidase subunit I (COI)*). Fieldwork was carried out between 2009 and 2012. We obtained 544 individuals belonging to 46 species, 25 genera, 7 subfamilies and 11 tribes, and 106 sequences of several discriminated morphospecies were obtained. Thirty eight species were discriminated with molecular information, finding 10 cases of discordance between molecular and morphological evidence. The subfamily Elaterinae had the highest species richness (18 spp.), followed by Agrypninae (16 spp.) and Cardiophorinae (6 spp.). The subfamilies with lowest number of species were Cebrioninae (2 spp.), Lissominae (2 spp.), Semiotinae (1 sp.) and Thylacosterninae (1 sp.). The genera with the highest number of species were *Conoderus* (6 spp.), *Megapenthes* (5 spp.) and *Esthesopus* (4 spp. each). Twenty-seven of the species collected represent new records for Jalisco, 5 for Mexico, and 7 more are potentially new to science. This study highlights the importance of employing different character sources to have a better knowledge about the species richness in faunistic studies, especially in groups with high number of species.

All Rights Reserved © 2016 Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. This is an open access item distributed under the Creative Commons CC License BY-NC-ND 4.0.

Keywords: Richness; Insecta; Chamela; Jalisco; Faunistic study; New records

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: erickmtzluque@gmail.com (E.O. Martínez-Luque).

La revisión por pares es responsabilidad de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Introducción

El bosque tropical caducifolio (BTC), también conocido como bosque tropical seco, es uno de los ecosistemas más diversos en el neotrópico y uno de los más amenazados (Janzen, 1988). Este tipo de bosque representa casi el 42% del área continental mundial con clima tropical y subtropical (Murphy y Lugo, 1995). En México es el ecosistema tropical mejor representado (Dirzo y Ceballos, 2010; Noguera et al., 2012). Posee una distribución característica de la vertiente del Pacífico mexicano, desde el norte en Sonora hasta la frontera con Guatemala en el estado de Chiapas (Varela-Espinosa, 2005; Rzedowski, 1978); cubre alrededor del 8% de su territorio y alberga un gran número de especies endémicas (Ceballos y García, 1995; Flores y Gerez, 1994; Noguera et al., 2012; Rzedowski, 1991; Toledo y Ordoñez, 1993). Trabajos previos han evidenciado la extraordinaria riqueza de especies de varios grupos de coleópteros en el BTC, incluyendo Cantharidae (Zaragoza-Caballero, 2000a,b, 2002); Lycidae, Phengodidae, Lampyridae y Cantharidae (Zaragoza-Caballero et al., 2003); Elateridae (Zurita-García, 2004) y Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae y Telegeusidae (Zaragoza-Caballero y Ramírez-García, 2009).

Elateridae es una familia de coleópteros con gran diversidad de hábitos alimentarios; algunos géneros xilófagos son de importancia agrícola (Zurita-García, Johnson y Zaragoza-Caballero, 2014). A escala mundial, la familia está representada por más de 10,000 especies y 400 géneros (Costa, Lawrence y Rosa, 2010). De acuerdo con Bouchard et al. (2011), en México se han registrado 69 géneros agrupados en 15 subtribus, 29 tribus y 9 subfamilias. Varios estudios taxonómicos han descrito un gran número de especies de elatéridos para el país (ver referencias en Martínez-Luque, 2014), aunque hasta la fecha solo se ha realizado un estudio faunístico sistemático en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (RBSH) (Zurita-García, 2004). Posteriormente, se ha investigado la sistemática de la subtribu Agriotina (Zurita-García, 2007). Recientemente, Zurita-García et al. (2014) han presentado una síntesis de los registros de elatéridos mexicanos.

En el presente trabajo presentamos un inventario de las especies de Elateridae presentes en la Estación de Biología Chamela (EBCH), Jalisco, empleando evidencia morfológica y molecular (código de barras de la vida; Hebert, Cywinska, Ball y DeWaard, 2003; Hebert, Ratnasingham y deWaard, 2003). Esta reserva se encuentra dentro de la Reserva de la Biosfera de Chamela-Cuixmala (RBCC), la cual representa una de las regiones del país con mayor cobertura de BTC (Noguera, Vega-Rivera, García-Aldrete y Quesada-Avendaño, 2002).

Materiales y métodos

Entre 2009 y 2012 se realizaron 7 salidas de campo. Se trató de incluir las épocas de lluvias y de secas, características del BTC. Las recolectas se realizaron dentro de la EBCH, propiedad del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (IBUNAM). Esta estación está situada dentro de la RBCC, que se localiza en la costa del Pacífico mexicano, en el

estado de Jalisco (entre 19°29' y 19°34' N, 104°58' y 105°04' O). Se utilizaron 6 técnicas de muestreo: trampas Malaise, recolectas directas, redes aéreas, trampas de luz negra y blanca, trampas funnel y trampas con cebo. El material fue preservado en etanol absoluto o al 96% y mantenido a -20 °C hasta su procesamiento.

Los ejemplares se identificaron mediante claves y trabajos taxonómicos específicos para los diferentes grupos de elatéridos (Becker, 1973; Casari, 2002a,b,c; Champion, 1894-1896; Johnson, 2002; Muona, 1995; Vahtera, Jyrki y Lawrence, 2009; Wells, 2000). Los ejemplares recolectados, además, se compararon con ejemplares previamente determinados y depositados en la Colección Nacional de Insectos (CNIN) del IBUNAM. Se utilizó un microscopio marca Zeiss® con una lente de 2× para la observación de las estructuras de la morfología externa e interna. El material recolectado se encuentra depositado en la CNIN del IBUNAM.

Para la secuenciación de ADN se tomó una muestra de tejido (un trozo de pata) de un individuo de cada especie determinada morfológicamente. Cada muestra se colocó en etanol al 96% en uno de los 96 pocillos de placas de lisis. Las placas con muestras se enviaron después al Canadian Center for DNA Barcoding de la Universidad de Guelph en Ontario, Canadá, para su extracción de and, y amplificación y secuenciación del marcador genético seleccionado de acuerdo con los protocolos de laboratorio de Smith et al. (2008). El marcador genético secuenciado corresponde a un fragmento de 615-658 pares de bases del gen mitocondrial *citocromo oxidasa subunidad I (COI)*. Este fragmento fue amplificado usando los primers LepF1/LepRI (Hebert, Penton, Burns, Janzen y Hallwachs, 2004) (LEP-F1: 5'ATT CAA CCA ATC ATA AAG ATA T-3'; LEP-R1: 5' TAA ACT TCT GCA TGT CCA AAA A-3'). Las secuencias se editaron con el programa Sequencher® versión 4.9 y se alinearon de forma manual.

La delimitación de especies con base en las secuencias de *COI* se exploró con el enfoque del 2% de divergencia genética (2%DG; Hebert et al., 2003a; Hebert et al., 2003b). Las distancias entre cada par de secuencias se corrigieron empleando el modelo de evolución de Kimura-2 parámetros (K2P; Kimura, 1980) y se visualizaron construyendo un fenograma (fig. 3) con el método de neighbor-joining (NJ) implementado en BOLD (www.boldsystems.org). Los resultados obtenidos con la información molecular se compararon luego con las identificaciones morfológicas. Todas las secuencias generadas, así como los datos de recolecta y fotografías digitales de los especímenes secuenciados, están disponibles en el proyecto "Elateridae de Chamela, México" (ELAT project), en la sección de proyectos de la página web del Barcode of Life Data Systems (BOLD; www.barcodinglife.org).

Se recolectaron 544 ejemplares de Elateridae durante el trabajo de campo realizado entre 2009 y 2012. Se identificaron morfológicamente 46 especies agrupadas en 25 géneros (figs. 1 y 2), 7 subfamilias y 11 tribus. Se montaron 165 machos, de los cuales se extrajeron los genitales. El resto de los ejemplares se conservó en etanol al 96%.

La subfamilia representada por un mayor número de especies es Elaterinae, con 18 especies (tabla 1). La subfamilia que sigue



Figura 1. Hábito dorsal de las especies que representan nuevos registros para Jalisco. 1, *Rismethus scobinula* Candèze, 1857; 2, *Vesperelater occidentalis* Champion, 1895; 3, *Aeolus melliculus* Candèze, 1859; 4, *Conoderus pruinosus* Champion, 1895; 5, *C. rodriguezii* Candèze, 1881; 6, *C. depressipennis* Candèze, 1859; 7, *C. nocturnus* Candèze, 1859; 8, *Heteroderes gibbulus* Champion, 1895; 9, *Cardiophorus aptopoides* Candèze, 1865; 10, *Esthesopus hepaticus* Eschscholtz, 1829; 11, *E. brevisculus* Champion, 1896; 12, *E. atripennis* Candèze, 1860; 13, *Horistonotus mixtus* Champion, 1895; 14, *Drapetes* sp.; 15, *Lissomus* sp.; 16, *Agriotes mixtus* Champion, 1896.

en mayor número de especies es Agrypninae con 16 especies, seguida por Cardiophorinae con 6, Cebrioninae y Lissominae con 2, y Semiotinae y Thylacosterninae con una. Cinco registros de especies son nuevos para el territorio mexicano: *Lacon pollinaria* (Candèze, 1857), *Aeolus bimucronatus* Champion, 1895, *Conoderus athoides* (LeConte, 1863), *Scaptolenus fulvus* Chevrolat, 1874, *Anchastus seminiger* Champion, 1895, *Dipropus atricornis* (Champion, 1895), *Megapenthes bicarinatus* Lewis,

1894 y *M. texanus* Becker, 1971. Se obtuvieron 7 especies probablemente no descritas, una correspondiente a los géneros *Conoderus* Eschscholtz, 1829, *Esthesopus* Eschscholtz, 1829 y *Scaptolenus* LeConte, 1854, así como 2 especies para *Dipropus* Germar, 1839 y 2 especies para *Anchastus* LeConte, 1853.

Se obtuvo un total de 114 secuencias de COI, 106 de las cuales pudieron ser editadas e incluidas en el análisis de distancias. Las secuencias analizadas correspondieron a 30 de las



Figura 2. Hábito dorsal de las especies que representan nuevos registros para Jalisco (17-24) y para México (25-32). 17, *Dicrepidius serraticornis* Champion, 1894; 18, *Diplostethus medirianus* Champion, 1895; 19, *Orthostethus piceus* Candèze, 1853; 20, *Melanotus rugulipennis* Champion, 1895; 21, *Physorhinus distigma* Candèze, 1859; 22, *Megapenthes mexicanus* Champion, 1895; 23, *M. cincticollis* Champion, 1895; 24, *M. longicornis* Schaeffer, 1926; 25, *Lacon pollinaria* Candèze, 1857; 26, *Aeolus bimucronatus* Champion, 1895; 27, *Conoderus athoides* LeConte, 1863; 28, *Scaptolenus fulvus* Chevrolat 1874; 29, *Anchastus seminiger* Champion, 1895; 30, *Dipropus atricornis* Champion, 1895; 31, *Megapenthes bicarinatus* Lewis, 1894; 32, *M. texanus* Becker, 1971.

46 especies originalmente identificadas con base en la evidencia morfológica. En la [tabla 2](#) se presentan las divergencias genéticas obtenidas para las especies delimitadas con el criterio de 2% de divergencia genética. En la [figura 3](#) se presenta el árbol de NJ en donde se visualizan las distancias corregidas obtenidas con el modelo K2P.

Treinta y ocho especies fueron delimitadas molecularmente empleando el criterio de 2% de divergencia genética propuesto

por [Hebert et al., 2003b](#). De éstas, 30 resultaron corroboradas con las identificaciones morfológicas, per hubo 10 incongruencias tanto por la fusión de 2 especies identificadas con morfología como por la división de una especie en 2 o más especies ([tablas 1 y 2](#)). La congruencia encontrada entre la información morfológica y la molecular permitió corroborar la existencia de 6 de las 7 especies aparentemente nuevas para la ciencia pertenecientes a los géneros *Conoderus* (1 sp.), *Scaptolenus*

Tabla 1
Lista de las especies de Elateridae registradas en la Estación de Biología, Chamela, Jalisco, México, de acuerdo con la clasificación taxonómica de Bouchard et al. (2011). Incluye nuevos registros para el estado de Jalisco con un asterisco (*) y con un punto (●) los nuevos registros para México. De igual manera muestra el número de ejemplares delimitados con evidencia molecular (2% de divergencia genética) por especie, el número de ejemplares delimitados con evidencia morfológica, el número de congruencias obtenidas entre ambas especies, y el número de ejemplares de los que se obtuvieron secuencias genéticas (COI), y entre paréntesis el número total de ejemplares secuenciados por especie.

Especies	Evidencia molecular (2% DG) (Spp.)	Evidencia morfológica (SPP)	Número de congruencias (Spp.)	Número de ejemplares sec. por Spp.
SUBFAMILIA Agrypninae Candèze 1857				
TRIBU Agrypnini Candèze 1857				
<i>Rismethus</i> Fleutiaux, 1947	1	1	1	
* <i>Rismethus scobinula</i> Candèze, 1857				2 (9)
<i>Lacon</i> Laporte 1836	-	1	-	
● <i>Lacon pollinaria</i> Candèze, 1857				0 (3)
TRIBU Pyrophorini Candèze, 1863				
SUBTRIBU Pyrophorina				
<i>Vesperelater</i> Costa, 1975	1	1	1	
* <i>Vesperelater occidentalis</i> Champion, 1895				9 (10)
TRIBU Oophorini Gistel 1856				
[= Conoderini Fleutiaux 1919 (1859)]				
<i>Aeolus</i> Candèze, 1859	1	2	1	
● <i>Aeolus bimucronatus</i> Champion, 1895				1 (2)
* <i>Aeolus melliculus</i> Candèze, 1859				0 (1)
<i>Conoderus</i> Eschscholtz, 1829	5	6	4	
* <i>Conoderus athoides</i> LeConte, 1863				8 (11)
* <i>Conoderus pruinosus</i> Champion, 1895				1 (1)
* <i>Conoderus rodriguezii</i> Candèze, 1881				1 (3)
* <i>Conoderus depressipennis</i> Candèze, 1859				9 (10)
* <i>Conoderus nocturnus</i> Candèze, 1859				1 (3)
<i>Conoderus</i> sp.				2 (2)
<i>Heteroderes</i> Latreille, 1834	-	1	-	
* <i>Heteroderes gibbulus</i> Champion, 1895				0 (1)
TRIBU Hemirhipini Candèze 1857				
<i>Chalcolepidius</i> Eschscholtz, 1829	2	2	2	
<i>Chalcolepidius lacordairii</i> Candèze, 1857				2 (2)
<i>Chalcolepidius attenuatus</i> Erichson, 1841				4 (4)
<i>Alaus</i> Eschscholtz, 1829	2	2	1	
<i>Alaus sericeus</i> Casari, 2003				1 (1)
<i>Alaus calcaripilosus</i> Casari, 1996				4 (4)
SUBFAMILIA Cardiophorinae Candèze, 1859				
<i>Cardiophorus</i> Candèze, 1860	1	1	1	
* <i>Cardiophorus aptopoides</i> Candèze, 1865				5 (5)
<i>Esthesopus</i> Eschscholtz, 1829	5	4	3	
* <i>Esthesopus hepaticus</i> Eschscholtz, 1829				5 (5)
* <i>Esthesopus brevisculus</i> Champion, 1896				3 (4)
* <i>Esthesopus atripennis</i> Candèze, 1860				2 (2)
<i>Esthesopus</i> sp.				
<i>Horistonotus</i> Candèze, 1860	2	1	1	
* <i>Horistonotus mixtus</i> Champion, 1895				2 (6)
SUBFAMILIA Semiotinae Jakobson, 1913				
<i>Semiotus</i> Eschscholtz, 1829	1	1	1	
<i>Semiotus ligneus</i> Linnaeus, 1758				4 (6)
SUBFAMILIA Cebrioninae Latreille, 1802				
<i>Scaptolenus</i> LeConte, 1854	2	2	2	
● <i>Scaptolenus fulvus</i> Chevrolat 1874				1 (5)
<i>Scaptolenus</i> sp.				2 (2)
SUBFAMILIA Lissominae Laporte, 1835				
<i>Drapetes</i> Redtenbacher, 1849	2	1	1	
* <i>Drapetes</i> sp.				2 (2)
<i>Lissomus</i> Dalman, 1824	1	1	1	
* <i>Lissomus</i> sp.				1 (1)
SUBFAMILIA Elaterinae Leach, 1815				
TRUBU Agriotini Laporte, 1840				
SUBTRIBU Agriotina Laporte, 1840				
<i>Agriotes</i> Eschscholtz, 1829	-	1	-	0 (1)

Tabla 1 (continuación)

Especies	Evidencia molecular (2% DG) (Spp.)	Evidencia morfológica (SPP)	Número de congruencias (Spp.)	Número de ejemplares sec. por Spp.
* <i>Agriotes mixtus</i> Champion, 1896 TRIBU Physorhinini Candèze, 1859				0 (1)
<i>Anchastus</i> LeConte, 1853	1	3	1	
● <i>Anchastus seminiger</i> Champion, 1895				2 (2)
<i>Anchastus</i> sp. 1				0 (1)
<i>Anchastus</i> sp. 2				0 (1)
TRIBU Dicrepidini Thomson, 1858				
<i>Dicrepidius</i> Eschscholtz, 1829	1	2	2	
* <i>Dicrepidius serraticornis</i> Champion, 1894				2 (2)
* <i>Dicrepidius corvinus</i> Candèze, 1859				3 (4)
<i>Dipropus</i> Germar, 1839	2	3	2	
● <i>Dipropus atricornis</i> Champion, 1895				1 (2)
<i>Dipropus</i> sp. 2				1 (3)
<i>Dipropus</i> sp. 1				4 (13)
TRIBU Elaterini Leach, 1815				
<i>Diplostethus</i> Schwarz, 1907	1	1	1	
* <i>Diplostethus medirianus</i> Champion, 1895				8 (13)
<i>Orthostethus</i> Lacordaire, 1857	1	1	1	
* <i>Orthostethus piceus</i> Candèze, 1853				8 (9)
TRIBU Melanotini Candèze, 1859				
<i>Melanotus</i> Eschscholtz, 1829	1	1	1	
* <i>Melanotus rugulipennis</i> Champion, 1895				2 (2)
TRIBU Physorhinini Candèze, 1859				
<i>Physorhinus</i> Germar, 1840	1	1	1	
* <i>Physorhinus distigma</i> Candèze, 1859				2 (2)
TRIBU Megapenthini Gurjeva, 1973				
<i>Megapenthes</i> Kiesenwetter, 1863	4	5	1	
● <i>Megapenthes bicarinatus</i> Lewis, 1894				2 (4)
* <i>Megapenthes mexicanus</i> Champion, 1895				6 (6)
* <i>Megapenthes cincticollis</i> Champion, 1895				0 (1)
* <i>Megapenthes longicornis</i> Schaeffer, 1926				2 (8)
● <i>Megapenthes texanus</i> Becker, 1971				0 (2)
SUBFAMILIA Thylacosterninae Fleutiaux, 1920				
<i>Thylacosternus</i> Bonvouloir, 1870	-	1	-	
* <i>Thylacosternus</i> sp.				0 (1)
TOTAL=	38	46	30	114 (169)

(1 sp.), *Dipropus* (1 sp.), *Esthesopus* (1 sp.) y *Anchastus* (2 spp.). Entre las incongruencias encontradas con evidencia morfológica y molecular, algunas especies delimitadas con caracteres de morfología externa y genitales de machos aparecieron fusionadas con evidencia molecular. Tal es el caso de *C. athoides* y *C. depressipennis* (Candèze, 1859), cuyos ejemplares secuenciados aparecieron con distancias genéticas muy bajas (hasta 0.5%). La evidencia molecular también muestra que *Dipropus atricornis* y *Dipropus* sp. 2 representan una misma especie, con una divergencia genética de 0.1%. Por otra parte, la información molecular separó a los 2 organismos asignados a *Horistonotus mixtus* Champion, 1895 y a los 2 asignados a *E. atripennis* Candèze, 1860 en 2 especies distintas cada una, con una divergencia genética entre ellas de 23.9 y 24.8%, respectivamente, mientras que *Drapetes* sp. resultó dividida en 2 especies, con una divergencia genética observada de 17.5% entre sus 2 ejemplares secuenciados.

Durante las salidas al campo se observó que los especímenes de algunas especies y géneros se recolectaron específicamente con algún tipo de trampa. Por ejemplo, *Semiotus ligneus* Linnaeus, 1767 y *Vesperelater occidentalis* (Champion, 1896) se recolectaron únicamente con trampas de atracción luminosa

(luz blanca). Las especies de *Conoderus* se recolectaron solo con luz negra y trampas Malaise, mientras que *Chalcolepidius lacordairii* Candèze, 1857 y *C. attenuatus* Erichson, 1841 se recolectaron siempre de manera directa. *Rismethus scobinula* (Candèze, 1857), así como las especies de *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829, *Megapenthes* Kiesenwetter, 1858, *Thylacosternus* Bonvouloir, 1875, *Drapetes* Redtenbacher, 1849 y *Esthesopus* Eschscholtz, 1829 se recolectaron con red aérea en los arbustos localizados a los lados de los caminos y arroyos. El empleo de diferentes tipos de trampas maximizó la obtención de especies de elateridos.

Discusión

Riqueza de especies de Elateridae

Las Elateridae poseen gran variedad de hábitos alimentarios, lo que se expresa en la gran riqueza de especies y especialización en tamaños, ornamentaciones, estructuras morfológicas en antenas y patas, así como coloraciones corporales (Zurita-García et al., 2014), lo que les ha permitido que se encuentren en gran variedad de ecosistemas, altitudes y en casos extremos

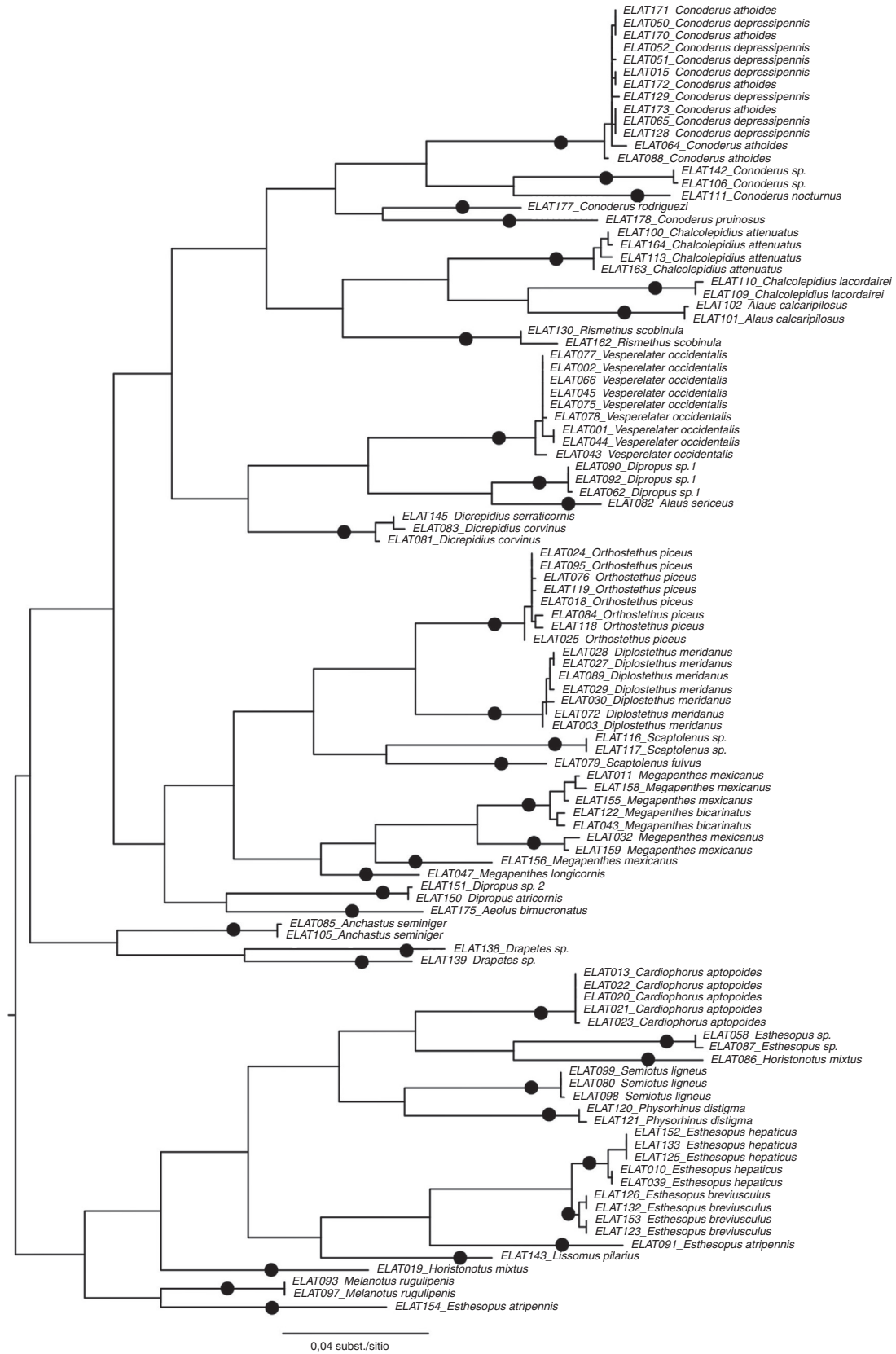


Figura 3. Fenograma obtenido mediante el método de Neighbor-joining empleando secuencias del gen *COI*. Los círculos negros representan las especies delimitadas con el criterio de 2% de divergencia genética.

Tabla 2

Porcentajes de divergencia genética del *locus* del código de barras (*COI*) para las 27 especies de Elateridae con más de un ejemplar secuenciado.

Especie	DG%
<i>Alaus calcaripilosus</i>	0.1
<i>Anchastus seminiger</i>	0.1
<i>Cardiophorus aptopoides</i>	0-0.1
<i>Chalcolepidius attenuatus</i>	0-0.6
<i>Chalcolepidius lacordairei</i>	0.3
<i>Conoderus athoides</i>	0-0.3
<i>Conoderus depressipennis</i>	0-0.5
<i>Conoderus</i> sp.	0.1
<i>Drapetes</i> sp.	17.5
<i>Dicrepidius corvinus</i>	0.2
<i>Dicrepidius meridianus</i>	0.2
<i>Dipropus</i> sp. 1	0
<i>Diplostethus meridanus</i>	0-0.2
<i>Esthesopus atripennis</i>	24.8
<i>Esthesopus brevisculus</i>	0-0.4
<i>Esthesopus hepaticus</i>	0-0.9
<i>Esthesopus</i> sp.	0.2
<i>Horistonotus mixtus</i>	23.9
<i>Megapenthes bicarinatus</i>	0.6
<i>Megapenthes mexicanus</i>	0.1-11.9
<i>Melanotus rugulipennis</i>	0
<i>Orthostethus piceus</i>	0-0.2
<i>Physorhinus distigma</i>	0.1
<i>Rismethus scobinula</i>	0.1
<i>Scaptolenus</i> sp.	0
<i>Semiotus ligneus</i>	0-0.1
<i>Vesperelater occidentalis</i>	0-0.4

en condiciones desfavorables como sequías extremas utilizando microclimas (Deloya y Ordóñez, 2006). Sin embargo, el conocimiento taxonómico de esta familia es aún escaso. Durante los últimos 50 años, los trabajos realizados en México se han restringido a algunas zonas, y principalmente se ha enfocado a la revisión de material depositado en pocas colecciones entomológicas.

Con respecto a los estudios faunísticos para Elateridae en América, los trabajos se han restringido a ciertas zonas de estudio asociadas con los sitios visitados por los especialistas (Aguirre, 2009; Aguirre, Carrejo y Pardo-Locarno, 2010; Arias, 2000, 2013; Arias y Elgueta, 2012; Becker, 1966, 1979; Casari, 2002a,b; Champion., 1894-1896; Correa, Casari y Mermudes, 2011; Costa, Vanin y Casari, 1988; Lawrence y Arias, 2009; Silva, De Faria e Silva, Boieiro, Aguiar y Serrano, 2006; Rosa y Costa, 2009; Stibick, 1979). Estos estudios generalmente se han basado en caracteres de morfología externa en adultos, aunque algunos trabajos han empleado caracteres de morfología interna, incluyendo caracteres de eдеagos y placas genitales de hembras, así como caracteres larvales (p. ej., Cate, 2007; Sánchez-Ruiz y Löbl, 2007). El presente trabajo representa el primer estudio faunístico para Elateridae que emplea evidencia de morfología interna y externa en adultos, además de evidencia molecular para tomar decisiones en la delimitación de especies.

Delimitación de especies

El empleo del criterio de 2% DG se ha cuestionado, ya que asume que las tasas de sustitución del gen *COI* varían de

manera uniforme en el tiempo en todos los taxones animales (Papadopoulou, Anastasiou y Vogler, 2010). No obstante, este procedimiento se emplea con frecuencia para la determinación de unidades taxonómicas, y ha demostrado ser una herramienta útil para la identificación de especies en la mayoría de los grupos de animales (Hajibabaei, Singer, Hebert y Hickey, 2007; Hebert, Cywinska, Ball y DeWaard, 2003a, b; Jones, Ghoorah y Blaxter, 2011). En particular, se ha observado que este criterio es útil para delimitar más del 95% de especies en estudios de varios grupos de insectos, incluyendo coleópteros (Chang et al., 2012). Actualmente, el uso de herramientas moleculares, incluyendo el *locus* del código de barras de la vida, ayuda a la toma de decisión para la delimitación de especies, ya que en ocasiones algunas especies no son morfológicamente diferenciables o solo presentan variaciones morfológicas que no serían referentes para la delimitación de especies. Por ejemplo, Etzler, Wanner, Morales-Rodríguez y Ivie (2014) utilizaron secuencias de *COI* para asociar estadios larvales de elatéridos del género *Selatosomus* Stephens, 1830 de importancia económica, los cuales son difíciles de determinar como especie. Basándose en sus resultados, los autores concluyeron que *S. destructor* Brown, 1935 es una especie distinta a *S. aeripennis* Kirby, 1837, ambas consideradas con problemas de delimitación taxonómica.

Con respecto a las incongruencias observadas entre la información morfológica y molecular para la delimitación de especies, estas podrían deberse a que la evidencia morfológica no esté bien sustentada, tomando en cuenta que posiblemente se han tomado caracteres taxonómicos poco útiles. Otra posible explicación es la existencia de diversidad críptica aún no descubierta, en donde la evolución morfológica con base en los caracteres diagnósticos podría ser lenta (Ornelas-García, Domínguez-Domínguez y Doadrio, 2008). Las incongruencias obtenidas entre la información morfológica y molecular apoyan la idea de que la evidencia taxonómica no debe estar basada únicamente en un tipo de carácter en casos problemáticos. En lo que se refiere a la evidencia molecular, la evidencia que otorga el gen *COI* puede verse afectada por fenómenos intrínsecos al genoma mitocondrial, tales como la separación incompleta de linajes o hibridación (Funk y Omland, 2003). Estos fenómenos pueden afectar la estructura de las topologías obtenidas con distintos métodos de reconstrucción filogenética, y causan que las especies aparezcan como parafiléticas empleando genes mitocondriales. Esto resalta la importancia de combinar distintos tipos de evidencia (p. ej. información morfológica, molecular, ecológica, etológica, ambiental, etc.) con un enfoque integrador (Padial, Miralles, De la Riva y Vences, 2010) y de esta manera tener más elementos para corroborar o refutar decisiones taxonómicas.

Con anterioridad a este estudio, solo se había realizado uno faunístico sistemático para Elateridae en México, llevado a cabo en la RBSH, en el estado de Morelos (Zurita-García, 2004). La vegetación en dicha reserva también está representada en su mayor parte por BTC. La comparación entre ambas regiones indica que comparten un total de 19 géneros y 6 subfamilias. Una subfamilia, Negastrinae, solo se encontró en la RBSH (fig. 4); 3 géneros fueron exclusivos para la RBSH (*Meristhus* Candèze, 1857, *Aptopus* Eschscholtz, 1829 y *Paradonus* Stibick, 1971), y

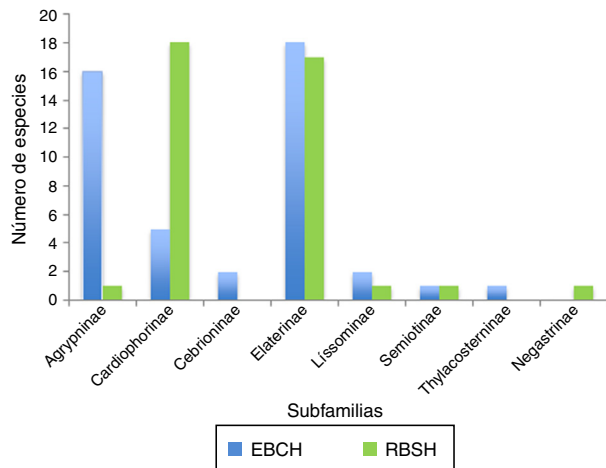


Figura 4. Comparación de la riqueza de especies de elateridos por subfamilia presentes en la Reserva de la Biosfera Sierra de Huautla (RBSH) y en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco (EBCH).

3 para la EBCH (*Orthostethus* Lacordaire, 1857, *Agriotes* Eschscholtz, 1829 y *Cardiophorus* Eschscholtz, 1829). A diferencia del trabajo realizado en la RBSH, para el presente estudio se consideró que Cebrioninae (*Scaptolenus*) y Thylacosterninae (*Drapetes* y *Thylacosternus*) eran subfamilias de Elateridae.

Agradecimientos

A Santiago Zaragoza, Adolfo Ibarra y Oscar Pérez por su ayuda para realizar el trabajo de campo, a Carlos Pedraza por su asesoría en el trabajo de laboratorio y el análisis de la información molecular, a Andrea Jiménez y Laura Márquez por la ayuda prestada en el laboratorio, a Cristina Mayorga y Guillermina Ortega por su apoyo en el trabajo realizado en la CNIN y a Susana Guzmán por la asistencia técnica en las fotografías digitales. Este estudio formó parte de la tesis de licenciatura de E. O. M. L., como parte de un proyecto de A. Z. R. financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt; Red temática del código de barras de la vida).

Referencias

Aguirre, T. M. P. (2009). Clave para los géneros conocidos y esperados de Elateridae Leach 1815 (Coleoptera: Elateroidea) en Colombia. *Boletín del Museo de Entomología de la Universidad del Valle*, 10, 25–35.

Aguirre, T. M. P., Carrejo, N. S. y Pardo-Locarno, L. C. (2010). Listado de los géneros de Elateridae (Coleoptera: Elateroidea) del Valle del Cauca, Colombia. *Biota Colombiana*, 11, 13–22.

Arias, E. T. (2000). *Coleópteros de Chile*. Santiago: Digitart.

Arias, E. T. (2013). *Tunon*, a new genus of Protelaterini (Elateridae: Lissominae) from southern Chile. *Pan-Pacific Entomologist*, 89, 159–167.

Arias, E. T. y Elgueta, M. (2012). Catalogue of Chilean Elateridae. *Annales Zoologici, Polish Academy of Sciences*, 62, 643–663.

Becker, E. B. (1966). A new species of *Hypolitus* from the southwestern United States (Coleoptera: Elateridae). *The Canadian Entomologist*, 98, 204–206.

Becker, E. B. (1973). A new species of *Ctenicera* from southern California and re-evaluation of the differences between the Nearctic species of *Esthesopus* and *Horistonotus* (Coleoptera: Elateridae). *The Canadian Entomologist*, 105, 1529–1534.

Becker, E. B. (1979). Notes on some New World and Palearctic species formerly in *Athous* Eschscholtz and *Harminius* Fairmaire with new synonymies (Coleoptera: Elateridae). *The Canadian Entomologist*, 11, 401–415.

Bouchard, P., Bousquet, A. E., Davies, A. E., Alonso-Zarazaga, M. A., Lawrence, J. F., Lyal, C. H. C., et al. (2011). Family-group names in Coleoptera (Insecta). *ZooKeys*, 88, 1–972.

Casari, S. A. (2002a). Review of the genus *Chalcolepidius* Eschscholtz, 1829 (Coleoptera, Elateridae, Agrypninae). *Revista Brasileira de Entomologia*, 46, 263–428.

Casari, S. A. (2002b). *Catelanus* and *Fusimorphus* (Coleoptera, Elateridae, Agrypninae). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*, 92, 85–96.

Casari, S. A. (2002c). Larvae of *Alaus myops*, *A. oculus*, *Chalcolepidius porcutus*, *Hemerhipus apicalis* and generic larval characterization (Elateridae, Agrypninae, Hemirhipini). *Iheringia, Série Zoologia, Porto Alegre*, 92, 93–110.

Cate, P. C. (2007). Elateridae. En I. Löbl y A. Smetana (Eds.), *Catalogue of Palearctic Coleoptera* (Vol. 4) (pp. 89–209). Stenstrup, Dinamarca: Apollo Books.

Ceballos, G. y García, A. (1995). Conserving neotropical biodiversity: the role of dry forest in western Mexico. *Conservation Biology*, 9, 1349–1356.

Champion, G. C. (1894–1896). Elateridae. En F. D. Godman y O. Salvin (Eds.), *Biologia Centrali-Americana. Insecta: Coleoptera. Serricornia, Vol. 3, part 1* (pp. 258–584). Londres: Taylor & Fancis.

Chang, H., De-Jun, H., Rong-Tang, X., Yong, L., Lu, Q., Yu-Lin, A., et al. (2012). DNA barcoding based on the mitochondrial COI gene sequences for *Ips* species (Coleoptera: Scolytidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55, 1072–11081.

Correa, V. A., Casari, S. A. y Mermudes, J. R. M. (2011). Inventário de Elateridae (Coleoptera) de Vila Dois Rios (Ilha Grande, Angra dos Reis, Rio de Janeiro). *Biota Neotropica*, 11, 291–297.

Costa, C., Vanin, S. A. y Casari, S. A. (1988). *Larvas do Coleoptera do Brasil*. São Paulo: Museo de Zoologia, Universidade de São Paulo.

Costa, C., Lawrence, J. F. y Rosa, S. P. (2010). Elateridae Leach, 1815. En R. A. B. Leschen, R. G. Beutel, y J. F. Lawrence (Eds.), *Handbook of Zoology, Vol. IV, Arthropoda: Insecta, Coleoptera, Beetles. Vol. 2. Evolution and Systematics (Polyphaga Part)* (pp. 75–103). Jena, Turingia, Alemania: Universidad Friedrich Schiller.

Deloya, C. y Ordóñez, R. M. M. (2006). Escarabajos (Insecta: Coleoptera). Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz. *Neotropical Entomology*, 9, 123–134.

Dirzo, R. y Ceballos, G. (2010). Las selvas secas de México: un reservorio de biodiversidad y laboratorio viviente. En G. Ceballos, L. Martínez, A. García, E. Espinoza, J. Bezaury-Creel, y R. Dirzo (Eds.), *Diversidad, amenazas y áreas prioritarias para la conservación de las selvas secas del Pacífico de México* (pp. 13–17). Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica/Conabio.

Etzler, F. E., Wanner, K. W., Morales-Rodríguez, A. y Ivie, M. A. (2014). DNA barcoding to improve the species-level management of wireworms (Coleoptera: Elateridae). *Journal of Economic Entomology, Entomological Society of America*, 14, 1476–1485.

Flores, V. O. y Gerez, P. (1994). *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo* (2 Ed.). Ciudad de México: Conabio/UNAM.

Funk, D. J. y Omland, K. E. (2003). Species-level paraphyly: frequency, causes, and consequences, with insights from animal mitochondrial DNA. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 34, 397–423.

Hajibabaei, M., Singer, G. A. C., Hebert, P. D. y Hickey, N. D. A. (2007). DNA barcoding: how it complements taxonomy, molecular phylogenetics and population genetics. *Trends in Genetics*, 23, 167–172.

Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L. y DeWaard, J. R. (2003). Biological identification through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270, 313–321.

Hebert, P. D. N., Penton, E. H., Burns, J. M., Janzen, D. H. y Hallwachs, W. (2004). Ten species in one: DNA barcoding reveals cryptic species in the Neotropical skipper butterfly *Astraptes fulgerator*. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101, 14812–14817.

Hebert, P. D. N., Ratnasingham, S. y deWaard, J. R. (2003). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270, 596–599.

- Janzen, D. H. (1988). Tropical dry forest: the most endangered major tropical ecosystem. En E. O. Wilson (Ed.), *Biodiversity* (137). Washington, D.C.: National Academy Press.
- Johnson, P. J. (2002). Family 58. Elateridae Leach 1815. En R. J. R. Arnett, C. M. Thomas, P. E. Skelley, y J. H. Frank (Eds.), *American beetles. Volume 2: Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea* (pp. 160–173). Boca Raton: CRC Press.
- Jones, M., Ghoorah, A. y Blaxter, M. (2011). jMOTU and Taxonator: turning DNA barcode sequences into annotated operational taxonomic units. *PLoS ONE*, *6*, 19259.
- Kimura, M. (1980). A simple method for estimating evolutionary rates of base substitutions through comparative studies of nucleotide sequences. *Journal of Molecular Evolution*, *16*, 111–120.
- Lawrence, J. F. y Arias, E. T. (2009). *Valdivelater*, a new genus of Protelaterini (Elateridae: Lissominae) from the forests of central and southern Chile. *Annales Zoologici*, *59*, 319–328.
- Martínez-Luque, E. O. (2014). *Estudio faunístico de la familia Elateridae (Insecta: Coleoptera) en la Estación de Biología Chamela, Jalisco, México*. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Martins-Da Silva, P., De Faria-e Silva, I., Boieiro, M., Aguiar, C. A. S. y Serrano, A. R. M. (2006). New records of saproxylic beetles (Coleoptera: Elateridae, Mycetophagidae, Melandryidae and Colydiidae) from Portugal. *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*, *39*, 377–379.
- Muona, J. (1995). The phylogeny of Elateroidea (Coleoptera), or which tree is best today? *Cladistics*, *11*, 317–341.
- Murphy, P. G. y Lugo, A. E. (1995). Dry forest of Central America and the Caribbean. En S. H. Bullock, H. A. Money, y E. Medina (Eds.), *Seasonally dry tropical forest* (pp. 9–34). Cambridge: Cambridge University Press.
- Noguera, F. A., Vega-Rivera, H. J., García-Aldrete, A. N. y Quesada-Avenidaño, M. (2002). *Historia natural de Chamela*. Ciudad de México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Noguera, F. A., Zaragoza-Caballero, S., Rodríguez-Palafox, A., González-Soriano, E., Ayala, R. y Ortega-Huerta, A. (2012). Cerambícidos (Coleoptera: Cerambycidae) del bosque tropical caducifolio en Santiago Dominguillo, Oaxaca, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *83*, 611–622.
- Ornelas-García, C. P., Domínguez-Domínguez, O. y Doadrio, I. (2008). Evolutionary history of the fish genus *Astyanax* Baird y Girard (1854) (Actinopterygii, Characidae) in Mesoamerica reveals multiple morphological homoplasies. *BioMed Central Evolutionary Biology*, *8*, 340.
- Padial, J. M., Miralles, A., De la Riva, I. y Vences, M. (2010). The integrative future of taxonomy. *Frontiers in Zoology*, *7*, 1–14.
- Papadopoulou, A., Anastasiou, I. y Vogler, A. P. (2010). Revisiting the insect mitochondrial molecular clock: the mid-aegean trench calibration. *Molecular Biology and Evolution*, *27*, 1659–1672.
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. Ciudad de México: Editorial Limusa.
- Rzedowski, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botanica Mexicana*, *14*, 3–21.
- Rosa, S. P. y Costa, C. (2009). *Metapyrophorus pharolim* a new genus and species of Pyrophorini (Coleoptera, Elateridae, Agrypninae). *Revista Brasileira de Entomologia*, *53*, 45–48.
- Sánchez-Ruiz, A. y Löbl, I. (2007). Cebriionidae. En I. Löbl y A. Smetana (Eds.), *Catalogue of Palaearctic Coleoptera* (Vol. 4) (pp. 89–95). Stenstrup, Dinamarca: Apollo Books.
- Smith, M. A., Rodríguez, J. J., Whitfield, J. M., Deans, R. A., Janzen, D. H., Hallwachs, W., et al. (2008). Extreme diversity of tropical parasitoid wasp exposed by iterative integration of natural history, DNA barcoding, morphology, and collections. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, *105*, 12359–12364.
- Stibick, J. N. L. (1979). Classification of the Elateridae (Coleoptera): relationships and classification of the subfamilies and tribes. *Pacific Insects*, *20*, 145–186.
- Toledo, V. M. y Ordoñez, J. M. (1993). The biodiversity scenario of Mexico: a review of terrestrial habitats. En T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot, y J. Fa (Eds.), *Biological diversity of Mexico: origins and distribution* (pp. 757–777). New York: Oxford University Press.
- Varela-Espinosa, L. (2005). *Estructura y composición de una selva baja caducifolia en su límite norte de distribución: sierra San Javier, Sonora*. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Vahtera, V., Jyrki, M. y Lawrence, J. F. (2009). Phylogeny of the Thylacosterninae (Coleoptera, Elateridae). *Cladistics*, *25*, 147.
- Wells, S. A. (2000). Two new species of *Horistonotus* Candeze (Coleoptera: Elateridae), new synonymies, and a key to the species of the United States and Canada. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, *102*, 412–420.
- Zaragoza-Caballero, S. (2000a). Cantharoidea (Coleoptera) de México. IV. Nuevos *Photinus* (Lampyridae) del estado de Morelos. *Dugesiana*, *7*, 1–17.
- Zaragoza-Caballero, S. (2000b). Cantharoidea (Coleoptera) de México. VI. Un nuevo género y una nueva especie de Lampyridae del estado de Morelos. *México. Dugesiana*, *7*, 19–22.
- Zaragoza-Caballero, S. (2002). Cantharoidea of México V. Two new species of *Pleotomus* LeConte (Insecta: Coleoptera: Lampyridae: Pleotomini). *Reichenbachia*, *34*, 325–332.
- Zaragoza-Caballero, S., Noguera, F. A., Chemsak, J. A., González-Soriano, E., Rodríguez-Palafox, A., Ramírez-García, E. y Ayala, R. (2003). Diversity of Lycidae, Phengodidae, Lampyridae and Cantharidae (Coleoptera) in a tropical dry forest region in México: Sierra de Huautla, Morelos. *Pan-Pacific Entomologist*, *79*, 23–37.
- Zaragoza-Caballero, S. y Ramírez-García, E. (2009). Diversidad de Cantharidae, Lampyridae, Lycidae, Phengodidae y Telegeusidae (Coleoptera: Elateroidea) en un bosque tropical caducifolio de la sierra de San Javier, Sonora, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *80*, 675–686.
- Zurita-García, M. L. (2004). *La familia Elateridae en la Reserva de la Biosfera, CEAMISH, Morelos, México*. Tesis. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Zurita-García, M. L. (2007). *Sistemática de la subtribu Agriotina (Coleoptera: Elateridae: Elaterinae)*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.
- Zurita-García, M. L., Johnson, P. y Zaragoza-Caballero, S. (2014). Biodiversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, *84*, 303–311.