

COMPARACIÓN DE DIVERSIDAD α Y β DE CURCULIONIDAE (COLEOPTERA) EN HOJARASCA ENTRE TRES BOSQUES DE ENCINO EN QUERÉTARO, MÉXICO

✉ **Robert Wallace Jones***, Yolanda Bizuet-Flores, Jesús Luna-Cozar, Rubén Pineda-López, y Gabriel Sencial.

Facultad de Ciencias Naturales, Universidad Autónoma de Querétaro, Avenida de las Ciencias, s/n, Juriquilla, Qro.

✉ Correo: *rjones@uaq.mx

RESUMEN: La riqueza y diversidad α y β de Curculionidae (Coleoptera) en hojarasca fueron comparadas en tres bosques de encino en Querétaro, México. Un total de 1366 individuos fueron colectados en 636 muestras en 3 especies y 94 morfoespecies. Los estimadores de riqueza Chao2 y Jackknife1 indicaron que 76% de los curculionidos fueron muestreados. La diversidad β fue elevada en el sistema (92.65% del total) encontrándose principalmente a nivel de los sitios en donde menos del 40% de las especies estaban compartidas entre sitios. La alta riqueza de especies y nivel de endemismos de Curculionidae de la hojarasca muestreados en el presente estudio es comparable a otros estudios de esta familia en el sur de México y Centro América. La mayoría de las especies de Curculionidae que habitan la hojarasca, por su elevado endemismo, puede ser considerado como un grupo de Coleoptera altamente amenazado.

Palabras Clave: Biodiversidad, Coleoptera, hojarasca, Curculionidae

Comparison of α and β diversity of Curculionidae in leaf litter in three oak forests in Querétaro, Mexico.

ABSTRACT: Species richness and diversity of Curculionidae (Coleoptera) in leaf litter was compared among three oak forests in the state of Querétaro, Mexico. A total of 1366 individuals were collected from 636 samples placed in 3 species and 94 morphospecies. The richness estimators, Chao2 and Jackknife 1 indicated that more than 76% of the curculionids were sampled. The β diversity in the system was high (92.65% of the total) and this was principally found at the level of sites where less than 40% of the species were shared between sites. The elevated richness and endemism of the species of Curculionidae in leaf litter found in the present study is comparable to other studies of the family from southern Mexico and Central America. The majority of the species of highly endemic Curculionidae inhabiting leaf litters, as for the other associated invertebrates in this niche, can be considered a highly threatened group of Coleoptera.

Key words: Biodiversity, Coleoptera, leaf litter, Curculionidae

INTRODUCCIÓN

El bosque de encino es un tipo de vegetación dominante en las zonas templadas de México y Centro América (Rzedowski 1978, Challenger 1998). Estos bosques generalmente se distribuyen en regiones montañosas y mantienen una alta diversidad de organismos, así como un elevado índice de endemismo entre sitios (Rzedowski 1993, Peterson *et al.* 1993, Williams-Linera *et al.*, 2002). La familia Curculionidae (Coleoptera) asociada a hojarasca es uno de los grupos taxonómicos con una alta diversidad y endemismo en los bosques de encinos en México y Centro América (Anderson y O'Brien 1996, Anderson y Ashe 2000, Luna-Cozar 2005, Jones *et al.* 2008, Anderson 2010, Luna-Cozar *et al.* 2014). La riqueza de especies de Curculionidae asociados a la hojarasca, así como el nivel de desconocimiento taxonómico de ellos es considerable. En Honduras, Anderson y Ashe (2000) encontraron una gran diversidad de especies de coleópteros (>500 especies no descritas), de las cuales 292 especies fueron pertenecientes a la familia Curculionidae. En México, en un remanente de

bosque mesófilo de 135 hectáreas en el estado de Chiapas, Jones *et al.* (2008) y Luna-Cozar (2005), reportaron un total de 56 especies de Curculionidae, del cual, más del 90% del total de las especies no habían sido descritas.

Debido a lo anterior, se identifican dos aspectos importantes en cuanto a la riqueza y diversidad de curculiónidos de hojarasca se refiere. Uno de éstos indica que el conocimiento taxonómico que se tiene de este grupo es aún incipiente con la mayoría de las especies en los géneros típicas de hojarasca por describir (Anderson y Ashe 2000, Luna-Cozar *et al.* 2014). El otro aspecto sugiere que tenemos poco conocimiento acerca de los patrones de diversidad de Curculionidae asociados a la hojarasca en el centro y norte de México, no existiendo estudios referentes al arreglo de la diversidad entre diferentes regiones. Es por esto, que el objetivo general del presente trabajo es determinar y comparar la riqueza y diversidad de especies de Curculionidae (Coleoptera) que habitan en la hojarasca de bosques de encino en tres regiones del estado de Querétaro, para corroborar que la diversidad y endemismo de esa familia presentan patrones similares a los del sur de México representando un hábitat de una alta riqueza de especies desconocidas.

MATERIALES Y MÉTODO

Se efectuaron colectas en tres sitios de bosques templados dentro del estado de Querétaro: 1) 2.5 km SE de Laguna Servín, en el municipio de Amealco de Bonfil, 2) de 1.5 km NE del pueblo de Pinal de Amoles, y 3) 0.5 km NE de San Joaquín en el municipio de San Joaquín (Cuadro 1). El clima en los tres sitios es templado subhúmedo (INEGI 2015), con elevaciones entre 2300 a 2600 msnm, y la vegetación es categorizada como bosque de *Quercus* (Zamudio *et al.* 1992).

El esfuerzo de colecta fue de 636 muestras totales con 232, 206, y 199 muestras para Laguna Servín, Pinal de Amoles y San Joaquín, respectivamente. Durante cada colecta, hicieron 24 muestras por fecha usando el diseño de Jones *et al.* (2008), que consiste en un arreglo de ocho muestras en forma de cruz separado entre muestras adyacentes de dos metros. La unidad de muestreo consistió en 0.5 m² de hojarasca que se recolectaron hasta el nivel del suelo, la cual se tamizó mediante una red cernidora, y depositando el tamizado en una bolsa de tela con los datos de colecta correspondientes. Cada muestra se procesó en un embudo de Berlese con un foco de 60 W durante tres días, colectándose los ejemplares abajo del embudo en un frasco con 100 ml de alcohol etílico al 70%. Los insectos fueron separados manualmente y colocados en frascos debidamente etiquetados, posteriormente los especímenes fueron montados en alfileres y etiquetados para su identificación a especie o morfoespecies usando claves y descripciones de Champion (1906-1909a, 1906-1909b), Sharp y Champion (1889-1911), O'Brien (1972), Horsley (2009), Anderson (2010), Luna-Cozar *et al.* (2014), Anderson (2012), y comparando con material determinado depositado en la Colección Entomológica de la UAQ (UAQE), la revisión de las distribuciones de las especies y géneros fue consultando O'Brien y Wibmer (1986) y Anderson y O'Brien (1996).

Una vez que la información de cada individuo fue capturada con sus respectivos datos de colecta (fecha, sitio, cruz y muestra), y morfoespecie, se llevaron a cabo análisis para estimar y comparar la diversidad entre sitios: la riqueza de especies, la diversidad, abundancia y los coeficientes de similitud (Jaccard's) usando los programas EstimateS Win820 (Colwell R. K., 2013), y PAST versión 2.13 (Hammer *et al.*, 2001). Se realizó un análisis de agregación usando el índice de agrupación para determinar el patrón de distribución espacial (David y Moore 1954). Se efectuó un análisis de partición de la diversidad beta para cuantificarla en tres niveles espaciales: muestras, cruces y sitios de muestreo, utilizando el modelo de partición aditiva:

Diversidad total (gamma) = α muestra promedio + β trampa + β cruz (8 muestras) + β sitio

Cuadro 1. Ubicación de los sitios de colecta de hojarasca en el estado de Querétaro.

Municipio	Sitio	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)
Amealco de Bonfil	2.5 km SE Laguna Servín	20° 15'	100° 14'	2450
Pinal de Amoles	1.5 km SW Pinal de Amoles	21° 08'	99° 38'	2470
San Joaquín	1.5 km NE San Joaquín	20° 55'	99° 33'	2400

Para esto, se examinaron 211 muestras que incluyó 53 cruces en los tres sitios colectados en la siguiente manera: Laguna Servín, 15 cruces y 54 muestras; Pinal de Amoles con 17 cruces y 89 muestras; y San Joaquín con 21 cruces y 68 muestras. El análisis de partición se efectuó utilizando el programa PARTITION 3 (Veech y Crist 2009), con 1000 repeticiones, sin ponderación de datos y con una aleatorización por individuo. Este programa compara los resultados obtenidos con modelos nulos obtenidos por repeticiones aleatorias. Se eligió una *p* significativa menor a 0.025 debido a que este análisis conlleva una prueba de dos colas.

RESULTADOS

En total, se colectaron 1366 individuos en 636 muestras (0.5 m² de hojarasca) en los tres sitios correspondientes a 5 subfamilias y 15 géneros, en los cuales, tres fueron determinadas a especie (3% del total de las especies) y 94 asignadas a morfoespecies, quienes se estima que un mínimo de 75% probablemente son especies no descritas basado en las claves y descripciones presentados en los métodos. El promedio de individuos por muestra fue $2.15 \pm 4.81 / 0.5 \text{ m}^2$ y presentaron una distribución agregada tal como indicó el índice de agrupación (David y Moore 1954) con un valor de 9.77, lo que refleja una distribución no normal (skewness=3.11). Esto sugiere que las especies se están agrupando a recursos o microhábitats específicos en la hojarasca, aunque este aspecto de la investigación no estaba dentro del alcance del presente estudio.

Los géneros colectados e identificados en el presente estudio fueron: CURCULIONINAE: *Oopterinus*; COSSONINAE: *Heptarthrum*; CRYPTORHYNCHINAE: *Acalles*, *Eurhoptus*, *Tylodinus*; ENTIMINAE: *Sciomias*, *Trachyphloeomimus*, *Amphidees*; MOLYTINAE: *Anchonus*, *Conotrachelus*, *Lepilius*, *Microhyus*, *Dioptraphorus*, *Theognete*, y *Lymantes*. Del total de las morfoespecies, 13 de ellas no pudieron ser asignadas a algún género, indicando que existen varios géneros aún sin describir tal y como se ha reportado en otras regiones (Anderson y Ashe 2000, Jones *et al.* 2008). Las especies más comunes fueron: *Eurhoptus* sp. 4 (117 individuos); *Eurhoptus* sp. 1 (114); *Theognete grimblyae* Anderson (112); *Eurhoptus* sp. 5 (84); *Eurhoptus* sp. 54 (84); *Theognete laurente* Anderson (69) y *Lepilius* sp. 1 (69). Del total de las especies, 24 (25% de las especies) estuvieron representadas por 1 individuo (singletons), siete (7%) por únicamente 2 individuos (doubletons), 33 (34%) por 3-10 individuos, 26 (27%) por 11-50 individuos, 4 (4%) por 50-100 individuos, y 3 (3%) especies por más de 100 individuos, indicando que el 31% de las especies de curculiónidos fueron raras.

Los estimadores de riqueza Chao2 y Jackknife 1 arrojaron datos similares, indicando que la riqueza total combinando a los tres sitios son 127.0 y 122.0 especies respectivamente

para cada estimador, sugiriendo que más del 76% de las especies esperadas en los sitios muestreados fueron colectadas (Cuadro 2).

De los tres sitios, Pinal de Amoles tuvo mayor riqueza y diversidad, mientras que Laguna de Servín obtuvo los valores menores (Cuadro 2). El estimador de riqueza, Chao2 indicó que el muestreo de la riqueza de Laguna Servín fue casi completo, mientras para Pinal de Amoles y San Joaquín aún falta más del 20% de las probables especies presentes (Cuadro 2).

Cuadro 2. Abundancia, riqueza y diversidad de los tres sitios muestreados de Curculionidae en hojarasca en el estado de Querétaro.

	Total	Laguna Servín	Pinal de Amoles	San Joaquín
Número de Especies (S)	97	20	73	50
95% confianza (S)	87.0-106.9	17.6 -22.4	64.3-81.7	42.1-53.9
Número Individuos	1366	167	808	391
Promedio / Muestra ¹	2.14	0.720 c	3.941 a	1.96 b
Simpson1-D	0.9606	0.8311	0.9386	0.9223
ShannonH ²	3.712	2.229 c	3.338 a	3.097 b
Estimador Chao 2	127.0	21.2	95.0	57.5
Estimador Jacknife 1	122.0	21.0	94.9	62.9
	76.4-79.5			
% Muestreado	%	94.3%	77.6%	79.5-86.9 %

1/ Promedios con la letra diferente dentro de la fila son significativamente diferente entre sitios (Total no comparado), Kruskal Wallis (H=22.61, $p<0.05$).

2/ Índices con la letra diferente dentro de la fila son significativamente diferente entre sitios (Total no comparado), (Testigo de t , $p<0.01$).

En el análisis de la partición de la diversidad el modelo obtenido fue:

Diversidad total= 4.22 (α) + 5.59 (β , muestras) + 37.52 (β cruces) + 49.67 (β sitios), ($p<0.001$ para todos los valores). Estos datos indicaron que hay una alta diversidad beta en el sistema (92.78), correspondiendo al 92.65% del total de la diversidad (97). La diversidad β se observó principalmente a nivel de sitios, ya que más de la mitad (53.5%) de la diversidad β total (97) se debe a la diferencia de composición de especies entre los sitios muestreados (Pinal de Amoles, San Joaquín y Laguna de Servín). Entre estos sitios, la mayor diferencia se encuentra en Laguna de Servín al encontrarse separada por una mayor distancia de 100 km. Hubo menos de 20% de las especies compartidas entre Laguna Servín y los otros dos sitios (Figura 1). Sin embargo, aunque hay solamente una separación de 25 km entre los sitios en San Joaquín y Pinal de Amoles, comparten menos de 40% de las especies.

La diversidad β tuvo también un componente en la diferencia de composición de especies entre cruces (37.52), que representa un 40.43% de la diversidad beta total. Por otro lado, la diferencia de composición entre muestras de una misma cruz es menor, como es de esperarse para puntos muy cercanos, pero sí presentó valores significativos que indican que a una distancia de pocos metros se pueden encontrar diferencias en composición no aleatorias.

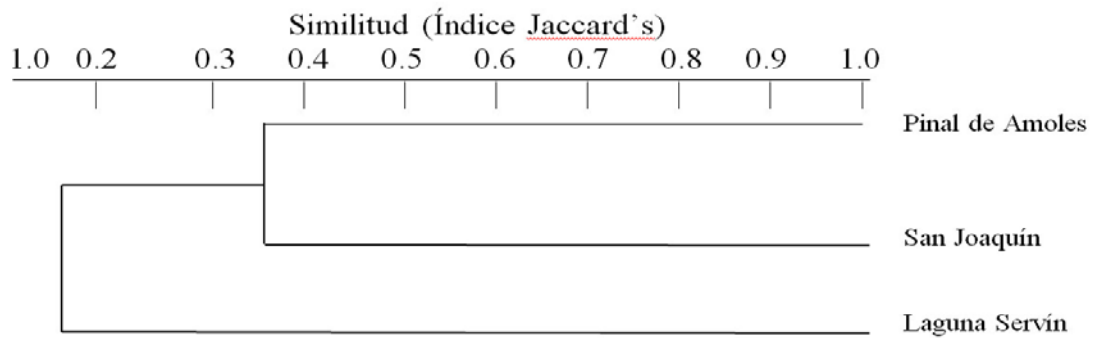


Figura 1. Análisis de similitud en especies de Curculionidae de hojarasca entre tres sitios en el estado de Querétaro usando el índice de similitud de Jaccard's.

DISCUSIÓN

El presente estudio es el primer reporte de diversidad α y β para la familia Curculionidae asociados a hojarasca en bosques templados al norte del Istmo de Tehuantepec, la cual estuvo constituida en total por 3 especies identificadas y 94 morfoespecies (Amealco: 20 spp, San Joaquín: 50 spp, Pinal de Amoles: 73 spp). En base a la literatura consultada, se estima que un mínimo de 75% de las 94 morfoespecies son especies no descritas. Nuestros resultados son similares a estudios previos en el sureste de México (Jones *et al* 2008 y Luna-Cozar 2005) registrando 57 especies en un solo sitio y en Centro América reportando un rango de 21 a 62 especies por sitio de 13 sitios muestreados (Anderson y Ashe 2000). Así mismo, la composición de géneros en nuestro estudio es similar a los reportados para Centroamérica (Anderson y Ashe 2000), y el sureste de México (Jones *et al.* 2008, Luna-Cozar 2005). De estos géneros, *Heptarthrum*, *Tylodinus*, *Trachyphloeomimus*, *Amphidees*, *Lepilius*, *Dioprophorus*, y *Theognete* son restringidos a bosques templados y mesófilos desde México hasta Costa Rica; en cambio *Eurhoptus* y *Lymanthes* se extienden hasta el noreste de EU, y *Anchonus* que se distribuye hasta Sudamérica y el Caribe.

La diversidad β entre sitios también fue alta con 92.65% de la diversidad total que correspondió a las diferencias entre sitios. Hay dos factores particulares de los Curculionidae de hojarasca que favorecen el aislamiento y especiación en los bosques templados de México: 1) su estrecha restricción de estos coleópteros hacia los hábitats de hojarasca de bosques templados, lo cual es evidenciado por las pocas colectas de estos fuera de este microhábitat, y 2) la baja capacidad de dispersión la mayoría de las especies por ser ápteros (Anderson y Ashe 2000, Luna-Cozar 2014, Jones *et al.* 2008). Para este estudio, solo las especies de *Conotrachelus* presentan alas, lo que explica que el 80% de ellas estuvieran presentes en dos o tres sitios, en contraste con las especies de los demás géneros ápteros como *Theognete* que todos fueron restringidos a un solo sitio, así como las especies de la subtribu Tylodina (*Tylodinus* y géneros nuevos cercanos) en el que el 77% fueron restringidos a un solo sitio.

Desde el punto de vista de la biología de la conservación, debido de que las especies de curculiónidos asociados a la hojarasca están restringidos a los microhábitats de la hojarasca y suelo, y que tienen un tamaño pequeño con limitada capacidad para dispersarse desde hábitats degradados a sitios más favorables (Anderson y Ashe 2000, Jones *et al.* 2008), la familia Curculionidae, así como muchos otros invertebrados asociados a la hojarasca de bosques de encino, son vulnerables a la deforestación, procesos de urbanización, extracción forestal (Challenger 1998, Ponce-Reyes *et al.* 2012). Aunado a esto, lo recientes estudios acerca del efecto del cambio climático, sugieren que se agravará este escenario al reducir la superficie de vegetación en sitios ubicados a altitudes mayores, los cuales de por sí ya se encuentran fragmentados (Lawton *et al.* 2001, Ponce-Reyes *et al.* 2012), e incluso en muchos

casos, este efecto de cambio climático eliminará por completo los hábitats apropiados para estos coleópteros aún desconocidos.

AGRADECIMIENTOS

Yolanda Bizuet-Flores recibió una beca de la Maestría de Recursos Bióticos, programa de PNP de CONACYT y parte de financiamiento del proyecto fue realizado con recursos del Fondo para el Fortalecimiento de la Investigación UAQ-2014.

LITERATURA CITADA

- Anderson, R. S. 2010. A taxonomic monograph of the Middle American leaf-litter inhabiting weevil genus *Theognete* Champion (Coleoptera: Curculionidae). *Zootaxa* 2548:1-127
- Anderson, R. S. 2012. The Genus *Lepilius* Champion (Coleoptera: Curculionidae: Molytinae: Conotrachelini) in North America, with Description of a New Species, *Lepilius chisosensis* Anderson, from Big Bend National Park, Texas, U.S.A. *Coleopterists Bulletin* 66(1):67-69
- Anderson, R. S. and O'Brien, C. W. 1996. Curculiónidae (Coleóptera). En: Llorente-Bousquets, García, J. E. y González-Soriano, E. Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento, México. Xvi + 660 pp.
- Anderson, R. S., and 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
- Challenger, A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México. Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, D. F. 847 pp.
- Champion, G. C. 1906-1909a. *Biologia Centrali-Americana*. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Curculioninae., vol 4, pt. 4, pp. i-viii, 1-144 (1902); 145-312 (1903); 313-440 (1904); 441-600 (1905); 601-750 (1906); illus.
- Champion, G. C. 1906-1909b. *Biologia Centrali-Americana*. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Curculioninae., (continuado), vol 4, pt. 5, pp. i-viii, 1-136 (1906); 137-240 (1907); 241-400 (1908); 401-513 (1909); illus., pt 7.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. User's guide and application: <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>
- David, F. N. y P. G. Moore. 1954. Notes on contagious distributions in plant populations. *Annals of Botany* 17: 47-53
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., and P. D. Ryan, 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Elect.* 4(1): 345-349
- INEGI. 2015. Información por entidad. Querétaro. Clima. Entidad <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/clima.aspx?tema=me>
- Horsley, P. J. 2009. Systematics of the genus *Trachyphloeomimus* Champion (Coleoptera: Curculionidae) with a revision of the *T. championi* group. Thesis de Maestría en Ciencias, Department of Natural Resource Science, McGill University, Montreal, Canada

- Jones, R. W., C. W. O'Brien, L. Ruiz-Montoya y B. Gómez-Gómez. 2008. Insect Diversity of Tropical Montane Forests: Diversity and Spatial Distribution of Weevils (Coleoptera: Curculionidae) Inhabiting Leaf Litter in Southern Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 101: 128-139
- Lawton, R. O., U. S. Nair, R. A. Pielke, R. M. Welch. 2001. Climatic impact of tropical lowland deforestation on nearby montane cloud forests. *Science* 294: 584-587
- Luna-Cozar, J. 2005. Distribución, abundancia y diversidad de Curculionidae (Insecta: Coleóptera) de hojarasca en la Reserva Huitepec, Chiapas, México. Tesis de Maestría en Maestría en Recursos Naturales y Desarrollo Rural, El Colegio de la Frontera Sur, San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México. 27 pp.
- Luna-Cozar, J.; R. S. Anderson, R. W. Jones y J. León-Cortés. 2014. A taxonomic monograph of the genus *Tyloclonus* Champion (Coleoptera: Curculionidae: Cryptorhynchinae: Tyloclonina) of Chiapas, Mexico. *ZooTaxa* 3788: 1-63 (ISSN 1175-5326).
- Morón-Ríos, A., V. J. Jaramillo y R. Dirzo. 1997. Species composition of root-feeding macroarthropods in a subalpine grassland associated with pine forest in Mexico. *Canadian Entomologist* 129: 71-80
- O'Brien, C. W. 1972. A review of the Mexican and Central American genus *Trachyphloeomimus*, with new species and new synonymy (Coleoptera: Curculionidae, Otiiorhynchinae). *Coleop. Bull.* 26 : 165-178
- O'Brien, C. W. y G. J. Wibmer. 1982. Annotated checklist of the weevils (Curculionidae sensu lato) of North America, Central America and the West Indies (Coleoptera: Curculionidae). *Mem. Am. Entomol. Inst.* 34: i-ix, 1-382.
- Peterson, A. T., O. A. Flores-Villela, L. S. León-Paniagua, J. E. Llorente-Bousquets, M. A. L. Martínez, A. G. Navarro-Siguenz, M. A. Torres-Chavez y I. Vargas-Fernández. 1993. Conservation Priorities in Mexico: moving up in the World. *Biodiversity Letters* 1: 33-38
- Ponce-Reyes, R., V. H. Reynoso-Rosale, J. E. M. Watson, J. Van der Wal, R. A. Fuller R. L. Pressey, H. P. Possingham. 2012. Vulnerability of cloud forest reserves in Mexico to climate change. *Nature Climate Change* 2: 448-452
- Rzedowski J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 431 p.
- Sharp, D. y G. C. Champion, 1889-1911. *Biologia Centrali-Americana*. Insecta. Coleoptera. Rhynchophora. Curculionidae. Attelabinae, Pterocolinae, Allocoryninae, Apioninae, Thecesterninae, Otiiorhynchinae, vol 4, pt. 3, pp. 1-40 (1889); 41-80 (1890); 81-168 (1891); 169-178 (1911); illus.
- Veech, J.A. and T.O. Crist. 2009. PARTITION: software for hierarchical partitioning of species diversity, version 3.0. <http://www.users.muohio.edu/cristto/partition.htm>
- Williams-Linera, G., R. H. Manson y E. Vera. 2002. La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques* 8(1): 73-89
- Zamudio, S. R., J. Rzedowski, E. Carranza & G. Calderón de Rzedowski. 1992. *La Vegetación en el Estado de Querétaro*. Instituto de Ecología, Centro Regional del Bajío, Pázcuar, Michoacán, 92 pp.