

VALOR INDICADOR DE LAS ESPECIES DE CHRYSOMELIDAE (COLEOPTERA) EN UN GRADIENTE ELEVACIONAL DEL NORESTE DE MÉXICO

Uriel Jeshua Sánchez-Reyes¹✉, Santiago Niño-Maldonado², Ludivina Barrientos-Lozano¹, Fatima Magdalena Sandoval-Becerra¹ e Itzcóatl Martínez-Sánchez³

¹Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, Blvd. Emilio Portes Gil No. 1301, C. P. 87010. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

²Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Ingeniería y Ciencias, Centro Universitario Victoria, C. P. 87149. Cd. Victoria, Tamaulipas, México.

³Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, Unidad Académica Metztlán, Avenida Tepeyacapa S/N, C. P. 43351. Metztlán, Hidalgo.

✉ Autor de correspondencia: uriel_elf3@hotmail.com

RESUMEN. Los miembros de la familia Chrysomelidae son fitófagos, por lo que la presencia de las plantas hospederas es uno de los muchos factores que determinan la composición de especies. Sin embargo, el índice o valor de asociación que presentan los crisomélidos con las comunidades vegetales que se modifican en un gradiente de elevación, no ha sido cuantificado. En este trabajo se utilizaron los datos de abundancia de una comunidad de Chrysomelidae obtenidos en tres pisos elevacionales: selva baja, matorral y bosque de encino-pino, a lo largo del Cañón de la Peregrina, en el estado de Tamaulipas, México. Se encontró una asociación significativa entre la comunidad de crisomélidos y los tipos de vegetación. Mediante el uso del IndVal se designaron 24 especies indicadoras, categorizadas como detectoras o características. Doce especies presentaron un valor indicador significativo, siendo *Brachycoryna pumila* y *Centralaphthona fulvipennis* las que tuvieron el valor más alto.

Palabras clave: Crisomélidos, especies indicadoras, comunidad vegetal, Tamaulipas.

Indicator value of Chrysomelidae (Coleoptera) within an elevation gradient in Northeastern Mexico

ABSTRACT. Members of Chrysomelidae are phytophagous insects, therefore the presence of host plants is one of the main factors that determine species composition. However, the specific association value of leaf beetles to plant communities within an elevation gradient has not been quantified. In this work we used abundance data on Chrysomelidae communities sampled on three elevational sites: low tropical forest, scrub vegetation and oak-pine forest, along the Peregrina Canyon, in the state of Tamaulipas, Mexico. A significant association was found between the leaf beetle community and the vegetation types. Through the use of the IndVal, 24 indicator species were designated. These were categorized as detectors or characteristics. Twelve species presented a significant indicator value, being *Brachycoryna pumila* and *Centralaphthona fulvipennis* the species with the highest value.

Keywords: Leaf beetles, indicator species, vegetal communities, Tamaulipas.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la riqueza y diversidad en los gradientes elevacionales es uno de los temas trascendentales en ecología, ya que el incremento en la elevación origina cambios en las condiciones abióticas microclimáticas que influyen en la distribución de las especies (Hodkinson, 2005), y en la presencia de diferentes comunidades vegetales a lo largo del gradiente. Es por ello que dichas áreas pueden ser utilizadas para evaluar de manera indirecta el efecto potencial del cambio climático sobre los organismos (Sundqvist *et al.*, 2013). No obstante, el impacto antropogénico sobre la vegetación en las áreas naturales, incluyendo los gradientes de elevación, es un factor que pone en riesgo el equilibrio de las interacciones entre las especies.

Una estrategia para evaluar las consecuencias de estas perturbaciones es el uso de especies indicadoras, las cuales son útiles para monitorear cambios ambientales, evaluar la eficacia del

manejo y predecir fenómenos ecológicos (Siddig *et al.*, 2016). Diversos grupos biológicos han sido empleados con este fin, incluyendo plantas, mamíferos, reptiles y aves, así como algunos grupos de invertebrados (Ribera y Foster, 1997; Tejeda-Cruz *et al.*, 2008).

Entre los escarabajos, los miembros de la familia Chrysomelidae constituyen una familia de insectos fitófagos estrechamente asociados a la presencia de sus plantas hospederas; además, la composición de especies está determinada por diferentes variables estructurales de la vegetación (Řehounek, 2002; Sen y Gök, 2009). Dada esta relación, se ha sugerido que los crisomélidos pueden emplearse como indicadores ecológicos para el monitoreo de cambios en áreas naturales (Flowers y Hanson, 2003), como indicadores de la biodiversidad (Kalaichelvan y Verma, 2005; Baselga y Novoa, 2007), o como indicadores de la calidad en el ambiente (Linzmeier *et al.*, 2006). Sin embargo, se han realizado pocos estudios en donde se cuantifique el grado de especificidad de estas especies hacia las comunidades vegetales (Pimenta y De-Marco, 2015). Con base en lo anterior, este trabajo tuvo como objetivos: 1) evaluar la asociación entre Chrysomelidae y los tipos de vegetación en el Cañón de la Peregrina, Tamaulipas, México, 2) generar el valor indicador para los crisomélidos presentes en el área de estudio, y 3) determinar cuáles especies pueden fungir como detectoras o características de las comunidades vegetales consideradas.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en el Cañón de la Peregrina, en el Área Natural Protegida Altas Cumbres, municipio de Victoria, Tamaulipas, México. Los ejemplares se recolectaron durante abril de 2009 a marzo de 2010 (Sánchez-Reyes *et al.*, 2014) en tres sitios con diferente elevación y tipo de vegetación: 350 msnm (selva baja subcaducifolia-SBS), 550 msnm (matorral espinoso tamaulipeco-MAT) y 1100 msnm (bosque de encino-pino-BEP). El muestreo se realizó en cinco cuadrantes (50x50m) por cada sitio, mediante red entomológica de golpeo (200 golpes de red como unidad de muestra). Para cada cuadrante se hicieron 16 repeticiones a lo largo del periodo estudiado. Los datos empleados en este trabajo corresponden a la totalidad de especies (157) registrada en el área de estudio.

Para delimitar la asociación entre la comunidad de Chrysomelidae y el tipo de vegetación se utilizó el Análisis de Correspondencia simple (ACO), que consiste en una técnica multivariada basada en tablas de contingencia y datos de conteo, en donde se evalúa la dependencia estadística entre los renglones y las columnas mediante una prueba de chi cuadrada; el análisis se realizó en STATISTICA 8.0 (StatSoft Inc. 2007). Como medida para calcular el valor numérico de asociación de cada especie de Chrysomelidae hacia el tipo de vegetación, se empleó el índice de Valor Indicador (IndVal) (Dufrêne y Legendre, 1997). Este se basa en el grado de especificidad (exclusividad de la especie a un sitio particular con base en su abundancia), y el grado de fidelidad (frecuencia de ocurrencia dentro del mismo hábitat) (Tejeda-Cruz *et al.*, 2008), expresados en un valor porcentual. Los análisis se realizaron mediante el paquete *labsdv* en la plataforma R versión 3.2.2 (2015), utilizando 1000 permutaciones aleatorias para definir el nivel de significancia. Las especies indicadoras con un índice igual o superior a 75 % se categorizaron como especies “características”, mientras que las especies con valor menor a 75 % pero igual o mayor a 50 % se consideraron especies “detectoras”. Dentro de las especies indicadoras, las especies características se definen como aquellas con una alta especificidad y fidelidad a un hábitat determinado, y por lo tanto un alto porcentaje del IndVal; en cambio, las especies detectoras presentan niveles moderados de especificidad y tienen diferentes grados de preferencia por diferentes estados ecológicos (Dufrêne y Legendre, 1997; McGeoch *et al.*, 2002; Tejeda-Cruz *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ACO indicó una asociación significativa entre la comunidad de Chrysomelidae (157 especies) y los tipos de vegetación en el área de estudio ($\text{Chi}^2 = 5540.7$, $g.l. = 2184$, $p = 0.000$). El análisis permitió visualizar la separación de las tres comunidades vegetales con base en la abundancia de los crisomélidos, siendo las asociaciones más fuertes en los extremos de la gráfica de ordenación. En la región derecha del origen se distribuyen las especies asociadas a SBS, como *Centralaphthona fulvipennis* (Jacoby, 1885) (clave = 5), *Chalepus bellulus* (Chapuis, 1877) (clave = 36), y *Chrysomela texana* (Schaeffer, 1919) (clave = 45); el cuadrante cinco de SBS constituye una excepción, ya que la composición de especies fue más similar a la observada en las áreas de MAT. Hacia la izquierda y abajo del origen se presentaron aquellas especies cuya abundancia fue mayor en MAT, por ejemplo *Sumitrosis inaequalis* Webber, 1801 (clave = 136), *Brachycoryna pumila* Guérin-Méneville, 1844 (clave = 20), *Centralaphthona diversa* (Baly, 1877) (clave = 28), *Cyclotrypema furcata* (Olivier, 1808) (clave = 56) y *Heterispa vinula* (Erichson, 1847) (clave = 80). Arriba y a la izquierda del origen se encontraron las especies con una fuerte asociación hacia el BEP, como *Orthaltica* sp. 1 (clave = 115), *Chalcophana cincta* Harold, 1890 (clave = 35), *Xanthonia* sp. 3 (clave = 151) o *Plectrotetra* sp. 1 (clave = 132). En el centro de la gráfica se ubicaron taxa sin asociación específica con ningún tipo de vegetación (Fig. 1).

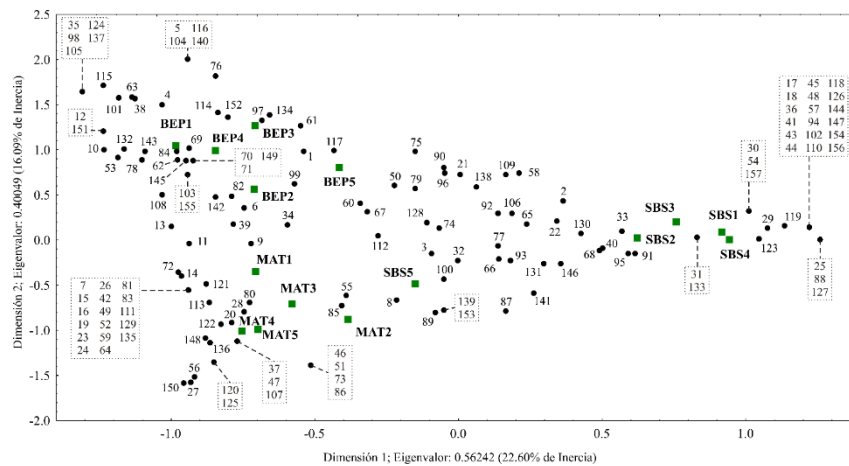


Figura 1. Análisis de correspondencia para la abundancia de Chrysomelidae obtenida en tres distintos tipos de vegetación en el Cañón de la Peregrina. Las especies se indican en números, y los nombres correspondientes se presentan en el Cuadro 1 y 2. Los cuadros en línea punteada indican conjuntos de especies asociados con un mismo punto en la gráfica.

El IndVal permitió cuantificar el porcentaje de asociación para las 157 especies en el área de estudio, de las cuales 65 tuvieron una mayor probabilidad ($p < 1$) de ser consideradas como indicadores (Cuadro 1). De estas, solo 24 presentaron valores iguales o mayores a 50 %, categorizándose como detectoras o indicadoras, mientras que 12 presentaron un valor indicador significativo ($p < 0.05$, Cuadro 1). Las restantes 92 especies tuvieron valores de asociación igual o menor a 25 %, con probabilidades nulas ($p = 1$) de ser consideradas como indicadoras (Cuadro 2). Las especies detectoras con los valores más altos del índice fueron: *Epitrix* sp. 3 (73.33 %) y *Acallepitrix* sp. 1 (64.17 %) para BEP; *Heterispa vinula* (73.62 %) y *Centralaphthona diversa* (68.95 %) para MAT; así como *Epitrix* sp. 1 (73.8 %) y *Lupraea* sp. 3 (66.66 %) para SBS. Con respecto a las especies características, *Acallepitrix* sp. 4 y *Diachus auratus* (Fabricius, 1801) presentaron el valor indicador más alto (ambas con 80 %) en BEP; *Brachycoryna pumila* (85.71 %) y *Sumitrosis inaequalis* (80 %) fueron especies características de MAT; mientras que

Centralaphthona fulvipennis (99.51 %), *Margaridisa* sp. 1 (81.73 %) y *Lupraea* sp. 2 (80 %) tuvieron los porcentajes más altos en SBS.

Cuadro 1. Valor indicador de las especies de Chrysomelidae en el Cañón de la Peregrina, Tamaulipas. La clave ACO corresponde a la Figura 1. Cat = Categoría, D = Detectora, C = Característica. p = probabilidad.

Especie	Clave ACO	SBS	MAT	BEP	Cat	p
<i>Acallepitrix</i> sp. 1	1	28.4	6.0	64.2	D	0.13
<i>Acallepitrix</i> sp. 2	2	55.4	3.1	9.2	D	0.19
<i>Acallepitrix</i> sp. 3	3	44.0	19.2	14.4	-	0.32
<i>Acallepitrix</i> sp. 4	4	0.0	0.0	80.0	C	0.01
<i>Alagoasa bipunctata</i> (Chevrolat, 1834)	8	6.7	26.7	0.0	-	0.72
<i>Alagoasa decemguttatus</i> (Fabricius, 1801)	9	2.0	24.0	18.0	-	0.90
<i>Anisostena pilatei</i> (Baly, 1864)	11	0.0	26.7	6.7	-	0.73
<i>Brachycoryna pumila</i> Guérin-Méneville, 1844	20	1.4	85.7	1.4	C	0.01
<i>Brachypnoea</i> sp. 1	21	50.0	0.0	40.0	D	0.12
<i>Brachypnoea</i> sp. 2	22	38.6	5.7	8.6	-	0.31
<i>Centralaphthona diversa</i> (Baly, 1877)	28	16.1	69.0	14.9	D	0.01
<i>Centralaphthona fulvipennis</i> (Jacoby, 1885)	29	99.5	0.0	0.0	C	0.00
<i>Chaetocnema</i> sp. 1	32	50.0	33.3	16.7	D	0.08
<i>Chaetocnema</i> sp. 2	33	45.0	2.5	2.5	-	0.18
<i>Chaetocnema</i> sp. 3	34	12.0	28.8	35.2	-	0.78
<i>Cryptocephalus umbonatus</i> Schaeffer, 1906	55	5.0	30.0	0.0	-	0.51
<i>Cyclotrypema furcata</i> (Olivier, 1808)	56	0.0	60.0	0.0	D	0.06
<i>Diabrotica</i> sp. 1	62	2.0	4.0	56.0	D	0.09
<i>Diachus auratus</i> (Fabricius, 1801)	63	0.0	0.0	80.0	C	0.01
<i>Disonycha glabrata</i> (Fabricius, 1781)	65	37.5	5.0	2.5	-	0.32
<i>Epitrix</i> sp. 1	68	73.8	21.4	1.9	D	0.00
<i>Epitrix</i> sp. 3	69	0.0	1.7	73.3	D	0.01
<i>Gynandrobrotica lepida</i> (Say, 1835)	74	47.5	20.0	27.5	-	0.14
<i>Heikertingerella</i> sp. 2	76	0.0	0.0	40.0	-	0.28
<i>Heikertingerella variabilis</i> (Jacoby, 1885)	77	51.4	0.0	2.9	D	0.12
<i>Helocassis crucipennis</i> (Boheman, 1855)	78	0.0	11.4	42.9	-	0.18
<i>Heterispa vinula</i> (Erichson, 1847)	80	8.6	73.6	7.3	D	0.01
<i>Lema</i> sp. 1	84	0.0	5.0	45.0	-	0.22
<i>Longitarsus</i> sp. 1	85	33.7	56.7	7.7	D	0.06
<i>Longitarsus</i> sp. 5	89	25.7	45.7	0.0	-	0.23
<i>Lupraea</i> sp. 1	90	32.5	0.0	47.5	-	0.27
<i>Lupraea</i> sp. 2	91	80.0	0.0	0.0	C	0.01
<i>Lupraea</i> sp. 3	92	66.7	0.8	23.3	D	0.05
<i>Lupraea</i> sp. 4	93	63.0	3.6	0.6	D	0.05
<i>Margaridisa</i> sp. 1	95	81.7	16.9	0.8	C	0.00
<i>Margaridisa</i> sp. 2	96	20.0	0.0	20.0	-	0.91
<i>Microctenochira punicea</i> (Boheman, 1855)	97	5.0	0.0	30.0	-	0.51
<i>Monomacra</i> sp. 1	100	45.5	42.4	2.4	-	0.30
<i>Monomacra</i> sp. 2	101	0.0	0.0	40.0	-	0.29
<i>Neolema</i> sp. 3	109	10.0	0.0	20.0	-	0.73
<i>Omophoita cyanipennis octomaculata</i> (Crotch, 1873)	113	0.0	40.0	0.0	-	0.28
<i>Ophraea rugosa</i> Jacoby, 1886	114	0.0	0.0	40.0	-	0.28
<i>Orthaltica</i> sp. 1	115	0.0	0.0	40.0	-	0.28
<i>Oulema</i> sp. 1	117	20.0	0.0	66.7	D	0.03
<i>Pachybrachis</i> sp. 1	119	40.0	0.0	0.0	-	0.28
<i>Pachybrachis</i> sp. 2	120	0.0	40.0	0.0	-	0.28
<i>Pachybrachis</i> sp. 3	121	0.0	45.0	5.0	-	0.23
<i>Pachybrachis</i> sp. 4	122	0.0	40.0	0.0	-	0.29

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Clave ACO	SBS	MAT	BEP	Cat	<i>p</i>
<i>Pachybrachis</i> sp. 5	123	40.0	0.0	0.0	-	0.29
<i>Pachybrachis</i> sp. 7	125	0.0	40.0	0.0	-	0.28
<i>Phyllotreta</i> sp. 1	128	40.0	5.0	10.0	-	0.30
<i>Plagioderma semivittata</i> Stål, 1860	130	53.3	5.0	1.7	D	0.09
<i>Plagioderma thymaloides</i> Stål, 1860	131	22.2	31.1	1.1	-	0.60
<i>Plectrotetra</i> sp. 1	132	0.0	5.6	28.9	-	0.51
<i>Sphaeronychus fulvus</i> (Baly, 1879)	134	4.0	0.0	48.0	-	0.18
<i>Sumitrosis inaequalis</i> (Weber, 1801)	136	0.0	80.0	0.0	C	0.01
<i>Sumitrosis rosea</i> (Weber, 1801)	138	20.0	2.5	15.0	-	0.90
<i>Syphrea</i> sp. 1	141	30.0	30.0	0.0	-	0.52
<i>Syphrea</i> sp. 2	142	6.2	12.3	21.5	-	0.96
<i>Systema contigua</i> Jacoby, 1884	143	0.0	5.9	42.2	-	0.17
<i>Tymnes</i> sp. 1	146	26.7	6.7	0.0	-	0.74
<i>Walterianella signata</i> (Jacoby, 1886)	148	0.0	60.0	0.0	D	0.06
<i>Xanthonia</i> sp. 1	149	1.8	3.6	43.6	-	0.18
<i>Xanthonia</i> sp. 2	150	0.0	40.0	0.0	-	0.28
<i>Xanthonia</i> sp. 4	152	2.5	0.0	35.0	-	0.29

Cuadro 2. Especies de Chrysomelidae con nula probabilidad de ser consideradas como indicadoras ($p = 1$) en el Cañón de la Peregrina, Tamaulipas. La clave AC corresponde a la figura 1.

Especie	AC	Especie	AC	Especie	AC
<i>Acallepitrax</i> sp. 5	5	<i>Colaspis</i> sp. 1	47	<i>Monomacra</i> sp. 3	102
<i>Acalymma vittatum</i> (Fabricius, 1775)	6	<i>Colaspis townsendi</i> Bowditch, 1921	48	<i>Neobrotica sexmaculata</i> Jacoby, 1887	103
<i>Acrocylum dorsalis</i> Jacoby, 1885	7	<i>Coptocycla (Psalidonota) texana</i> (Schaeffer, 1933)	49	<i>Neobrotica tampicensis</i> Blake, 1966	104
<i>Alagoasa</i> sp. 1	10	<i>Coraia subcyanescens</i> (Schaeffer, 1906)	50	<i>Neochlamisus</i> sp. 1	105
<i>Anomoea rufifrons</i> Chevrolat, 1837	12	<i>Coscinoptera scapularis scapularis</i> (Lacordaire, 1848)	51	<i>Neolema quadriguttata</i> White, 1993	106
<i>Asphaera abdominalis</i> (Chevrolat, 1834)	13	<i>Coscinoptera victoriana</i> L. Medvedev, 2012	52	<i>Neolema</i> sp. 1	107
<i>Asphaera</i> sp. 1	14	<i>Cryptocephalus duryi</i> Schaeffer, 1906	53	<i>Neolema</i> sp. 2	108
<i>Asphaera</i> sp. 2	15	<i>Cryptocephalus</i> sp. 1	54	<i>Octotoma championi</i> Baly, 1885	110
<i>Asphaera</i> sp. 3	16	<i>Derocrepis</i> sp. 1	57	<i>Octotoma intermedia</i> Staines, 1989	111
<i>Asphaera</i> sp. 4	17	<i>Derocrepis</i> sp. 2	58	<i>Ogdoecosta juvenca</i> (Boheman, 1854)	112
<i>Babia tetraspilota</i> LeConte, 1858	18	<i>Derospidea cyaneomaculata</i> (Jacoby, 1886)	59	<i>Orthaltica</i> sp. 2	116
<i>Blepharida rhois</i> (Forster, 1771)	19	<i>Diabrotica balteata</i> LeConte, 1865	60	<i>Oulema</i> sp. 2	118
<i>Calligrapha fulvipes</i> Stål, 1859	23	<i>Diabrotica porracea</i> Harold, 1875	61	<i>Pachybrachis</i> sp. 6	124
<i>Calligrapha</i> sp. 1	24	<i>Disonycha antennata</i> Jacoby, 1884	64	<i>Parchicola</i> sp. 1	126
<i>Calligrapha</i> sp. 2	25	<i>Disonycha stenosticha</i> Schaeffer, 1931	66	<i>Phaedon cyanescens</i> Stål, 1860	127

Cuadro 1. Continuación.

Especie	AC	Especie	AC	Especie	AC
<i>Calligrapha suffriani</i> Jacoby, 1882	26	<i>Epitrix fasciata</i> Blatchley, 1918	67	<i>Physonota alutacea</i> Boheman, 1854	129
<i>Calomicrus</i> sp. 1	27	<i>Euprionota aterrima</i> Guérin-Méneville, 1844	70	<i>Scelidopsis rufofemorata</i> Jacoby, 1888	133
<i>Cerotoma atrofasciata</i> Jacoby, 1879	30	<i>Fidia albovittata</i> Lefèvre, 1877	71	<i>Strabala</i> sp. 1	135
<i>Cerotoma ruficornis</i> (Olivier, 1791)	31	<i>Glenidion</i> sp.1	72	<i>Sumitrosis pallescens</i> (Baly, 1885)	137
<i>Chalcophana cincta</i> Harold, 1874	35	<i>Glyphuroplata</i> sp. 1	73	<i>Sumitrosis</i> sp. 1	139
<i>Chalepus bellulus</i> (Chapuis, 1877)	36	<i>Heikertingerella</i> sp. 1	75	<i>Sumitrosis</i> sp. 2	140
<i>Chalepus digressus</i> Baly, 1885	37	<i>Helocassis testudinaria</i> (Boheman, 1855)	79	<i>Systema</i> sp. 1	144
<i>Charidotella (Chaerocassis) emarginata</i> (Boheman, 1855)	38	<i>Hilarocassis exclamationis</i> (Linnaeus, 1767)	81	<i>Trirhabda</i> sp. 1	145
<i>Charidotella bifossulata</i> (Boheman, 1855)	39	<i>Labidomera suturella</i> Chevrolat, 1844	82	<i>Typophorus nigrinus</i> (Fabricius, 1801)	147
<i>Charidotella sexpunctata</i> (Fabricius, 1781)	40	<i>Lema balteata</i> LeConte, 1884	83	<i>Xanthonia</i> sp. 3	151
<i>Charidotella tuberculata</i> (Fabricius, 1775)	41	<i>Longitarsus</i> sp. 2	86	<i>Xanthonia</i> sp. 5	153
<i>Charidotis auroguttata</i> Boheman, 1855	42	<i>Longitarsus</i> sp. 3	87	<i>Xenochalepus (Neochalepus) chapuisi</i> (Baly, 1885)	154
<i>Chelymorpha pubescens</i> Boheman, 1854	43	<i>Longitarsus</i> sp. 4	88	<i>Xenochalepus (Xenochalepus) omogerus</i> (Crotch, 1873)	155
<i>Chlamisus texanus</i> (Schaeffer, 1906)	44	<i>Lysathia</i> sp. 1	94	<i>Zenocolaspis inconstans</i> Bechyné, 1997	156
<i>Chrysomela texana</i> (Schaeffer, 1919)	45	<i>Microctenochira varicornis</i> (Spaeth, 1926)	98	<i>Zygogramma piceicollis</i> (Stål, 1859)	157
<i>Colaspis melancholica</i> Jacoby, 1881	46	<i>Microctenochira vivida</i> (Boheman, 1855)	99		

La modificación de los factores abióticos con la elevación y su influencia sobre las especies es un fenómeno bien documentado (Sundqvist *et al.*, 2013); tal es el caso del Cañón de la Peregrina, en donde la altitud está relacionada con la presencia de diferentes comunidades vegetales a lo largo del gradiente de elevación. La asociación significativa observada en este estudio entre los crisomélidos y el tipo de vegetación, es consistente con lo que se ha registrado para esta familia de insectos (Řehounek, 2002; Aslan y Ayvaz, 2009; Sen y Gök, 2009). Muchas de las especies consideradas son oligófagas y se encuentran en dos o más tipos de vegetación, pero las asociaciones observadas en el ACO están determinadas por la abundancia de las especies. De tal forma, algunos crisomélidos presentaron una fuerte asociación hacia una vegetación determinada debido a que solo se observaron en ese ambiente o bien, a que su abundancia fue más alta a pesar de estar presentes en todos los tipos de vegetación. Es evidente que dicha asociación está determinada por la presencia de las plantas hospederas (recurso alimenticio) y por la influencia de los factores microclimáticos, en cada piso altitudinal y tipo de vegetación. En relación con ello, investigaciones previas en el Cañón de la Peregrina han evidenciado la influencia específica de la temperatura y la precipitación sobre las especies de Chrysomelidae (Sánchez-Reyes *et al.*, 2016a).

El valor indicador se ha empleado en diferentes grupos de Coleoptera y otros insectos, por lo general para detectar condiciones de disturbio. Aunque la presente investigación no se enfoca hacia el análisis de la perturbación, el IndVal permite evaluar de forma estadística el grado de asociación entre una especie y un ambiente determinado, pudiendo emplearse comunidades vegetales o el tipo de hábitat (Dufrêne y Legendre, 1997; De-Cáceres *et al.*, 2012). Otros autores han sugerido el potencial de los crisomélidos para el monitoreo ambiental (Nummelin y Borowiec, 1991; Flowers y Hanson, 2003; Linzmeier *et al.*, 2006), así como la posibilidad de recurrir a su diversidad como indicador de la riqueza vegetal de un hábitat (Kalaichelvan y Verma, 2005; Baselga y Novoa, 2007), pero ninguno ha presentado valores cuantificables y solo algunas excepciones han utilizado el IndVal para dichas evaluaciones (Pimenta y De-Marco, 2015).

Un factor relevante a considerar es la presencia de especies detectoras y características, ya que los criterios que existen para categorizarlas varían de acuerdo con los autores. En este caso, los valores críticos utilizados para definir las categorías se encuentran dentro de los límites considerados en otros estudios (Dufrêne y Legendre, 1997; McGeoch *et al.*, 2002; Tejeda-Cruz *et al.*, 2008), y además, la baja proporción de especies indicadoras es consistente con lo observado en trabajos similares con crisomélidos (Pimenta y De-Marco, 2015). No obstante, el aspecto más importante es determinar si la respuesta de estas especies es similar en el mismo tipo de vegetación en otras áreas geográficas de su distribución, de tal forma que pueden emplearse para el monitoreo ambiental. En ese sentido, las especies características o indicadoras con altos porcentajes, son importantes desde el punto de vista ecológico, pero no lo son para el análisis de la perturbación, ya que su presencia es exclusiva de ciertos hábitats, y la destrucción o modificación de dichas zonas evitará que la especie pueda presentarse en otro sitio. En cambio, las especies detectoras son ideales para el monitoreo ya que su mayor amplitud de nicho y las modificaciones en su abundancia ante el disturbio, garantizan que puedan distribuirse a lo largo de un gradiente de perturbación (McGeoch *et al.*, 2002). Además, para que una especie sea considerada como buena indicadora se requiere que su taxonomía sea bien conocida, así como ser fácilmente identificable (Carignan y Villard, 2002), entre otras características (Ribera y Foster, 1997). De acuerdo a lo anterior, se considera que *Centralaphthona diversa* y *Heterispa vinula* son especies con posibilidad para ser utilizadas en el monitoreo ambiental en áreas con tipos de vegetación similares a los observados en el área de estudio, ya que son fácilmente identificables, abundantes (por lo que su proporción en diferentes grados de perturbación puede ser cuantificada), y además se encuentran en diferentes áreas dentro de la región (Sánchez-Reyes *et al.*, 2016b). El siguiente paso en el análisis de las especies indicadoras de Chrysomelidae es cuantificar si estas especies responden en forma similar ante el disturbio en las comunidades vegetales, así como en diferentes etapas temporales (McGeoch *et al.*, 2002).

CONCLUSIÓN

La comunidad de crisomélidos presenta una asociación significativa con los tipos de vegetación a lo largo de un gradiente de elevación, en el Cañón de la Peregrina. En el área de estudio existen 12 especies que pueden considerarse como detectoras o características de las comunidades vegetales, de las cuales, siete son altamente específicas. Se sugiere que *Centralaphthona diversa* y *Heterispa vinula*, al ser especies de amplia distribución en Tamaulipas y otros estados de México, pueden considerarse para futuras evaluaciones ambientales. Sin embargo, los resultados necesitan ser reproducidos en otras áreas para determinar la presencia de estas y otras especies, cuyas respuestas ante el disturbio puedan emplearse en el monitoreo ambiental.

Literatura Citada

- Aslan, E. G. and Y. Ayvaz. 2009. Diversity of Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) in Kasnak Oak Forest Nature Reserve, Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 33(3): 251–262.
- Baselga, A. and F. Novoa. 2007. Diversity of Chrysomelidae (Coleoptera) at a mountain range in the limit of the Eurosiberian region, northwest Spain: species richness and beta diversity. *Entomologica Fennica*, 18(2): 65–73.
- Carignan, V. and M.-A. Villard. 2002. Selecting indicator species to monitor ecological integrity: a review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 78: 45–61.
- De-Cáceres, M., Legendre, P., Wiser, S. K. and L. Brotons. 2012. Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 3: 973–982.
- Dufrêne, M. and P. Legendre. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67(3): 345–366.
- Flowers, R. W. and P. E. Hanson. 2003. Leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) diversity in eight Costa Rican habitats. Pp. 25–51. In: D. G. Furth (Ed.). *Special topics in leaf beetle biology, Proceedings of the 5th International Symposium on the Chrysomelidae, Iguassu Falls (Brazil), August 2000*. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Hodkinson, I. D. 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80(3): 489–513.
- Kalaichelvan, T. and K. K. Verma. 2005. Checklist of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) of Bhilai-Durg. *Zoos' Print Journal*, 20(4): 1838–1842.
- Linzmeier, A. M., Ribeiro-Costa, C. S. y R. C. Marinoni. 2006. Fauna de Altícini (Newman) (Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae) em diferentes estágios sucessionais na Floresta com Araucária do Paraná, Brasil: diversidade e estimativa de riqueza de espécies. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(1): 101–109.
- McGeoch, M. A., Van-Rensburg, B. J. and A. Botes. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*, 39(4): 661–672.
- Nummelin, M. and L. Borowiec. 1991. Cassidinae beetles of the Kibale Forest, western Uganda; comparison between virgin and managed forest. *African Journal of Ecology*, 29: 10–17.
- Pimenta, M. and P. De-Marco. 2015. Leaf beetle (Chrysomelidae: Coleoptera) assemblages in a mosaic of natural and altered areas in the Brazilian Cerrado. *Neotropical Entomology*, 44: 242–255.
- Ribera, I. y G. Foster. 1997. El uso de artrópodos como indicadores ecológicos. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20: 265–276.
- R version 3.2.2. 2015. (2015-08-14). The R Foundation for Statistical Computing.
- Řehounek, J. 2002. Comparative study of the leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in chosen localities in the district of Nymburk. *Acta Universitatis Palackianae Olomucensis Facultas Rerum Naturalium Biologica*, 39-40: 123–130.
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S., Barrientos-Lozano, L. y F. M. Sandoval-Becerra. 2016a. Influencia del clima en la distribución de Chrysomelidae (Coleoptera) en el Cañón de la Peregrina, Tamaulipas, México. *Entomología mexicana*, 3: 467-473.
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S., Barrientos-Lozano, L., Clark, S. M. and R. W. Jones. 2016b. Faunistic patterns of leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) within elevational and temporal gradients in Sierra de San Carlos, Mexico. *ZooKeys*, 611: 11–56.
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S. and R. W. Jones. 2014. Diversity and altitudinal distribution of Chrysomelidae (Coleoptera) in Peregrina Canyon, Tamaulipas, Mexico. *ZooKeys*, 417: 103–132.
- Şen, I. and A. Gök. 2009. Leaf beetle communities (Coleoptera: Chrysomelidae) of two mixed forest ecosystems dominated by pine–oak–hawthorn in Isparta province, Turkey. *Annales Zoologici Fennici*, 46(3): 217–232.
- Siddig, A. A. H., Ellison, A. M., Ochs, A., Villar-Leeman, C. and M. K. Lau. 2016. How do ecologists select and use indicator species to monitor ecological change? Insights from 14 years of publication in Ecological Indicators. *Ecological Indicators*, 60: 223–230.
- StatSoft Inc. 2007. STATISTICA, Version 8.0. <http://www.statsoft.com>

- Sundqvist, M. K., Sanders, N. J. and D. A. Wardle. 2013. Community and ecosystem responses to elevational gradients: Processes, mechanisms, and insights for global change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 44: 261–280.
- Tejeda-Cruz, C., Mehltreter, K. y V. J. Sosa. 2008. Indicadores ecológicos multi-taxonómicos. Pp. 123–134. In: R. H. Manson, V. Hernández-Ortiz, S. Gallina y K. Mehltreter (Eds.). *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto Nacional de Ecología A. C., México.