

ANÁLISIS DEL NICHU ECOLÓGICO DE CRYPTOCEPHALINAE (COLEOPTERA: CHRYSOMELIDAE) EN LA SIERRA DE SAN CARLOS, TAMAULIPAS, MÉXICO

✉ **Uriel Jeshua Sánchez-Reyes^{1*}, Santiago Niño-Maldonado², Ludivina Barrientos-Lozano¹, Robert W. Jones³ y Fatima Magdalena Sandoval-Becerra⁴.**

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.

³Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. Avenida de las Ciencias, s/n, 76230 Juriquilla, Querétaro, México.

⁴Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, C.P. 45100. Zapopan, Jalisco, México.

✉ Correo: *uriel_elf3@hotmail.com

RESUMEN. En el presente estudio se analizó la influencia de diferentes variables ambientales sobre la abundancia de Cryptocephalinae en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas. Durante el periodo febrero de 2013-enero de 2014 se realizaron 1,008 muestreos y se registraron 828 ejemplares que representan 27 especies y 10 géneros. Se encontró asociación significativa de las especies con la variación ambiental, siendo la vegetación, humedad relativa y altitud las variables más importantes. Se definieron grupos faunísticos en base al patrón de respuesta ante dichas variables y además, se determinaron las especies generalistas y especialistas. En conjunto, los resultados pueden emplearse para el monitoreo de cambios climáticos y ambientales en áreas naturales, aunque se requiere probar la respuesta de las especies en otro tipo de ambientes.

Palabras clave: Variables ambientales, abundancia, riqueza de especies, especialistas, generalistas.

Ecological niche analysis of Cryptocephalinae (Coleoptera: Chrysomelidae) from Sierra de San Carlos, Tamaulipas, Mexico

ABSTRACT. In the present study the influence of different environmental variables on the abundance of Cryptocephalinae in the Sierra de San Carlos, Tamaulipas, was analyzed during the period February 2013 to January 2014. A total of 1,008 samples were taken and 828 specimens representing 27 species and 10 genera were recorded. A significant association between species and environmental variation was found, being the vegetation, humidity and altitude, the most important variables. Faunistic groups were defined based on the pattern of response to these variables and also generalists species and specialists were determined. Overall, the results can be used for monitoring climate and environmental changes in natural areas, although it is necessary to test the response of the species in other environments.

Key words: Environmental variables, abundance, species richness, specialists, generalists.

INTRODUCCIÓN

El nicho ecológico puede definirse como un hiper-volumen de “n” dimensiones, donde cada una corresponde a una variable que influye en la existencia de una especie en un determinado lugar. Se sabe que los factores bióticos y abióticos, además de las interacciones que existen entre los organismos, así como la disponibilidad y uso del recurso, son factores que determinan la existencia de las especies. Por ello, el estudio del nicho ecológico es útil para definir hábitats favorables en base a condiciones ambientales, con lo cual pueden diseñarse

mejores estrategias de conservación biológica (Colwell y Futuyma, 1971; Leibold, 1995; Pulliam, 2000).

La familia Chrysomelidae constituye un importante grupo para el análisis ecológico, ya que puede emplearse como indicador de biodiversidad, calidad ambiental y como grupo para monitoreo de cambios en áreas naturales (Flowers y Hanson, 2003; Linzmeier *et al.*, 2006). Sin embargo, estas características no han sido adecuadamente exploradas, ya que se desconoce cuál es la respuesta de estas especies ante la variación ambiental.

El objetivo del estudio fue determinar la influencia de distintas variables ambientales en la abundancia de las especies de *Cryptocephalinae* (Chrysomelidae: Coleoptera) presentes en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODO

La Sierra de San Carlos, está ubicada en la región centro-oeste de Tamaulipas, entre las coordenadas: 24°23'03"N - 98°32'40"O y 24°51'60"N - 99°12'04"O. Ésta constituye una sierra aislada en la Llanura Costera del Golfo, por lo cual es considerada como isla biogeográfica, con prioridad alta a extrema para la conservación (Arriaga *et al.*, 2000). Se seleccionaron siete sitios de estudio ubicados a 500, 550, 650, 750, 850, 950 y 1100 msnm, con diferentes tipos de vegetación que incluyen matorral submontano, matorral espinoso tamaulipeco, bosque de encino y pino, bosque mesófilo de montaña y vegetación riparia secundaria. Para cada sitio se establecieron de manera aleatoria 12 cuadrantes de 20x20 metros, en donde se realizó el muestreo mediante red entomológica de golpeo (120 golpes de red por cuadrante); en adición a la altitud y tipo de vegetación, para cada cuadrante se midieron ocho variables abióticas usando una estación meteorológica portátil Kestrel 3500. La toma de datos así como el muestreo de insectos se realizó de manera mensual en cada uno de los 84 cuadrantes, durante el periodo febrero 2013 a enero 2014. Las muestras fueron procesadas según el método señalado por Sánchez-Reyes *et al.* (2014). Los ejemplares se determinaron mediante literatura disponible y por comparación, con especímenes depositados en la colección de Chrysomelidae de la Facultad de Ingeniería y Ciencias de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.

Para el procesamiento de los datos se utilizó el Índice de Marginalidad Media (OMI, por sus siglas en inglés), el cual constituye un análisis multivariado diseñado para estudios de gradiente, donde la varianza de la presencia de las especies es maximizada a lo largo de ejes de ordenación derivados de datos ambientales; el valor de probabilidad estadística significativa se estableció en 0.05, empleando la prueba de simulación de Monte Carlo mediante 10,000 permutaciones aleatorias; la ordenación inicial de las muestras en función de las variables ambientales se llevó a cabo mediante Análisis de Componentes Principales. Las bases teóricas y los detalles para la interpretación del OMI pueden consultarse en Dolédec *et al.* (2000). Todos los procedimientos fueron realizados en el programa ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las 1,008 muestras tomadas durante el transcurso del estudio se obtuvieron 828 ejemplares de la subfamilia *Cryptocephalinae*, incluidos en 10 géneros y 27 especies (Cuadro 1). La especie más abundante fue *Diachus* sp.1 (418 ejemplares), seguida de *Pachybrachis* sp.1 (103).

Para realizar el OMI solo se emplearon 273 muestras, siendo éstas en las cuales se registró la presencia de especies de *Cryptocephalinae*. Se obtuvo una variación total explicada por los dos primeros ejes del 84.22% (Eje 1=56.42%; Eje 2=24.29%, Fig. 1) así como una marginalidad global significativa (prueba de Montecarlo, $p=0.000$), sugiriendo que las variables ambientales

analizadas en el área influyen sobre la comunidad de Cryptocephalinae. En forma particular, solo 13 de las 27 especies respondieron de forma significativa (valores de *p* en negritas, Cuadro 1). Los valores obtenidos de Inercia total (InerO, Cuadro 1) representan una cuantificación de la influencia de las variables ambientales en la separación del nicho de las especies; dicho valor se descompone en tres parámetros principales: marginalidad, tolerancia y tolerancia residual.

En primera instancia, 1) las especies con altos valores de marginalidad (OMI) tienen nichos marginales (ocurren en hábitats atípicos dentro de una región), siendo el caso de *Pachybrachis* sp.11 y *Smaragdina agilis* (Cuadro 1), mientras que valores bajos de marginalidad indican nichos no marginales (ocurren en hábitats típicos), como *Pachybrachis* sp.1. Este valor está fuertemente asociado con 2) el índice de Tolerancia (T1), cuyo valor es análogo al concepto de amplitud de nicho: *Pachybrachis* sp.11 y *Smaragdina agilis*, al igual que *Babia tetraspilota*, *Griburius montezuma*, *Griburius* sp.1, y *Megalostomis tomentosa* presentaron valores muy bajos de tolerancia, indicando menor amplitud de nicho y por ello fueron consideradas como especialistas. En forma contraria, *Pachybrachis* sp.9 y *Pachybrachis* sp.2 fueron especies generalistas, al presentar los mayores valores de tolerancia y una amplitud de nicho mayor. Por último, 3) la tolerancia residual (T2) representa la proporción de la variabilidad en el hábitat que no es explicada por las variables ambientales medidas; por ejemplo, *Cryptocephalus umbonatus* y *Pachybrachis* sp.2 fueron especies asociadas significativamente con la variación ambiental, pero presentaron altos valores de tolerancia residual, indicando la posibilidad de que existan otras variables importantes para dichas especies, pero que no fueron consideradas en el análisis.

Cuadro 1. Lista de especies de Cryptocephalinae y parámetros obtenidos mediante el Índice de Marginalidad Media (OMI) en la Sierra de San Carlos, Tamaulipas.

Especie	N	InerO	OMI	T1	T2	<i>p</i>
<i>Anomoea rufifrons mutabilis</i> (Lacordaire, 1848)	10	7.712	1.75	0.1729	5.789	0.5853
<i>Babia tetraspilota texana</i> Schaeffer, 1933	2	5.705	5.705	1.97E-31	-1.97E-31	0.251
<i>Coscinoptera aeneipennis</i> (LeConte, 1858)	2	5.481	5.372	0.01732	0.09187	0.2747
<i>Coscinoptera scapularis</i> (Lacordaire, 1848)	2	10.08	9.257	0.01706	0.8094	0.0848
<i>Coscinoptera tamaulipasi</i> L. Medvedev, 2012	12	6.988	2.21	1.913	2.864	0.0564
<i>Cryptocephalus guttulatus</i> Olivier, 1808	10	11.59	8.995	0.944	1.652	0.0006
<i>Cryptocephalus trizonatus</i> Suffrian, 1858	19	8.478	1.125	0.8357	6.517	0.0799
<i>Cryptocephalus umbonatus</i> Schaeffer, 1906	33	16.82	3.121	1.468	12.23	0
<i>Diachus auratus</i> (Fabricius, 1801)	31	19.62	7.429	2.409	9.783	0
<i>Diachus</i> sp.1	418	6.281	2.736	0.6745	2.871	0
<i>Diplacaspis prosternalis</i> (Schaeffer, 1906)	7	6.675	1.875	0.293	4.508	0.2179
<i>Griburius montezuma</i> (Suffrian, 1852)	2	5.461	5.461	1.97E-31	-1.97E-31	0.6338
<i>Griburius</i> sp.1	2	6.714	6.714	1.97E-31	-1.97E-31	0.5024
<i>Megalostomis tomentosa</i> Achard, 1926	1	9.396	9.396	7.88E-31	-7.88E-31	0.3229
<i>Pachybrachis</i> sp.1	103	7.684	0.2313	1.566	5.887	0.026
<i>Pachybrachis</i> sp.2	12	34.02	7.503	8.43	18.09	0.0115
<i>Pachybrachis</i> sp.3	2	5.733	3.355	0.2658	2.112	0.5648
<i>Pachybrachis</i> sp.4	35	11.58	2.914	1.669	6.993	0.0043
<i>Pachybrachis</i> sp.5	34	21.01	4.134	1.931	14.95	0.0001
<i>Pachybrachis</i> sp.6	2	4.898	4.898	0	0	0.3295
<i>Pachybrachis</i> sp.7	40	6.291	2.459	0.5112	3.32	0
<i>Pachybrachis</i> sp.8	31	6.122	1.28	1.23	3.613	0.0141
<i>Pachybrachis</i> sp.9	8	41.94	7.115	16.7	18.13	0.0062
<i>Pachybrachis</i> sp.10	5	12.59	8.551	2.794	1.248	0.0479
<i>Pachybrachis</i> sp.11	2	15.22	15.22	7.88E-31	-1.77E-15	0.0321

<i>Pachybrachis</i> sp.12	2	4.69	4.69	0	0	0.3663
<i>Smaragdina agilis</i> (Lacordaire, 1848)	1	13.83	13.83	1.97E-31	-1.97E-31	0.1471

N=Abundancia; Iner0=Inercia total; OMI=Índice de marginalidad media; T1=Índice de tolerancia; T2=Tolerancia residual; p=probabilidad, valores significativos en negritas.

Las variables más importantes para las especies de *Cryptocephalinae* fueron la vegetación, humedad relativa y altitud, ya que presentaron los valores más altos de correlación en el Eje 1, el cual aportó la mayor variación (Cuadro 2, Fig. 1).

Cuadro 2. Valores de correlación (loadings) de las variables ambientales con la abundancia de *Cryptocephalinae* en el área de estudio. Variables significativas en negritas.

Variables	Eje 1	Eje 2	Variables	Eje 1	Eje 2
Altitud	-0.63752	0.3218	Punto de condensación	0.54315	0.25983
Vegetación	-0.67689	0.32382	Temperatura húmeda	0.46593	0.24125
Temperatura	-0.10896	0.16672	Presión barométrica	0.018729	-0.20181
Humedad relativa	0.63932	0.13339	Velocidad máxima del viento	-0.12959	-0.1978
Estrés térmico	0.24918	0.2577	Velocidad promedio del viento	-0.11558	-0.15252

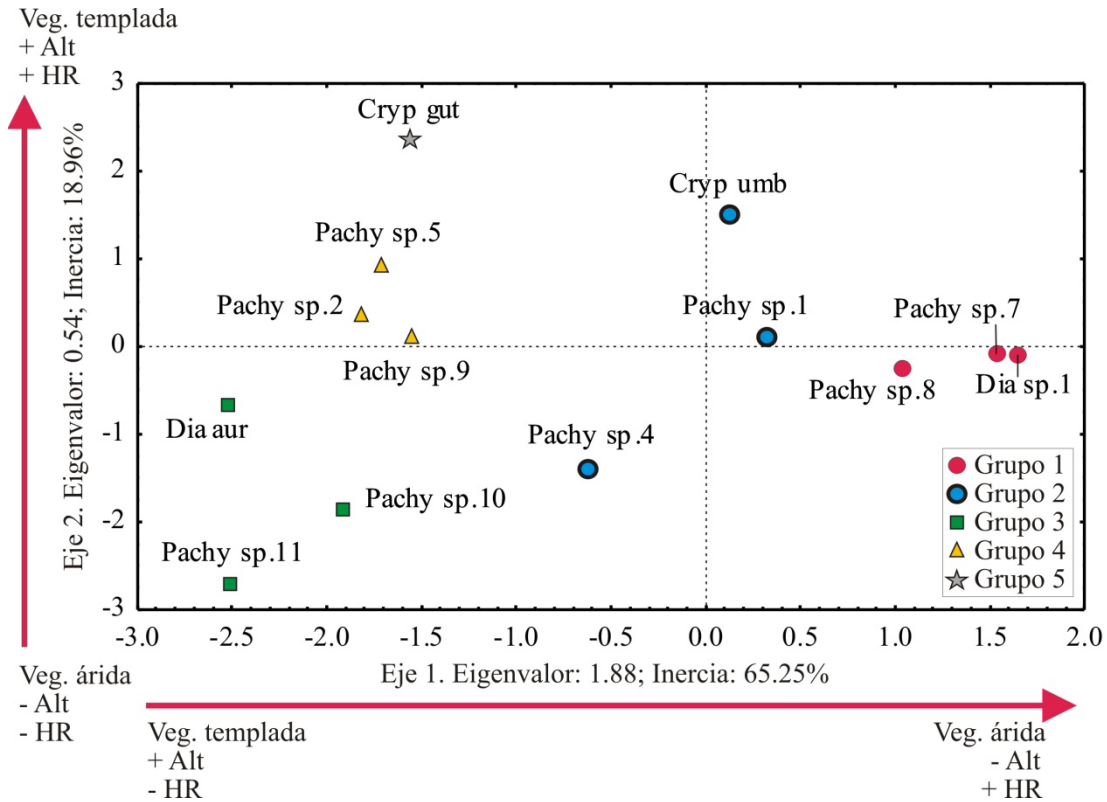


Figura 1. Ordenación de las especies cuya respuesta ante la variación ambiental fue significativa. La dirección de las flechas indica un gradiente de variación en las variables más importantes para las especies.

En base a la respuesta significativa de cada una de las especies ante las variables ambientales más importantes, se determinaron cinco grupos faunísticos. Grupo 1: *Diachus* sp.1, *Pachybrachis* sp. 7 y *Pachybrachis* sp.8, estuvieron asociadas a vegetación árida, mayor humedad relativa y baja elevación (Fig. 1), además de haberse registrado en gran número de muestras (Fig. 2, ver D, K, L). Grupo 2: *Pachybrachis* sp.1 y *Cryptocephalus umbonatus*

estuvieron presentes en gran número de muestras (Fig. 2, ver E, B), mientras que *Pachybrachis* sp.4 (Fig. 2, ver I) fue menos frecuente; dichas especies se asociaron a condiciones ambientales intermedias (Fig. 1). Grupo 3: *Pachybrachis* sp.10 y *Pachybrachis* sp.11

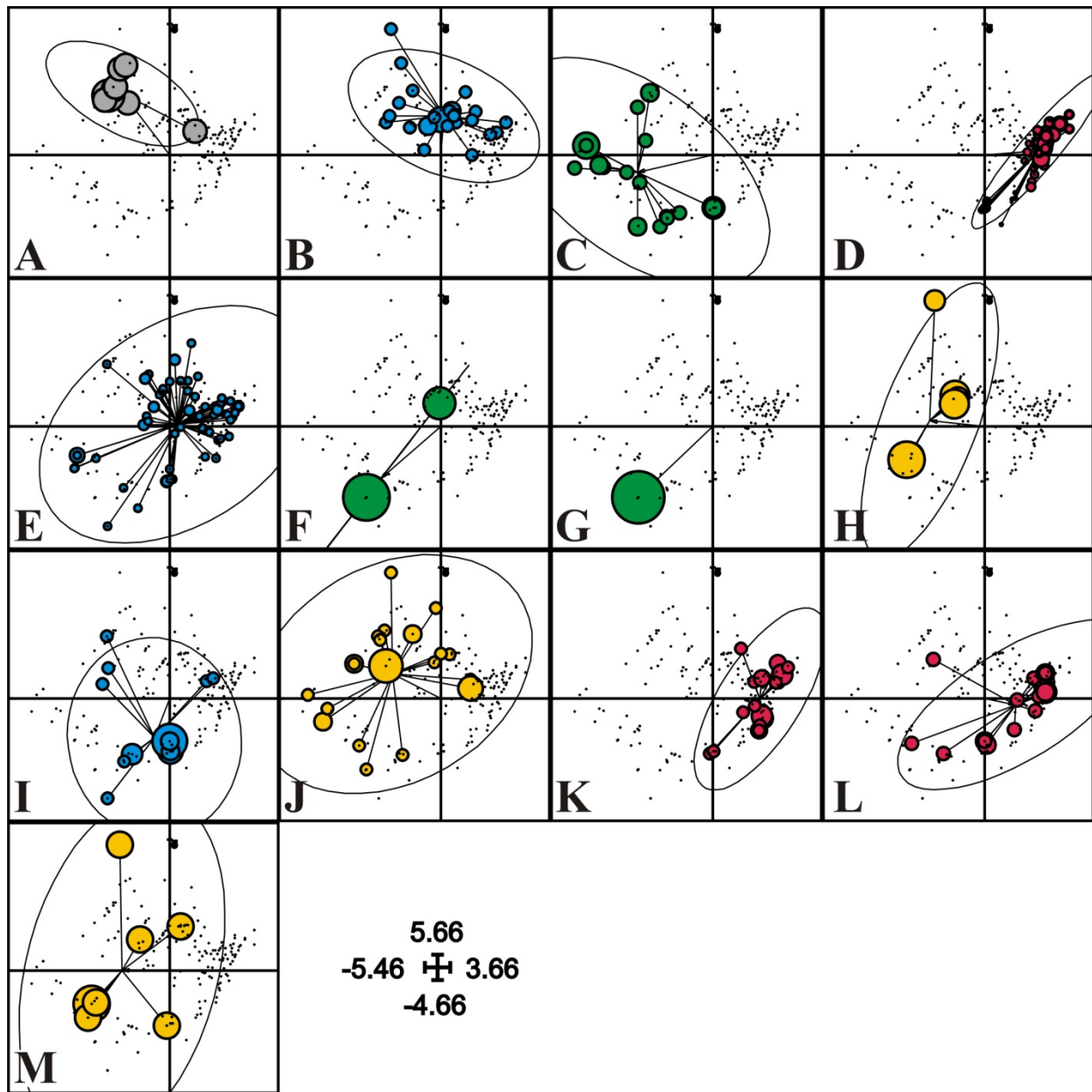


Figura 2. Variación individual en la abundancia de las especies de Cryptocephalinae cuya asociación por las variables ambientales fue significativa. A) *Cryptocephalus guttulatus*, B) *C. umbonatus*, C) *Diachus auratus*, D) *Diachus* sp.1, E) *Pachybrachis* sp.1, F) *Pachybrachis* sp.10, G) *Pachybrachis* sp.11, H) *Pachybrachis* sp.2, I) *Pachybrachis* sp.4, J) *Pachybrachis* sp.5, K) *Pachybrachis* sp.7, L) *Pachybrachis* sp.8, M) *Pachybrachis* sp.9. Los puntos pequeños representan la ordenación de las 273 muestras en donde se observaron Criptocefalinos; los círculos en color representan las muestras en donde se observó la especie, y el tamaño del círculo es proporcional a la abundancia en dicha muestra; especies de un mismo color constituyen un grupo (ver Figura 1). El elipsoide indica que el 95% de la abundancia total para la especie está contenida dentro del área. La escala indicada es la misma para todas las especies.

fueron especies poco frecuentes, al observarse solo en pocas muestras (Fig. 2, ver F, G), en tanto que *Diachus auratus* se presentó en mayor número de cuadrantes (Fig. 2, ver C), y se asociaron principalmente con baja humedad relativa (Fig. 1). Grupo 4: la distribución y abundancia de *Pachybrachis* sp.2, *Pachybrachis* sp.5 y *Pachybrachis* sp.9 (Fig. 2, ver H, J, M) estuvo determinada por vegetación templada, baja humedad relativa, y mayor altitud (Fig. 1). Grupo 5: integrado solo por *Cryptocephalus guttulatus* que se presentó en pocas muestras (Fig. 2, ver A), y estuvo relacionado solo con vegetación templada y mayor altitud (Fig. 1).

De manera general, el número de especies de *Cryptocephalinae* registradas en la Sierra de San Carlos es superior al que se ha obtenido para esta subfamilia en otros estudios realizados en Tamaulipas (Sánchez-Reyes *et al.*, 2014), lo cual se atribuye al mayor número de ambientes evaluados en el presente estudio. Sin embargo, un resultado consistente con otros trabajos de *Chrysomelidae* en México, es la elevada cantidad de especies dentro de *Pachybrachis*; este taxón constituye uno de los géneros con mayor variación intra-específica externa, lo cual dificulta en gran medida su identificación a nivel específico. Por ello, en este estudio se revisó la genitalia interna de los machos para garantizar la correcta diferenciación de las morfo-especies, lo cual es de mayor relevancia para el análisis de nicho ecológico.

En relación a la variación ambiental, se ha observado que la temperatura es uno de los parámetros más importantes para la comunidad de *Chrysomelidae* (Sánchez-Reyes *et al.*, 2014); no obstante, dicha variable no estuvo asociada con las variaciones de abundancia para ninguna de las especies en la Sierra de San Carlos. Esto puede atribuirse a las condiciones generales del área de estudio, en donde la temporada seca es más severa, y durante estas condiciones las especies buscan refugios en hábitats húmedos (Janzen, 1973). Es probable que la altitud y la humedad relativa influyan de manera directa sobre la vegetación, generando en conjunto la asociación significativa de esos tres parámetros con 13 de las 27 especies de *Cryptocephalinae*. No obstante, existen también otras variables que no fueron consideradas en el gradiente principal del análisis y que pudieran influir en la abundancia de las especies (Dolédéc *et al.*, 2000).

Otro aspecto asociado con el OMI es el concepto de empalme de nicho, que se define como el uso común de recursos por dos o más especies (Colwell y Futuyma, 1971). En este estudio, el recurso común para *Cryptocephalinae* es el medio abiótico, el cual está presente en forma equitativa para todas las especies; por lo tanto, la presencia de diferentes grupos faunísticos asociados a distintas condiciones ambientales en un mismo espacio físico puede atribuirse a una estrategia para evitar la competencia inter-específica en *Chrysomelidae*, dado que las interacciones bióticas entre especies pueden afectar su aptitud y comportamiento y por ende, sus nichos (Hirzel y Le-Lay, 2008). Por otra parte, las especies especialistas se encuentran principalmente en ambientes particulares y son dominantes en las comunidades donde ocurren, por lo cual tienden a presentar alta abundancia local; mientras que las generalistas pueden encontrarse en comunidades con riqueza específica elevada donde la competencia es intensa, llevando a un aumento en la equidad (Boulangeat *et al.*, 2012). Lo anterior pudo constatararse en algunas especies, como *Diachus* sp.1 que presentó la mayor abundancia en el área de estudio, pero fue exclusiva de bajas altitudes y con alto valor de marginalidad y baja tolerancia. En cambio, las generalistas como *Pachybrachis* sp.1 y *Pachybrachis* sp.9, se distribuyeron de manera más equitativa (mayor número de muestras, o bien, pocos sitios pero de condiciones ambientales muy diferentes).

El análisis de nicho ecológico a través de la medición simultánea de variables ambientales y la tasa de crecimiento poblacional en un mismo sitio, permite definir hábitats favorables para las especies. Al combinar estos modelos con predicciones climáticas, sería posible estimar la

dinámica poblacional de dichas especies en otros sitios, con el objetivo de analizar los efectos de la variación climática sobre las comunidades (Pulliam, 2000). Sin embargo, es necesario probar la respuesta de *Cryptocephalinae* en otros ambientes similares, para determinar cuáles especies pueden emplearse como indicadoras de estos cambios.

CONCLUSIONES

La variación en el tipo de vegetación, la humedad relativa y la altitud fueron las variables de mayor importancia para las especies de *Cryptocephalinae* en el área de estudio, permitiendo establecer patrones de respuesta ante la variación ambiental, generando grupos faunísticos. Lo anterior es de importancia para seleccionar futuras especies que puedan ser predictoras de cambios ambientales o climáticos, aunque se requiere evaluar dichos taxa en otros hábitats para determinar si sus respuestas son consistentes a lo largo de diferentes ambientes.

LITERATURA CITADA

- Arriaga, L., Espinoza, J. M., Aguilar, C., Martínez, E., Gómez, L. y E. Loa (Coords.). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad, México. Pp. 355-357.
- Boulangeat, I., Lavergne, S., Van-Es, J., Garraud, L. y W. Thuiller. 2012. Niche breadth, rarity and ecological characteristics within a regional flora spanning large environmental gradients. *Journal of Biogeography*, 39 (1): 204-214.
- Colwell, R. K. y D. J. Futuyma. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, 52 (4): 567-576.
- Dolédec, S., Chessel, D. y C. Gimaret-Carpentier. 2000. Niche Separation in Community Analysis: A New Method. *Ecology*, 81 (10): 2914-2927.
- Flowers, R. W. y P. E. Hanson. 2003. Leaf beetle (Coleoptera: Chrysomelidae) diversity in eight Costa Rican habitats. Pp. 25-51. *En*: Furth, D. G. (Ed.). *Special topics in leaf beetle biology*. Proceedings of the 5th International Symposium on the Chrysomelidae. Pensoft Publishers, Sofia-Moscow.
- Hirzel, A. H. y G. Le-Lay. 2008. Habitat suitability modelling and niche theory. *Journal of Applied Ecology*, 45: 1372-1381.
- Janzen, D. H. 1973. Sweep samples of tropical foliage insects: effects of seasons, vegetation types, elevation, time of day, and insularity. *Ecology*, 54 (3): 687-708.
- Leibold, M. A. 1995. The niche concept revisited: mechanistic models and community context. *Ecology*, 76 (5): 1371-1382.
- 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.
- Pulliam, H. R. 2000. On the relationship between niche and distribution. *Ecology Letters*, 3: 349-361.
- Sánchez-Reyes, U. J., Niño-Maldonado, S. y R. W. Jones. 2014. Diversity and altitudinal distribution of Chrysomelidae (Coleoptera) in Peregrina Canyon, Tamaulipas, Mexico. *ZooKeys*, 417: 103-132.
- Thioulouse, J., Dolédec, S., Chessel, D. y J.-M. Olivier. 1997. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7: 75-83.