

VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS DEL DOSEL ASOCIADOS A *Quercus castanea* A LO LARGO DE UN GRADIENTE DE HUMEDAD

Francisco Javier Loera-Padilla^{1*}, Edmundo Carlos López-Barbosa¹, Antonio González-Rodríguez² y Pablo Cuevas-Reyes¹. ¹Facultad de Biología, UMSNH, Av. Francisco J. Múgica S/N Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Mich., México. ²IIES, UNAM Campus Morelia, Antigua Carretera a Pátzcuaro No. 8701, Col. Ex-Hacienda de San José de La Huerta, C.P. 58190, Morelia Mich., México.

*Autor para correspondencia: francisco55loera@gmail.com.

Recibido: 12/03/2015; aceptado: 24/04/2015.

RESUMEN: La variación espacial en las comunidades de artrópodos del dosel depende de factores bióticos y abióticos. La disponibilidad de agua es un factor abiótico que puede influenciar la estructura de dichas comunidades. En esta investigación se evaluó la diversidad de artrópodos del dosel asociados al encino *Quercus castanea* en un gradiente de humedad en la cuenca de Cuitzeo, Michoacán. Se eligieron cinco individuos de *Q. castanea* en cada uno de cuatro sitios a lo largo del gradiente. Se fumigó el dosel y se identificaron los artrópodos a nivel de familia. Los grupos dominantes fueron Coleoptera, Hemiptera y Diptera. Utilizando Modelos Lineales Generalizados, se encontraron diferencias significativas entre sitios en la abundancia total, número de familias y número de morfoespecies de artrópodos, con los valores más altos observados en los sitios más secos. La humedad es un factor que genera cambios en la variación espacial de la comunidad de artrópodos del dosel en sistemas templados.

Palabras clave: Variación espacial, artrópodos del dosel, *Quercus castanea*, gradiente de humedad.

Spatial variation of the arthropods community in the canopy associated to *Quercus castanea* along a moisture gradient

ABSTRACT: The spatial variation of canopy arthropods communities depends on biotic and abiotic factors. Water availability is an abiotic factor that can influence the structure of such communities. This research evaluated the diversity of canopy arthropods associated to the oak *Quercus castanea* along a moisture gradient in the Cuitzeo Basin, Michoacán. Five *Q. castanea* individuals were chosen in each of four sites along the gradient. The canopy was fumigated and the arthropods were identified to family level. The dominant groups were Coleoptera, Hemiptera and Diptera. Using generalized linear model analyses, significant differences were found among sites in the abundance, number of families and number of arthropods morphospecies, with higher values observed in the drier sites. Humidity is a factor that affects spatial variation of canopy arthropod community in temperate systems.

Keywords: Spatial variation, canopy arthropods, *Quercus castanea*, moisture gradient.

INTRODUCCIÓN

Las interacciones ecológicas entre plantas y animales constituyen la base del funcionamiento de los ecosistemas. Al mismo tiempo, han sido una de las principales causas de la generación de gran parte de la diversidad biológica (Ehrlich y Raven, 1964). Entre los taxa animales que interactúan con las plantas se encuentran los artrópodos, los cuales han tenido el mayor éxito evolutivo sobre la tierra debido a su gran capacidad de adaptación, lo que les ha conferido ser el grupo taxonómico más diverso (Llorente-Bousquets y Morrone, 2002). Los artrópodos que habitan en el dosel arbóreo representan una porción considerable de la biodiversidad de los ecosistemas naturales y juegan un papel ecológico muy importante, ya que regulan la dinámica del dosel afectando diferentes niveles tróficos y funciones

ecosistémicas debido a que se desempeñan como depredadores, polinizadores, detritívoros, parásitos, entre otros (Stork, 1987; Samways, 1994).

La estructura de la comunidad de artrópodos del dosel puede ser afectada tanto por factores abióticos como la fertilidad del suelo, la temperatura y la precipitación, así como por factores bióticos como la concentración de metabolitos secundarios asociados a defensa vegetal, la competencia, la depredación, la perturbación y la fragmentación del hábitat (Larson y Whitham, 1997; Tschardt *et al.*, 2002; Cuevas-Reyes, *et al.*, 2004; Tovar-Sánchez, *et al.*, 2004). Particularmente, la disponibilidad de agua es un factor abiótico importante que puede generar cambios dentro de una comunidad o ecosistema ya que la falta de agua en grandes extensiones de superficie de la tierra es el principal factor que limita la productividad crecimiento y desarrollo vegetal (Rambal, 1993; Jones, 2014), lo cual a su vez afecta indirectamente a su fauna asociada.

En México, los bosques de encinos son de gran importancia ya que ocupan el 17 % de la superficie de los sistemas forestales además de exhibir una alta diversidad y endemismo (Rzedowsky, 1991; Valencia, 2004). Estos ecosistemas presentan una amplia distribución en diferentes condiciones hídricas en el centro del país (Valencia, 2004), lo que los hace un medio interesante para evaluar como factores ambientales como el gradiente de precipitación afecta los patrones espaciales de diversidad de artrópodos del dosel.

En un estudio realizado dentro de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, se observó que la disponibilidad de agua es un factor abiótico importante que genera cambios en los patrones de diversidad de insectos inductores de agallas en sistemas templados asociados a especies de *Q. castanea* (Espinoza-Olvera, 2014). Sin embargo, existe poca información sobre los cambios en la diversidad de artrópodos del dosel asociados a encinos a lo largo de gradientes de humedad. Por lo que el objetivo de este estudio es evaluar el efecto de la humedad sobre la variación espacial de la comunidad de artrópodos del dosel asociados al encino rojo *Q. castanea*, utilizando el gradiente como modelo para detectar estos cambios.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se desarrolló dentro de la Cuenca de Cuitzeo, Michoacán, México, localizada en el Sistema Volcánico Transversal entre los 19° 35' y los 20° 04' N y los 100° 50' y 101° 19' O, con una superficie aproximada de 4,000 km² (Cram *et al.*, 2010). Dentro de esta cuenca se presenta un gradiente de precipitación que va de 600 a los 1,500 mm anuales (García, 1988), y se encuentran diferentes especies de árboles del género *Quercus*, de las cuales *Q. castanea* es la que presenta la mayor abundancia y distribución bajo diferentes condiciones hídricas. Se eligieron cuatro sitios dentro de la cuenca de Cuitzeo (Umécuaro: 19° 32' N, 101° 15' O; Atécuaro: 19° 37' N, 101° 11' W; Lagunillas: 19° 35' N, 101° 23' O y Pico del Águila: 19° 37' N, 101° 20' O) con características diferentes en los patrones de precipitación en los que ocurren poblaciones de *Q. castanea*. Umécuaro es el sitio más seco con 950 mm de precipitación media anual; Atécuaro presenta 1,000 mm de precipitación media anual; Lagunillas posee 1,150 mm de precipitación media anual y el Pico del águila representa al sitio más húmedo con 1,200 mm de precipitación media anual (Fernández-Eguiarte *et al.*, 2012). En cada uno de los sitios se seleccionaron cinco árboles de *Q. castanea* al azar sumando un total de 20 unidades de muestreo. Aplicando la técnica de “fogging” se fumigó el dosel de cada individuo utilizando un termonebulizador (SWINGFOG SN-50) al que se le agregó un insecticida biodegradable de emulsión acuosa (AquaPy, AgrEvo, Mexico). Bajo el dosel de cada árbol se instalaron seis trampas de caída de 1 X 1 m² en forma de embudo. Los artrópodos interceptados fueron depositados en frascos recolectores con etanol al 70 % (Erwin, 1983). Las recolecciones se realizaron de agosto a noviembre del 2012. En el laboratorio los ejemplares fueron separados por morfoespecies e identificados a nivel de familia mediante las claves de Chu (1949), Kaston (1987), Triplehorn y Johnson (2005).

Los datos obtenidos se analizaron utilizando Modelos Lineales Generalizados (MLG) con un error de tipo Poisson (McCullagh, 1984), para evaluar las diferencias en la abundancia, composición y riqueza de la comunidad de artrópodos del dosel entre los sitios que componen el gradiente de precipitación. Se realizó una regresión lineal para evaluar la relación del número de familias con el número de órdenes así como la relación de la abundancia y la riqueza. Los análisis se realizaron utilizando el software JMP.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se reporta un total de 7,448 individuos agrupados en 165 familias de 16 órdenes, con una riqueza total de 755 morfoespecies. Los órdenes con mayor número de individuos corresponden a Coleoptera (1594-21.40 %), Hemiptera: Heteroptera: Auchenorrhyncha: Sternorrhyncha (1346-18.07 %), Psocoptera (1123-15.07 %), Diptera (955-12.82 %) y Collembola (745-10 %). Por otro lado, los órdenes con mayor número de familias pertenecen a Coleoptera (27-16.36 %), Diptera (26-15.75 %), Hemiptera (26-15.75 %), Hymenoptera (23-13.93 %) y Lepidoptera (17-10.30 %), mientras que los órdenes menos diversos son Dermaptera (2-1.21 %), Blattodea (2-1.21 %), Ephemeroptera (1-0.60 %) y Opilionida (1-0.60 %). Los resultados concuerdan con estudios realizados en el dosel de bosques tropicales y templados (Marqués, 2006; Gasca e Higuera, 2008) en donde se han reportado a estos grupos como dominantes. El análisis de regresión lineal mostró que el número de familias presentes por sitio está relacionado positivamente con el número de órdenes ($R^2 = 0.31$; $P = 0.009$) (Fig. 1A), por lo que a mayor diversidad de órdenes mayor será la riqueza de familias; lo mismo sucede con la relación abundancia-riqueza ya que la riqueza se incrementa a medida que la abundancia de artrópodos aumenta ($R^2 = 0.80$; $P = 0.0001$) (Fig. 1B).

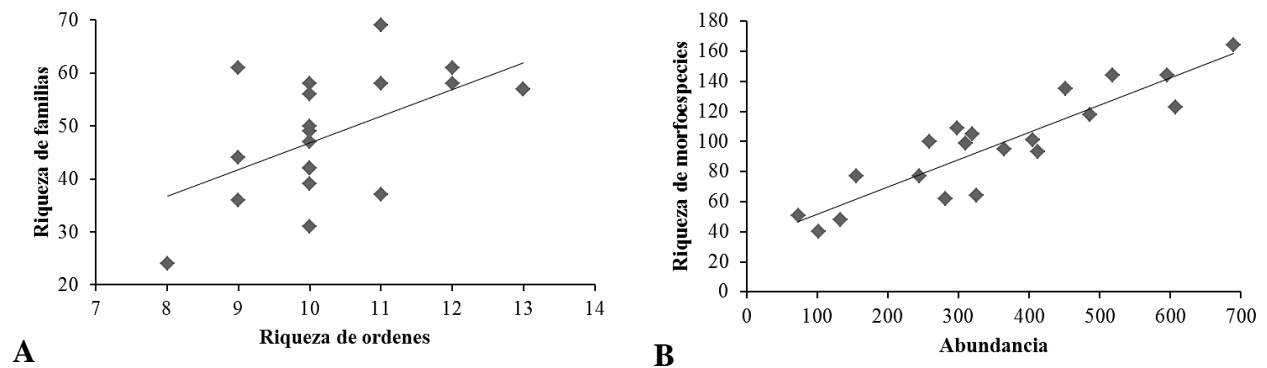


Figura 1. A) Relación entre la riqueza de familias y la riqueza de órdenes de artrópodos del dosel ($R^2 = 0.31$; $P = 0.0096$). B) Relación entre la riqueza de morfoespecies y la abundancia de artrópodos del dosel ($R^2 = 0.80$; $P = 0.0001$).

El análisis MLG para evaluar la variación en la composición de órdenes a lo largo de los sitios de estudio no mostró diferencias significativas ($\chi^2 = 0.38$; d.f. = 3; $P = 0.94$) (Fig. 2A); por lo que las condiciones locales del sitio (humedad) no afectan la presencia de artrópodos a nivel de orden. Esto tiene sentido ya que los órdenes están compuestos por una amplia variedad de organismos que pueden adaptarse a diferentes condiciones ambientales (Triplehorn y Johnson, 2005). Por otro lado al comparar la precipitación media anual de cada sitio con la riqueza de familias arrojó valores significativos ($\chi^2 = 30.98$; d.f. = 3; $P < 0.0001$) (Fig. 2B), siendo Atécuaro el sitio con el mayor número de familias.

Se encontraron diferencias significativas en la abundancia de artrópodos del dosel a lo largo del gradiente de humedad ($\chi^2 = 970.75$; d.f. = 3; $P < 0.0001$) (Fig. 3A), reportando los valores más altos de abundancia para Atécuaro. De igual manera, se presentan diferencias significativas en la riqueza de morfoespecies de artrópodos en los sitios que componen el gradiente de humedad ($\chi^2 = 158.44$;

d.f. = 3; $P < 0.0001$) (Fig. 3B), siendo nuevamente Átecuaro el sitio más rico. Cabe mencionar que este fue el único lugar en el cual se presentó el orden Ephemeroptera.

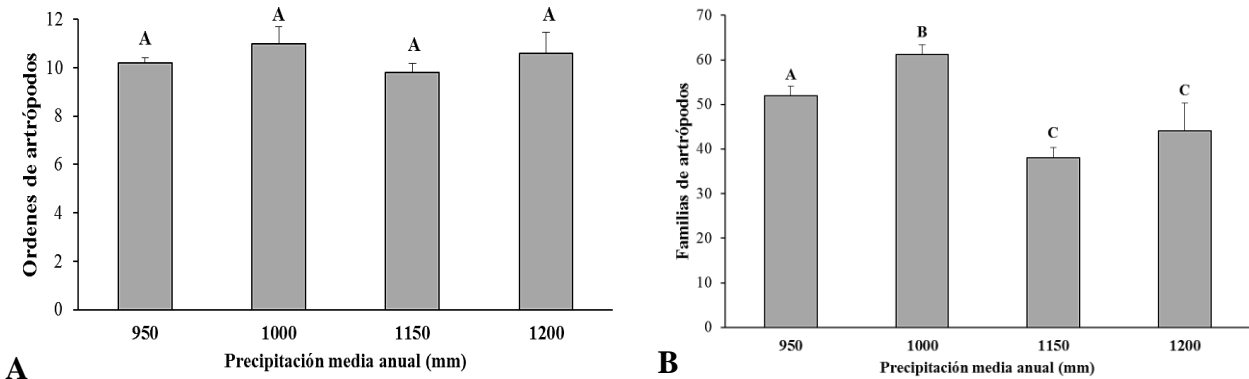


Figura 2. Comparación del número de órdenes y familias de artrópodos del dosel bajo un gradiente de humedad. A) ($\chi^2 = 0.38$; d.f. = 3; $P = 0.94$). B) ($\chi^2 = 30.98$; d.f. = 3; $P < 0.0001$). De acuerdo a las pruebas *post-hoc* letras iguales indican similitud y letras distintas indican diferencias.

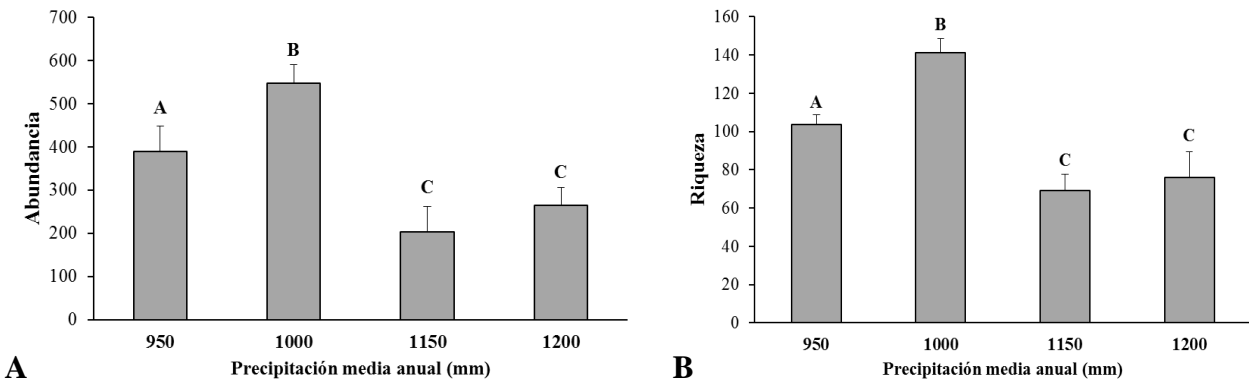


Figura 3. Comparación de la abundancia y riqueza de artrópodos del dosel bajo un gradiente de humedad. A) $\chi^2 = 970.75$; d.f. = 3; $P < 0.0001$. B) $\chi^2 = 158.44$; d.f. = 3; $P < 0.0001$. De acuerdo a las pruebas *post-hoc* letras iguales indican similitud y letras distintas indican diferencias.

Los resultados mostraron un patrón asociado al gradiente de precipitación en la comunidad de artrópodos del dosel, se observa que la disponibilidad de agua es un factor importante que genera cambios en la variación espacial de dicho grupo, siendo los sitios más secos (950-1,000 mm) los que presentaron la mayor diversidad. Schowalter (2006) encuentra que las fluctuaciones en las condiciones climáticas pueden provocar considerables cambios en la composición y abundancia de especies de artrópodos y, por tanto, en la estructura de la comunidad; siendo de particular importancia la humedad, la cual en la mayoría de las especies presenta una relación directa con su abundancia, mientras que, para una menor proporción no muestran respuesta alguna ante los cambios de esta condición. Alvarado-Rosales *et al.* (2007) encuentran que una de las principales causas de la declinación y muerte de encinos en el centro-oeste del país es el estrés hídrico, lo cual los hace susceptibles a infecciones por patógenos y ataque de insectos herbívoros. El incremento de este gremio podría desencadenar un efecto ascendente en la comunidad de estos invertebrados terrestres, ocasionando que los niveles tróficos superiores aumenten sus números por la disponibilidad de recursos, lo que podría explicar la alta diversidad encontrada en los sitios más secos. La comprensión del efecto de la humedad sobre la distribución espacial de los artrópodos del dosel podría contribuir

al entendimiento de la función y la estructura de los ecosistemas forestales desde un enfoque interacción plata-animal.

CONCLUSIONES

El número de órdenes se encuentra relacionado positivamente con el número de familias, de la misma manera que la relación a abundancia-riqueza.

La disponibilidad de agua es un factor abiótico importante que genera cambios en la composición espacial de artrópodos del dosel en sistemas templado asociados a *Quercus castanea*, siendo los sitios de menor humedad aquellos que presentaron una mayor diversidad de artrópodos. Además de lo anterior, este estudio enriquece la información sobre los artrópodos de la cuenca de Cuitzeo Michoacán.

AGRADECIMIENTOS

A la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la UMSNH por proporcionar parte del presupuesto para la elaboración de este estudio. A Stuart H. McKamey, Jezabel Báez Santacruz, Alfonso Neri García Aldrete por su ayuda con la corroboración de algunos ejemplares y a Gabriel Otero Colina por su ayuda con la identificación del grupo Acari.

LITERATURA CITADA

- ALVARADO-ROSALES, D., SAAVEDRA-ROMERO, DE L., ALMARAZ-SÁNCHEZ, B. A., TLAPAL-BOLAÑOS, O., TREJO-RAMÍREZ, J. M., DAVIDSON, J. T., KLIEJUNAS, S., OAK, J. G., O'BRIEN, F., OROZCO-TORRES Y D. QUIROZ-REYGADAS. 2007. Agentes asociados y su papel en la declinación y muerte de encinos (*Quercus*, Fagaceae) en el centro-oeste de México. *Polibotánica*, 23: 1-21.
- CHU, H. F. 1949. How to know the immature insects. Dubuque, Iowa, Brown, 234 p.
- CRAM, S., GALICIA, L. E I. ISRADE-ALCÁNTARA. 2010. Atlas de la cuenca del lago de Cuitzeo: análisis de su geografía y su entorno socioambiental, Instituto de Geografía-UNAM/Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México, 311 p.
- CUEVAS-REYES, P., QUESADA, M., SIEBE, C. AND K. OYAMA. 2004. Spatial patterns of herbivory by gall-forming insects: A test of the soil fertility hypothesis in a Mexican tropical dry forest. *Oikos*, 107: 181–189.
- EHRlich, P. R. AND P. H. RAVEN. 1964. Butterflies and plants: A study in coevolution. *Evolution*, 18: 586–608.
- ERWIN, T. L. 1983. Tropical forest canopies: the last biotic frontier. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 29(1): 14–20.
- ESPINOZA-OLVERA, N. A. 2014. Diversidad y estructura de ensamblajes tróficos de insectos inductores de agallas y parasitoides asociados a *Quercus castanea* a lo largo de un gradiente hídrico en la Cuenca de Cuitzeo. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas. UMSNH. Morelia, Michoacán, México. 84 pp.
- FERNÁNDEZ-EGUIARTE A., ZAVALA-HIDALGO, J. Y R. ROMERO-CENTENO. 2012. Atlas Climático Digital de México (versión 2.0). Centro de Ciencias de la Atmósfera. UNAM. Servicio Meteorológico Nacional, CONAGUA. <http://atlasclimatico.unam.mx/atlas/mich/mich.html>.
- GARCÍA, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Copen. UNAM, México, D.F. 217 pp.
- GASCA, H. J., Y D. HIGUERA. 2008. Artrópodos asociados al dosel de un robleal de "*Quercus humboldtii*" Bonpl. (Fagaceae) de la reserva Bosque Macanal (Bojacá, Colombia). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 43: 173–185.
- JONES, H. G. 2014. Plants and Microclimate: A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Ed. 3th. Ed. Cambridge Univ. Press. United States of America. N.Y. 423 pp.
- KASTON, B. J. 1978. How to know the spiders. 3th Edition. William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 272 pp.

- LARSON, K. C. AND T. G. WHITHAM. 1997. Competition between gall aphids and natural plant sinks: plant architecture affects resistance to galling. *Oecologia* (Berl), 109: 575–582.
- Llorente-Bousquets, J. y J.J. Morrone. 2002. Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento, Vol. III. Facultad de Ciencias, UNAM, México, D.F.
- MARQUÉS, M. I., ADIS, J., SANTOS, G. B. D. AND L. D. BATTIROLA. 2006. Terrestrial arthropods from tree canopies in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 50(2): 257–267.
- MCCULLAGH, P. 1984. Generalized linear models. *European Journal of Operational Research*, 16(3): 285–292.
- RAMBAL, S. 1993. The differential role of mechanisms for drought resistance in a Mediterranean evergreen shrub: a simulation approach. *Plant, Cell and Environment*, 16: 35–44.
- RZEDOWSKY J. 1991. Diversity and origin of the Phanerogamic flora of Mexico. *In*: Pp: 129–144. Ramamoorthy, T. P., Lot, A. and J. Ita (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: origins and distribution*. Oxford University Press, New York, P.B., HERNIMAN, K.A.J.
- SAMWAYS M. J. 1994. *Insect Conservation Biology*. Chapman and Hall, London. 310 pp.
- STORK, N. E. 1987. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecological Entomology*, 12: 69–80.
- SCHOWALTER, T. D. 2006. *Insect Ecology: an Ecosystem Approach*. Ed. 3th. Academic Press, San Diego. 650 pp.
- STORK N. E. 1987. Guild structure of arthropods from Bornean rain forest trees. *Ecological Entomology*, 12: 69–80.
- TOVAR-SÁNCHEZ, E., CANO-SANTANA, Z. AND K. OYAMA. 2004. Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation*, 115: 79–87.
- TRIPLEHORN, C. A. AND N. F. JOHNSON. 2005. *Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects*. 7th Edition. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole. 864 pp.
- TSCHARNTKE, T., STEFFAN-DEWENTER, I., KRUESS, A. AND C. THIES. 2002. Characteristics of insect populations on habitat fragments: a mini review. *Ecological research*, 17(2): 229–239.
- VALENCIA, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75: 33–53.