

Sistemas agroforestales y mariposas diurnas en zonas con efecto de borde en bosque mesófilo

Rosa María García-Núñez¹
Saúl Ugalde-Lezama^{2§}
Isauro Alfonso Sandoval-Pérez¹
Claudio Romero-Díaz¹

¹Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, Texcoco, México. CP. 56230. Tel. 595 9521500. (blondynunez@gmail.com; favia_rd@hotmail.com). ²Departamento de Suelos-Área de Recursos Naturales Renovables-Universidad Autónoma Chapingo. Carretera Federal México-Texcoco km 38.5, Texcoco, México. CP. 56230.

§Autor para correspondencia: biologo-ugalde@hotmail.com.

Resumen

En el año 2016 se realizó el seguimiento de mariposas diurnas con el objeto de establecer la importancia de 33 efectos de borde (EB) conformados por tres sistemas agroforestales tradicionales inmersos en un bosque mesófilo fragmentado en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz. Se estableció muestreo sistemático y recuento en puntos con radio fijo: Los análisis se realizaron por: A) familias con EB; B) subfamilias con EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo. La riqueza y abundancia relativa se evaluaron mediante Jackknife1 y la diversidad con Shannon-Wiener. Kruskal-Wallis para los tres índices, Clúster (riqueza y abundancia) y χ^2 (abundancia). Jackknife1 mostró valores: 70.62; 47.60; 96.66, 80.27%. No existieron diferencias: $F=16, p=0.724$; $F=9, p=0.4966$; $F=20, p=0.6584$; $F=13, p=0.5953$. Clúster exhibieron de 3 a 5 amalgamaciones. El IAR presentó valores promedios mínimos-máximos de 0.001-0.578. No existieron discrepancias: $F=26, p=0.5642$; $F=20, p=0.6271$; $F=22, p=0.8414$; $F=30, p=0.4376$. Clúster exhibieron de 3 a 5 amalgamaciones. χ^2 manifestó valores: $p=0.5396, p=0.7577, p=0.5708, p=0.3083$. Shannon-Wiener exhibió valores: $H'=1.38; H'=2.4; H'=1.49; H'=2.49$. En dos casos no hubo diferencias: $F=3, p=0.2839; F=3, p=0.2839$; sin embargo, en dos sí: $F=5, p<0.0003; F=11, p<0.0015$. Se muestran resultados, respectivamente para A, B, C, D. Se estimaron-compararon los parámetros bajo estudio de mariposas diurnas en los EB considerados, la presente sienta las bases para futuras investigaciones de la Lepidopteroфаuna en sistemas agroforestales y EB para esta región particular de Veracruz.

Palabras clave: biodiversidad, lepidóptera, monitoreo, Sierra de Zongolica.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

Introducción

Entre los ecosistemas más amenazados en México se encuentra el bosque mesófilo de montaña (BMM; CONABIO, 2010). Este tipo de hábitat presenta una distribución restringida a nivel nacional (1%), albergando aproximadamente 10% de la flora y la fauna del territorio (Ochoa-Ochoa y Mejía-Domínguez, 2014), destacando la presencia de 459 taxones de mariposas de las familias Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (Monteagudo *et al.*, 2014).

Un bosque mesófilo de interés ecológico se encuentra en la Sierra de Zongolica, ubicada dentro de la subregión Huautla-Zongolica, misma que abarca los estados de Veracruz, Oaxaca y Puebla, dicha área está catalogada como de prioridad crítica para la conservación, manejo y restauración de tal ecosistema, pues la actividad agrícola y la deforestación han provocado cambios en los patrones de uso de suelo y biodiversidad, los cuales no han sido evaluados (CONABIO, 2010).

Los lepidópteros, además de jugar un rol preponderante dentro de las cadenas tróficas y la polinización (Munyuli, 2011), pueden utilizarse para el monitoreo del hábitat. Las mariposas diurnas son uno de los grupos biológicos más confiables como bioindicadores, por su sensibilidad a modificaciones ambientales y su facilidad de observación e identificación (Villarreal *et al.*, 2006) adicionalmente, poseen un uso potencial en programas de educación ambiental y biocomercio.

A pesar de su importancia ecológica, económica y social, en el estado de Veracruz dicho grupo de insectos se ha estudiado más desde el punto de vista taxonómico y en hábitats conservados de bosque mesófilo de montaña y bosque tropical perennifolio (Hernández *et al.*, 2010) sin efectuarse investigación dentro de sistemas agroforestales y menos aún en zonas con efecto de borde, siendo la lepidopterofauna de la sierra de Zongolica una de las menos conocidas (UNIBIO, 2013). Lo anterior, se debe a la inadecuada instrumentación de la política conservacionista moderna, la cual se ha centrado en la protección de áreas prístinas, ignorando hasta hace poco el potencial de áreas agrícolas, especialmente de los sistemas agroforestales, donde los cultivos se asocian con plantas leñosas, para la conservación de la biodiversidad (Perfecto *et al.*, 2003).

Dependiendo de su grado de complejidad estructural, dichos sistemas productivos pueden sostener mayor biodiversidad que los monocultivos, además de otros servicios ambientales (captura de carbono), contribuyendo para la conservación y aprovechamiento sustentable de mariposas en paisajes agrícolas fragmentados, y coadyuvando en el desarrollo de las comunidades rurales (Jose, 2009; Francesconi *et al.*, 2013). Por lo tanto, en la presente investigación se evaluó el efecto de borde en tres sistemas agroforestales tradicionales (café, maíz, traspatio) y su potencial relación en el mantenimiento de la diversidad de mariposas diurnas en un bosque mesófilo de montaña fragmentado en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz.

Materiales y métodos

Área de estudio

Se ubica en las coordenadas 18° 36 75.7', 18° 37.097' de latitud norte y 96° 57.635', 96° 57.989' de longitud oeste, entre las cotas de los 1154-1505 msnm; cuenta con una superficie de 21.7 ha, las cuales se localizan dentro de Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz, México (INEGI, 2009).

En dicha zona se delimitó un polígono compuesto por 24 parcelas, utilizando el criterio de efecto de borde como confluencia entre cada una de ellas (EB).

Muestreo y toma de datos

Se seleccionaron 44 puntos de monitoreo mediante un muestreo sistemático a conveniencia, determinándose 33 tipos de EB: 25 asociados a sistemas agroforestales tradicionales (café, maíz, traspatio) y ocho con áreas reforestadas, vegetación secundaria y vegetación primaria. La ubicación de cada punto se estableció considerando al menos 20 m entre cada punto.

En promedio cada mes se realizó el seguimiento de las mariposas, entre junio-octubre de 2016, aplicándose cinco muestreos con duración de 4-5 días cada uno, durante días despejados (sin lluvia), en un horario de 08:00 a 17:00 h, en cada punto de monitoreo se emplearon 20 min de colecta, con un total de 73.3 h de esfuerzo de muestreo efectivo. A lo largo del estudio se rotó el horario de visita a los puntos de monitoreo considerados. En cada EB se implementó, como base, el método de recuento en puntos con radio fijo propuesto por Ralph *et al.* (1996); sin embargo, fue modificado utilizando el centro como punto de monitoreo y se colectaron los ejemplares alrededor del mismo dentro de un radio de 15-20 m.

La captura de adultos (imago) fue mediante redes entomológicas aéreas, los ejemplares atrapados fueron inmovilizados ejerciendo presión sobre su tórax, introduciéndolos posteriormente a un frasco letal con acetato de etilo; los organismos sacrificados se colocaron en sobres de papel y celofán debidamente rotulado y fueron puestos a secar a temperatura ambiente para su posterior identificación (Beutelspacher 1983). El estudio de las muestras se realizó en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), utilizando el procedimiento sugerido por Andrade *et al.* (2013) para el humedecimiento de ejemplares; sin embargo, el montaje se efectuó siguiendo la metodología propuesta por De la Maza (1993).

Los organismos montados fueron puestos a secar a temperatura ambiente por un periodo de dos semanas, y al término de éste se procedió a su determinación taxonómica utilizando como referencia las obras de De la Maza (1993); Glassberg (2007); Hernández *et al.* (2010), así como listas virtuales ilustradas por Warren *et al.* (2017); Garwood (2016).

Análisis de datos

Para determinar la riqueza de especies de los EB, se utilizaron los datos de presencia-ausencia para los datos de: A) familias por EB; b) subfamilias por EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo de mariposas registradas; mismos que fueron analizados mediante Jackknife1 (Bojorges *et al.*, 2006), dicho análisis se llevó a cabo en Estimates 9.1.0 (Colwell, 2013). Para estimar la abundancia se aplicó el índice de abundancia relativa (Moreno *et al.*, 2011). La diversidad de especies se obtuvo mediante Shannon-Wiener, dicha estimación se desarrolló en Estimates 9.1.0. (Colwell, 2013). Con el fin inferir posibles diferencias en la riqueza, abundancia y diversidad se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis (McDonald, 2014). Para evidenciar gráficamente posibles diferencias en la riqueza y abundancia se desarrollaron análisis Clúster (Briceño *et al.*, 2016). Para conocer si lo registrado es similar a lo esperado se aplicó χ^2 éstos últimos análisis se realizaron en JMP IN v. 12.2.0 (SAS Institute Inc., 2015).

Resultados

Se determinó la ocurrencia en el área de estudio de 147 (12.5%) de las 1173 especies-subespecies de mariposas diurnas registradas para el estado de Veracruz, mismas que pertenecen a 18 de las 21 subfamilias de lepidópteros diurnos de tal entidad (Luis *et al.*, 2011). Se registró la presencia de una especie no reportada para el estado, *Adelpha seriphia*, perteneciente a la familia Nymphalidae, subfamilia Biblidinae.

Los resultados de riqueza, obtenidos mediante el estimador Jackknife1 de los datos de presencia-ausencia para: A) familias por EB; B) subfamilias por EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo, evidencian que hasta ahora con el esfuerzo de muestreo implementado se conoce porcentualmente 70.62; 47.60; 96.66 y 80.27%, respectivamente, de las especies teóricamente predichas por los modelos (Figura 1).

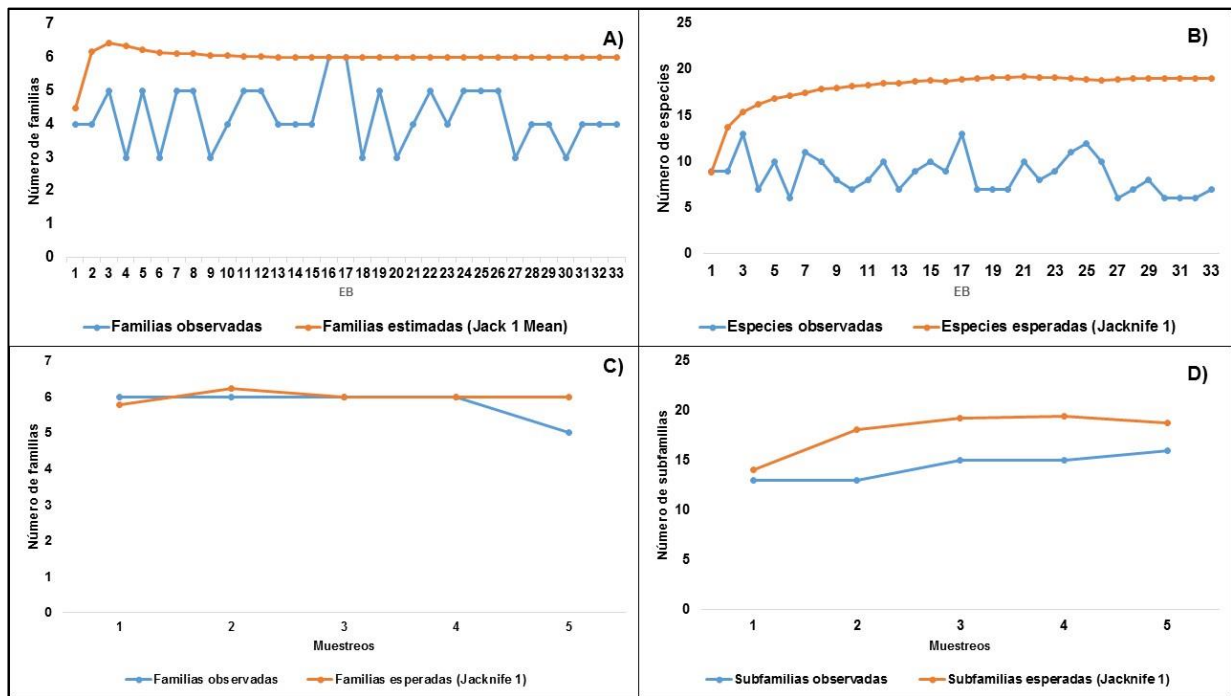


Figura 1. Curvas de rarefacción estimadas mediante Jackknife1 de los datos estimados en los EB evaluados.

Los resultados de conglomerados para la riqueza (número de especies) de los datos previamente señalados; evidenciaron la conformación de 4; 5; 3; 3 clústers (amalgamaciones), respectivamente, lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en la riqueza para cada uno de ellos (Figura 2).

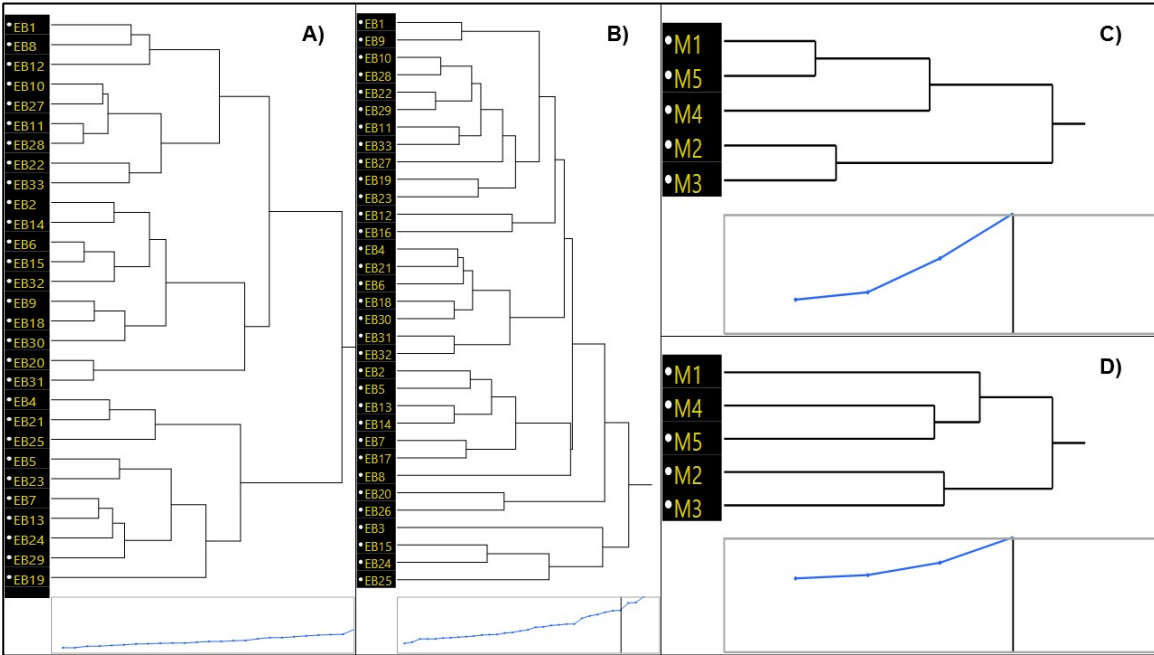


Figura 2. Clústeres de riqueza para los datos registrados en los EB evaluados.

Los resultados obtenidos mediante el estimador de Abundancia relativa efectuado con los datos de frecuencia para: A) familias por EB; B) subfamilias por EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo, evidencian los siguientes valores promedio (Figura 3).

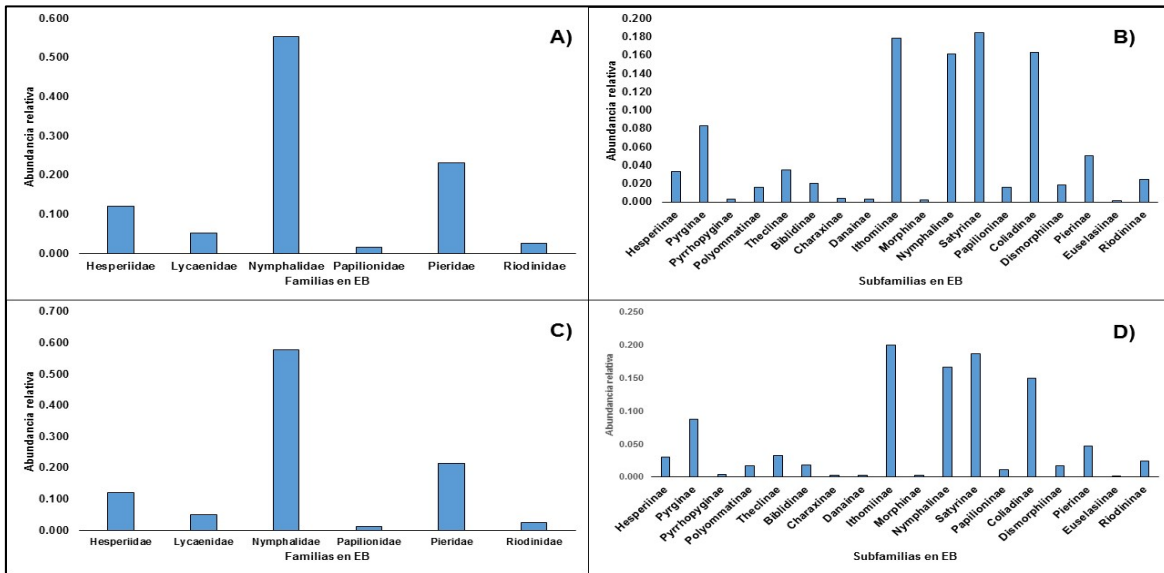


Figura 3. Abundancia relativa de número de individuos de mariposas diurnas registradas.

Los resultados de Clúster de abundancia para los datos: A) número de individuos por familia; B) número de individuos por subfamilia; C) número de individuos por Familia en cada muestreo; y D) número de individuos por subfamilia en cada muestreo, evidenciaron la conformación de 5; 5; 3 y 3 grupos de frecuencias o Clústers (amalgamaciones), respectivamente, lo que evidencia una tendencia gráfica diferencial en la abundancia para cada uno de ellos (Figura 4).

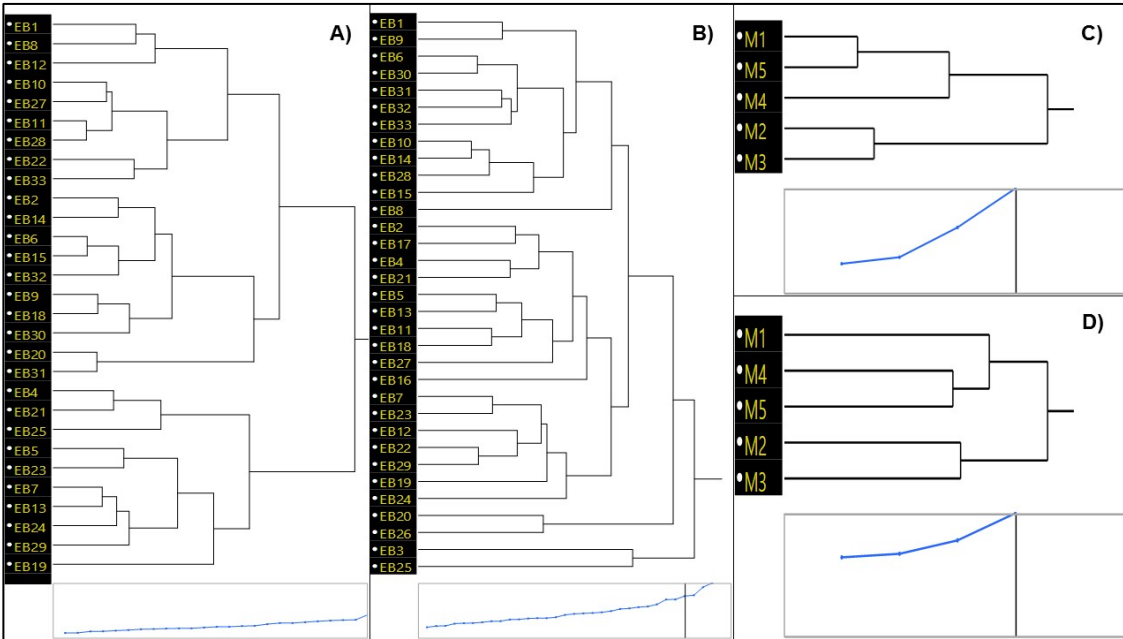


Figura 4. Clúster de abundancia de los datos registrados en los EB evaluados.

Los resultados de χ^2 para los datos anteriormente citados; muestran que la proporción en la abundancia es estadísticamente similar en cada uno de ellos, exhibiendo valores de $p= 0.5396$; $p= 0.7577$; $p= 0.5708$ y $p= 0.3083$, respectivamente.

Los resultados de diversidad estimados; a través, de Shannon-Wiener de los datos de presencia-ausencia para: A) familias por EB; B) subfamilias por EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo; evidenciaron valores de $H'=1.38$; $H'= 2.4$; $H'= 1.49$ y; $H'= 2.49$, respectivamente (Figura 5).

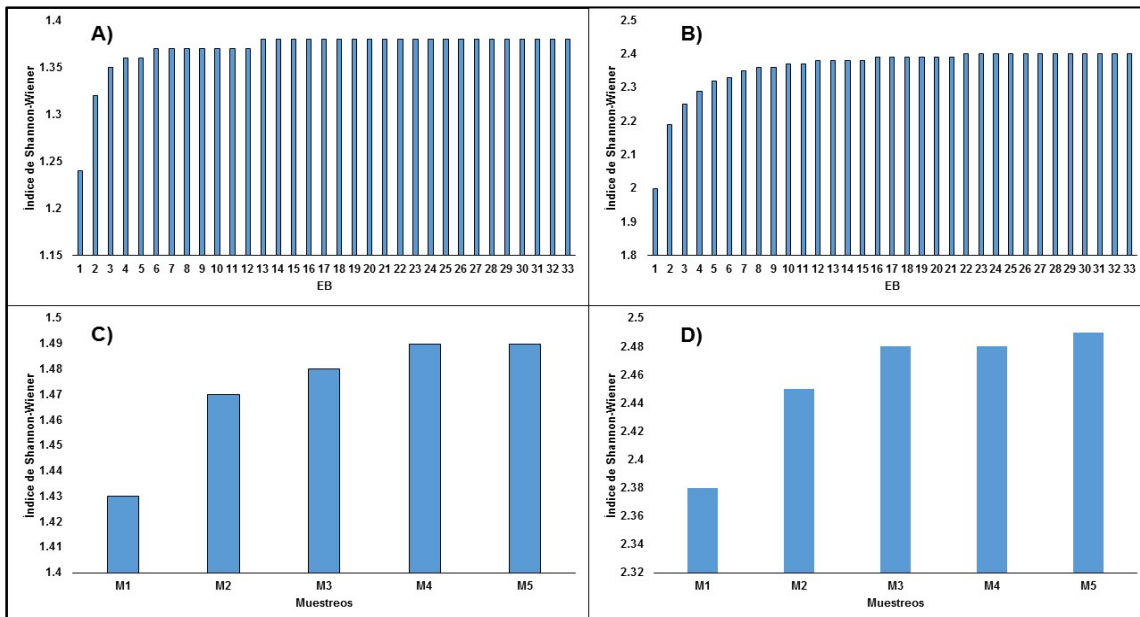


Figura 5. Resultados de diversidad obtenidos mediante Shannon-Wiener en los EB evaluados.

Los resultados de Kruskal-Wallis de riqueza, abundancia y diversidad para los datos: A) familias por EB; B) subfamilias por EB; C) familias por muestreo; y D) subfamilias por muestreo, mostraron que no existen diferencias entre ellos, a excepción de la diversidad (familias y subfamilias de los EB; Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados de Kruskal-Wallis para riqueza, abundancia y diversidad.

	Grados de libertad	Ji cuadrada
Riqueza		
A) Familias por EB	16	0.724
B) Subfamilias por EB	9	0.4966
C) Familias por muestreo	20	0.6584
D) Subfamilias por muestreo	13	0.5953
Abundancia		
A) Familias por EB	26	0.5642
B) Subfamilias por EB	20	0.6271
C) Familias por muestreo	22	0.8414
D) Subfamilias por muestreo	30	0.4376
Diversidad		
A) Familias por EB	5	0.0003
B) Subfamilias por EB	11	0.0015
C) Familia por muestreo	3	0.2839
D) Subfamilia por muestreo	3	0.2839

Discusión

Los patrones de riqueza encontrados en familias coinciden con los estudios reportados por Monteagudo *et al.* (2014); Mas y Dietsch (2003); Perfecto *et al.* (2003); Connell (1978) quienes de igual forma registraron algunas de las familias evaluadas; sin embargo, ellos no contemplaron a los EB como una variable determinante en la riqueza de mariposas, por lo que la presencia de éstas en EB en sistemas agroforestales era aún desconocida, lo que presume información básica de este grupo de lepidópteros bajo condiciones de producción compatibles con el ambiente.

Los registros para riqueza de especies por muestreo coinciden con lo reportado por Hernández *et al.* (2016) quienes aplicaron un estudio para la zona centro del estado de Veracruz, observando que el registro más alto de especies ocurre de finales de mayo al mes de agosto lo cual concuerda con los resultados de esta investigación, debido a que en este periodo se observó el pico más alto de mariposas registradas.

En contraste Francesconi *et al.* (2013) examinaron el potencial de la agroforestería y otras prácticas agrícolas para la conservación de mariposas en Sao Paulo, Brasil, determinando que el sistema agroforestal café bajo sombra tiene mayor potencial para la conservación de mariposas que los monocultivos yuca y caña de azúcar, lo que difiere con la presente registrando el número más alto de mariposas en traspacio asociado a un huerto casero; sin embargo, no fue considerado el EB como un factor determinante en la riqueza de especies, menos a un sitio con bosque mesófilo fragmentado.

De forma opuesta, en una investigación efectuada con mariposas frugívoras en fragmentos de bosque secundario y bosque maduro en Sulawesi Central, Indonesia; Veddeker *et al.* (2005) determinaron que sitios con vegetación secundaria albergan menor riqueza de especies en comparación a bosques maduros. Sin embargo, a pesar de que los registros de mariposas en el presente estudio, bajo dichas condiciones, resulta menor en comparación a otras condiciones evaluadas, dichos autores no ligaron el EB como una condición determinante, menos aún el análisis de un sitio con zonas agroforestales inmersas a un bosque mesófilo fragmentado, contemplando no solo especies frugívoras sino la lepidópteroфаuna en general.

La abundancia obtenida en subfamilias de mariposas registradas coincide con Sánchez *et al.* (2013) quienes, en un sistema agroforestal cafetalero de Costa Rica, identificaron a Satyrinae e Ithomiinae como las subfamilias con mayor número de individuos, especialmente de la especie *Hermeuptychia hermes*. Sin embargo, la tendencia general para el registro de dicha especie en el presente estudio no solo resultó significativa para el área con condiciones de presencia de café, sino que mostró la mayor frecuencia en el registro de subfamilias para todos los EB contemplados.

Además la vegetación arbórea asociada con sistemas agroforestales tradicionales manifiesta valores de riqueza y abundancia cercanos a los de hábitats conservados, esto debido a la inclusión de plantas frutales, ornamentales y otros árboles de usos múltiples, favoreciendo la ocurrencia de lepidópteros, que aprovechan los recursos alimenticios ofertados por tales elementos de la vegetación a lo largo de su ciclo fenológico ya que el mayor número de individuos se registró en el sitio integrado en su mayoría por plantas ornamentales y frutales de traspatio-huerto casero coincidiendo con lo reportado por (Marín *et al.*, 2011). No obstante, a pesar de concordar con estos autores la importancia de la presente es que a pesar de considerar efectos de borde y sitios sumergidos en un bosque mesófilo se aplicó el estudio en diferentes sistemas agroforestales, con estructura diferente.

En un estudio similar, Robinson y Sutherland (2002) evaluaron la abundancia y riqueza de mariposas diurnas en bordes no cultivados de campos agrícolas en Reino Unido, aplicando distintos tratamientos de manejo, identificaron que la siembra de pasto y flores silvestres incrementa la abundancia de mariposas, lo cual concuerda con la presente debido a que los registros más altos de mariposas se observaron en un punto en donde las plantas de ornato fueron una característica principal del hábitat.

Por su parte Moguel y Toledo (1999) confirman que los sistemas agroforestales cafetaleros presentan mayor abundancia de mariposas, representando un sistema viable para el resguardo de la biodiversidad. Sin embargo, en la presente investigación, el cultivo de café, como sistema tradicional en comparación con las otras condiciones evaluadas, no mostró un índice alto de abundancia, su importancia radica en ser uno de los primeros registros en evaluar a mariposas diurnas en sistemas agroforestales de un bosque mesófilo teniendo como prioridad el efecto de borde.

La diversidad obtenida concuerda, con Drewniak *et al.* (2016) quienes aplicaron un estudio en torno a la lepidópteroфаuna asociada a una reserva natural urbana (General San Martín, Córdoba, Argentina), reportan para dicho grupo taxonómico valores análogos a los registrados en el presente. Sin embargo, el actual estudio fue aplicado en sitios cercanos a sistemas agroforestales (áreas perturbadas) teniendo en cuenta el efecto de borde entre sitios conservados y dichos sistemas.

De esta manera se dan a conocer los primeros registros sobre diversidad de mariposas sumergidas en un bosque mesófilo, aplicando captura directa de los ejemplares y contemplando el EB como un factor preciso de evaluación en sitios particulares de México contemplando para dicho estudio diferentes sistemas agroforestales.

Conclusiones

Se estimó y comparó la riqueza, abundancia, diversidad de especies de mariposas diurnas en los EB considerados. Con ello, se logró establecer la relación e importancia entre los tres sistemas agroforestales tradicionales y una parte importante de la diversidad de mariposas diurnas, específicas de este tipo de EB en Xochitla, Mixtla de Altamirano, Veracruz.

Se reportan los primeros registros sobre el conocimiento de la Lepidopteroфаuna de este tipo de sistemas en la zona, por lo que resultará ser la base para estudios futuros en los que se sugiere, implementar este diseño científico-metodológico al interior de las parcelas que conforman dichos sistemas de producción, mismos que conforman los EB bajo estudio, incrementando el esfuerzo de muestreo en una escala espacio-temporal, con el objeto de obtener un listado más completo y preciso de la diversidad de mariposas que hacen uso de dichos agroecosistemas, inmersos en este bosque mesófilo de montaña fragmentado, para esta región particular de México.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). A la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, del Departamento de Suelos. Al Sr. Alfonso Pérez Amayo y al Sr. Santos Xochiquiquisqui Xochiquiquisqui, por su invaluable apoyo durante las colectas. Al C. Agustín Rodríguez Fuentes por su apoyo en la identificación taxonómica del material entomológico.

Literatura citada

- Andrade, C.; Henao, B. y Triviño, P. 2013. Técnicas y procesamiento para la recolección, preservación y montaje de mariposas en estudios de biodiversidad y conservación. (Lepidoptera: Hesperioidea-Papilionoidea). Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. 37(144):311-325.
- Beutelspacher, B. 1983. Como hacer una colección de mariposas. 2ª (Ed.). Publicaciones de Divulgación. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México, DF. 106 p.
- Bojorges, B.; López, L.; Tarango, L.; Herrera, J. y Mendoza, G. 2006. Combinación de métodos de muestreo para registrar la riqueza de especies de aves en ecosistemas tropicales. Universidad y Ciencia. 22(2):111-118.
- Briceño, J.; Iñiguez, V.; Ravera, F. 2016. Factores que influyen en la percepción de servicios de los ecosistemas de los bosques secos del sur del Ecuador. Ecosistemas. 25(2):46-58.
- Colwell, R. K. 2013. EstimateS. Versión 9.1.0. (Software). <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/index.html>>.

- CONABIO. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 197 p.
- Connell, M. L. 1978. Diversity in tropical rain forests and coral reefs. *Science*. 199(4335):1302-1310.
- De la Maza, R. R. 1993. Mariposas mexicanas: guía para su colecta y determinación. 2ª (Ed.). Fondo de Cultura Económica (FCE), SA de CV. México, DF. 302 p.
- Drewniak, M.; Zapata, A.; Beccacece, H. y Ficetti, F. 2016. Mariposas diurnas de la Reserva Natural Urbana General San Martín, Córdoba, Argentina (Lepidoptera: Papilionoidea). *Rev. Lepidopterología*. 44(174):287-298.
- Francesconi, W.; Nair, P.; Levey, D.; Daniels, J. and Cullen, L. 2013. Butterfly distribution in fragmented landscapes containing agroforestry practices in Southeastern Brazil. *Agroforestry Systems*. 87(6):1321-1338.
- Garwood, K. 2016. Neotropical Butterflies. <<http://www.neotropicalbutterflies.com/i>>.
- Glassberg, J. 2007. A Swift guide to the butterflies of Mexico and Central America. Ed. Sunstreak. Rice University Morristown, New Jersey. 266 p.
- Hernández, B.; Llorente, F.; Luis, A. y Vargas, I. 2010. Las mariposas de Veracruz. Guía ilustrada. Universidad Veracruzana-Secretaría de Educación de Veracruz, Consejo Veracruzano de Ciencia y Tecnología. México, DF. 159 p.
- Hernández, B.; Pérez, F.; Bobadilla, G.; Vinson, S. y González, J. 2016. Species richness of butterflies (Papilionoidea) at Natura Park, Xalapa, Veracruz, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 41(2):417-430.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Mixtla de Altamirano, Veracruz de Ignacio de la Llave. *In*: <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/30/30110.pdf>>.
- Jose, S. 2009. Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agrof. Systems*. 76(1):1-10.
- Luis, M.; Llorente, J.; Vargas, I. y Hernández, F. 2011 Mariposas diurnas Papilionoidea y Hesperioidea (Insecta: Lepidoptera). *In*: la biodiversidad en Veracruz: estudio de estado. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A. C. México. 339-340 pp.
- Marín, G.; García, O.; Gómez, W. y Pinzón, W. 2011. Diversidad de mariposas y su relación con la fenología reproductiva de *Inga ornata* Kunth (Mimosoidae) en un agroecosistema ganadero del Quindío, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*. 15(2):105-118.
- Mas, A. H and Dietsch, T. 2003. An index of management intensity for coffee agroecosystems to evaluate butterfly species richness. *Ecol. Appl*. 13(5):1491-1501.
- McDonald, J. H. 2014. Handbook of biological statistics. Third Edition. Sparky House Publishing. Baltimore, Maryland, USA. 299 p.
- Moguel, P. and Toledo, V. 1999. Biodiversity conservation in traditional coffee systems of México. *Conservation Biology*. 13(1):11-21.
- Monteagudo, S.; David, J.; Salinas, G. y Luis, M. 2014. Relaciones biogeográficas de Papilionidae, Pieridae y Nymphalidae (Lepidoptera: Papilionoidea) en el bosque mesófilo de montaña de México. *Entomotropica*. 29(1):29-37.
- Moreno, C. E.; Barragán, F.; Pineda, E. y Pavón, N. 2011. Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Rev. Mex. Biod*. 82(4):1249-1261.

- Munyuli, T. 2011. Assessment of indicator species of butterfly assemblages in coffee-banana farming system in central Uganda. *Afr. J. Ecol.* 50(1):77-89.
- Ochoa-Ochoa, L. M. y Mejía-Domínguez, N. 2014. Fauna de los bosques mesófilos de montaña. *In: bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo.* Gual, D. M. y Rendón, C. A. (Comps.). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México, DF. 237-247 pp.
- Perfecto, I.; Mas, A.; Dietsch, T. and Vandermeer, J. 2003. Conservation of biodiversity in coffee agroecosystems: a tri-taxa comparison in southern Mexico. *Bio. Conserv.* 12(6):1239-1252.
- Ralph, C. J.; Geupel, G.; Pyle, P.; Martín, T.; DeSante, D. y Milá, B. 1996. Manual de métodos de campo para el monitoreo de aves terrestres. United States Department of Agriculture. Albany, CA, USA. 46 p.
- Robinson, R. A. and Sutherland, W. 2002. Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *J. Appl. Ecol.* 39(1):157-176.
- Sánchez, N.; Vargas, L.; Sánchez, C. y Amador, M. 2013. Riqueza y abundancia de mariposas diurnas, escarabajos coprófagos y plantas en cultivos orgánicos y convencionales de tres regiones de Costa Rica. *UNED Res. J.* 5(2):249-257.
- SAS Institute Inc. 2015. JMP. Versión 12.2.0. (Software). <<http://www.jmp.com/es/>>.
- UNIBIO. 2013. Unidad de Informática para la Biodiversidad. Instituto de Biología-Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Colección Nacional de Insectos. <<http://unibio.unam.mx/minero/index.jsp?accion=sc&colecciones=CNIN>>.
- Veddeler, D.; Schulze, C.; Steffan, I.; Buchori, D. and Tschardtke, T. 2005. The contribution of tropical secondary forest fragments to the conservation of fruit-feeding butterflies: effects of isolation and age. *Biodiversity and Conservation.* 14(14):3577-3592.
- Villarreal, H.; Álvarez, M.; Córdoba, S.; Escobar, F.; Fagua, G.; Gast, F.; Mendoza, H.; Ospina, M. y Umaña, A. 2006. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. 2ª (Ed.). Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Warren, A.; Davis, K.; Stangeland, E.; Pelham, J. and Grishin, N. 2015. Illustrated Lists of American Butterflies. <http://www.butterfliesofamerica.com/>.