

IMPORTANCIA DE LA URBANIZACIÓN SOBRE LOS PATRONES DE ASIMETRÍA FLUCTUANTE RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE LEPIDÓPTEROS

José Gerardo González-Esquivel^{1*}, Antonio González-Rodríguez² y Pablo Cuevas-Reyes³. Laboratorio de ¹Ecología de Interacciones Bióticas de la Facultad de Biología, UMSNH. Ciudad Universitaria. Francisco J. Mújica, S/N. Col. Felicitas del Río Morelia, Michoacán. C.P. 58066. México. ²Genética de la Conservación, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, 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: gonzalezgerrdolep@gmail.com

Recibido: 13/03/2015; aceptado: 01/05/2015.

RESUMEN: Se realizó un estudio comparativo de asimetría fluctuante, riqueza y abundancia de especies del orden Lepidoptera en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala y Punta Perula, un sitio urbanizado en el municipio de La Huerta, Jalisco México. Se registraron en el sitio conservado tres familias, 18 géneros y 30 especies. Mientras que en el sitio urbanizado se registraron seis familias, 16 géneros y 43 especies. De todas las especies registradas solamente 12 se compartieron en ambos sitios. La asimetría fluctuante alar fue mayor en el sitio conservado, mientras que la asimetría fluctuante del tórax no presentó diferencias significativas en los sitios de estudio, lo que sugiere que la asimetría fluctuante torácica no es una medida adecuada que estime el estrés ambiental de mariposas. La mayor riqueza y abundancia de especies se registró en el sitio urbanizado, comparándola con un bosque maduro, lo que indica que la perturbación afecta de manera positiva la diversidad de especies. Mediante el índice de similitud de Jaccard se obtuvo el 3.8 % de similitud entre ambos sitios.

Palabras clave: Lepidópteros, asimetría fluctuante, riqueza, abundancia, urbanización.

Importance of urbanization on patterns of fluctuating asymmetry richness and abundance of Lepidoptera

ABSTRACT: We compared the patterns of fluctuating asymmetry (FA) and richness and abundance of Lepidoptera species between the Biosphere Reserve Chamela-Cuixmala and Punta Perula village in the municipality of La Huerta, Jalisco, Mexico. We recorded at the preserved site tree families, 18 genera and 30 species. While in the urbanized site six families, 16 genera and 43 species were recorded. Of all species recorded only 12 species are shared in both sites. Wing fluctuating asymmetry was greater in the preserved than in urbanized site, while thoracic fluctuating asymmetry showed no significant differences among sites, suggesting that it is not an appropriate measure to estimate the environmental stress of butterflies. The greatest richness and abundance of species was recorded in the urbanized place, compared with a mature forest, indicating that the disturbance positively affect species diversity. By Jaccard similarity index 3.8 % similarity between the two sites was obtained.

Keywords: Lepidoptera, fluctuating asymmetry, richness, abundance, urbanization.

INTRODUCCIÓN

Los artrópodos ocupan la mayor diversidad de micro hábitats y nichos desempeñando papeles ecológicos como depredadores, polinizadores, saprófagos y herbívoros; han sido reconocidos como indicadores eficientes del funcionamiento de los ecosistemas (Longcore, 2003). El orden Lepidoptera es el segundo orden más común y diverso, se encuentra dividido en dos subórdenes, Rhopalocera (mariposas diurnas) y Heterocera (mariposas nocturnas). El orden Lepidoptera abarca a más de 200,000 especies a nivel mundial (Scoott, 1986), para México se ha estimado la presencia de al

menos 25,000 especies (Romeu, 2000), es decir el 20 % aproximadamente del total mundial.

El estrés ambiental en animales puede ser resultado de perturbaciones antropogénicas y condiciones ambientales desfavorables (Canche-Delgado *et al.*, 2011) y puede ser monitoreado utilizando la asimetría fluctuante (AF), que es una medida particular de la estabilidad durante el desarrollo de un atributo fenotípico en rasgos bilaterales o radialmente simétricos óptimos (Møller y Shykoff, 1999). La AF es una herramienta útil para evaluar los impactos de estrés ambiental sobre diferentes organismos (Møller y De Lope, 1998). El grado de asimetría de un individuo refleja las propiedades de su genoma, y la capacidad de resistir alteraciones ambientales durante su ontogenia lo que permite tener estabilidad durante el desarrollo (Palmer, 1994). Se ha observado que individuos con caracteres sexuales secundarios más asimétricos tienen un éxito reproductor menor comparándolos con los que presentan caracteres más simétricos (Møller y Hönglund, 1991). La AF propone que la presencia de estrés ambiental durante la ontogenia reduce la eficacia de los procesos normales de desarrollo. Diferentes estudios indican que los bosques tropicales son vulnerables a la perturbación en sus hábitats (Barlow *et al.*, 2007; Sodhi *et al.*, 2009). Los bosques tropicales son uno de los ecosistemas más amenazados en América, debido a los asentamientos humanos, actividades agrícolas y ganaderas (Maass, 1995; Ewel, 1999). Las perturbaciones de origen antropogénico en hábitats naturales crea la necesidad de la innovación de métodos para el monitoreo ambiental (Canche-Delgado *et al.*, 2011). Recientes estudios de AF demuestran que los machos simétricos tienen mayor éxito reproductivo, dentro de una población, comparados con machos más asimétricos. Las hembras usan la AF como un indicador para elegir a los machos, probablemente este rasgo les indique la buena calidad del macho. Además los machos con mayor simetría presentan mejor capacidad de lucha (Tsubaki y Matsumoto, 1998). Por lo anteriormente descrito el objetivo del presente trabajo es evaluar los cambios en diversidad de lepidópteros y de la AF asociados a dos condiciones contrastantes urbanización y bosque maduro.

MATERIALES Y MÉTODO

El área de estudio se ubica en la región de Chamela-Cuixmala, Jalisco; la región está limitada al norte por el Río San Nicolás (19° 40" N y 105° 13" O, y al sur por el Río Cuixmala (19° 25" N y 104° 57" O. Cuenta con una extensión de terreno de 13,000 hectáreas. El clima es cálido sub-húmedo (Aw1) (Janzen, 1987). La temperatura promedio es de 22 a 26 °C., y la precipitación total anual varía de 400 a 1,300 mm, distribuyéndose en un periodo de cuatro a seis meses, lo que determina su marcada estacionalidad (García-Oliva *et al.*, 2002). La precipitación es la principal entrada de agua al ecosistema. En la región de Chamela llueven en promedio 679 mm (o litros por cada metro cuadrado de terreno) con una enorme variación anual (Mass *et al.*, 2002).

Se realizó un censo en la estación de lluvias durante tres años consecutivos dentro de la reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala y en un sitio urbanizado (Punta Perula). En cada censo se recolectó durante cinco días (12 horas por día) todas las mariposas encontradas. Se tomaron fotografías digitales de cada individuo capturado con redes entomológicas. Las fotografías se tomaron en una cartulina de color blanco o negra dependiendo de la coloración de cada individuo. Se colocó una regla graduada como referencia al tamaño para realizar los análisis de AF alar y torácica. Se aplicaron análisis de varianza ANOVA para determinar si existen diferencias significativas en relación a la riqueza y la abundancia en los dos sitios estudiados. La similitud entre sitios se determinó mediante el índice de Jaccard. Cada mariposa fue registrada en fotografía para su posteriormente identificarla al nivel taxonómico posible.

Análisis de asimetría fluctuante alar y tórax. Para evaluar la AF de los lepidópteros se obtuvo el valor absoluto de la diferencia entre las distancias desde la parte central del abdomen a la derecha e izquierda de cada margen alar (A_i-B_i) dividido por la distancia media ($(A_i+B_i)/2$) para que se corrija el hecho de que la asimetría puede depender del tamaño. El mismo procedimiento se realizó para obtener los valores de AF del tórax tomando las medidas de la parte izquierda del tórax al centro y luego al lado derecho. Se asignó un valor individual a la AF para cada individuo. Se ha comprobado la relación entre la AF a un error de medición utilizando uno de los dos modelos mixtos (ANOVA) para algún rasgo considerado como factor individual (Cuevas-Reyes *et al.*, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Asimetría fluctuante alar y torácica. Se encontraron mayores niveles de AF alar en el sitio conservado en comparación con el sitio perturbado (Fig. 1), lo que indica que los individuos capturados en el sitio conservado reflejan un mayor nivel de estrés ambiental. Por otra parte la AF del tórax no presentó diferencias significativas en ambas condiciones, esto sugiere que la asimetría torácica no es una medida de importancia para determinar si los individuos se encuentran sometidos a algún tipo de estrés (Fig. 2).

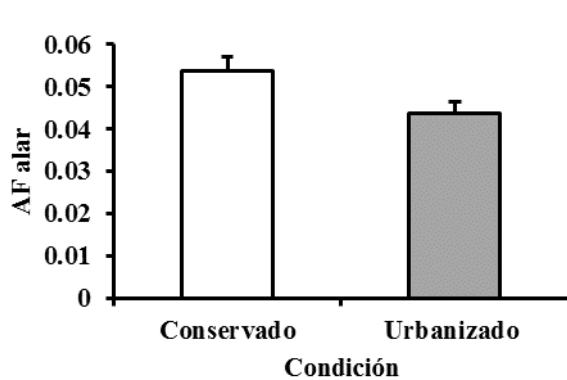


Figura 1. Diferencias en los niveles de asimetría fluctuante alar en dos condiciones ($F = 5.7$; g.l. = 1; $P < 0.01$).

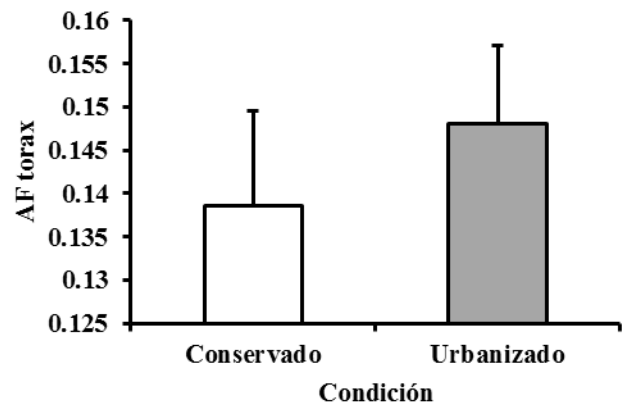


Figura 2. Comparación de los niveles de asimetría fluctuante torácica en dos condiciones ($F = 0.4$; g.l.= 1; $P > 0.05$).

Riqueza de especies. Se obtuvieron 73 especies de lepidópteros en total (Cuadro 1). En el bosque conservado se registraron 30 especies agrupadas en tres familias y 18 géneros; mientras que en el sitio urbanizado se registraron 43 especies agrupadas en seis familias y 16 géneros. Se encontraron diferencias en la riqueza de especies, siendo el sitio urbanizado el que presentó una mayor riqueza (Fig. 3). La composición de especies de lepidópteros fue diferente entre ambos sitios de estudio habiendo tan solo un 3.8 % de similitud de especies según el índice de Jaccard.

Patrones de Abundancia. Se recolectaron un total de 309 individuos. En el sitio conservado se obtuvieron un total de 121 individuos mientras que el sitio perturbado 188 individuos. La abundancia fue mayor en el sitio urbanizado (Fig. 4).

Cuadro 1. Donde se muestran las familias, géneros y especies de mariposas encontradas.

CONSERVADO			PERTURBADO			
FAMILIA	ESPECIE		FAMILIA	GENERO	ESPECIE	
Hesperiidae	<i>Urbanus simplicius</i>		Hesperiidae	<i>Pyrgus communis</i>		
Nymphalidae	<i>Anthanassa tulcis</i>		Lycaenidae	<i>Leptotes arina</i>		
	<i>Hamadryas feronia farinulenta</i>		Melitaeinae	<i>Thessalia theona</i>		
	<i>Memphis eurypile confusa</i>		Nymphalidae	<i>Anartia fatima</i>		
	<i>Microtia elva</i>			<i>A. jatrophae</i>		
	<i>Morpho polyphemus Catarina</i>			<i>Chlosyne lacinia</i>		
	<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i>			<i>Hamadryas feronia farinulenta</i>		
	<i>Siproeta stelenes</i>			<i>Heliconius charitonius</i>		
	<i>Zaretis sp.</i>			<i>Microtia elva</i>		
	<i>Heliconius charitonius</i>			<i>Myscelia cyaniris cyaniris</i>		
	<i>Anartia fatima</i>			<i>M. cyanante skinneri</i>		
	<i>Hypna clytemnestra mexicana</i>			<i>Junonia evarete</i>		
	<i>Marpesia petrus</i>					
	<i>Memphis forreri</i>			Papilionidae	<i>Battus battus eracon</i>	
	Pieridae	<i>Appias drusilla</i>		Pieridae	<i>Ascia josephina josepha</i>	
<i>Ascia josephina josepha</i>				<i>A. limoná</i>		
<i>A. monuste monuste</i>				<i>A. monuste monuste</i>		
<i>Eurema boisoluvaliana</i>			<i>A. monuste raza</i>			
<i>E. proterpia</i>			<i>Eurema दौरa</i>			
<i>E. lisa</i>			<i>Eurema gratinosa</i>			
<i>E. xanthoclora</i>			<i>E. lisa</i>			
<i>Ganyra josephina josepha</i>			<i>E. nise</i>			
<i>Phoebis agarithe pieridae</i>			<i>E. proterpia</i>			
<i>P. agarithe agarithe</i>			<i>E. salome</i>			
No identificado		No identificado	sp. 1		<i>Ganyra howarthi kuschei</i>	
No identificado		No identificado	sp. 2		<i>G. josephina josepha</i>	
No identificado		No identificado	sp. 3		<i>Itaballia demophile centralis</i>	
No identificado		No identificado	sp. 4		<i>Phoebis agarithe</i>	
No identificado	No identificado	sp. 11		<i>P. agarithe agarithe</i>		
No identificado	No identificado	sp. 12		<i>P. rurina</i>		
				<i>P. sennae marcellina</i>		
			No identificado	No identificado	sp. 5	
			No identificado	No identificado	sp. 6	
			No identificado	No identificado	sp. 7	
			No identificado	No identificado	sp. 8	
			No identificado	No identificado	sp. 9	
			No identificado	No identificado	sp. 10	
			No identificado	No identificado	sp. 11	
			No identificado	No identificado	sp. 12	
			No identificado	No identificado	sp. 13	
			No identificado	No identificado	sp. 14	
			No identificado	No identificado	sp. 15	
			No identificado	No identificado	sp. 16	
			No identificado	No identificado	sp. 17	

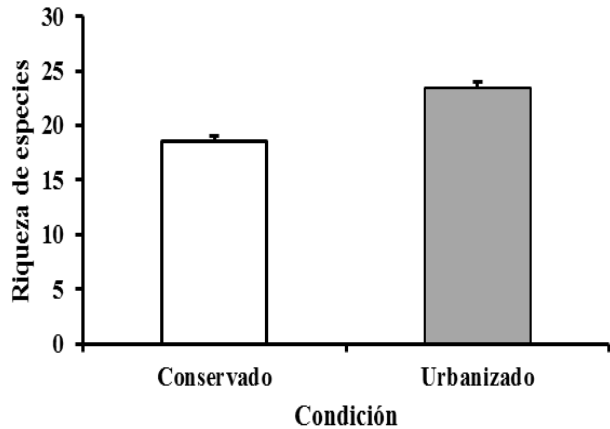


Figura 3. Diferencias en la riqueza de especies de lepidópteros entre el sitio conservado y urbanizado ($F = 50.0$; g. l. = 1; $P < 0.01$).

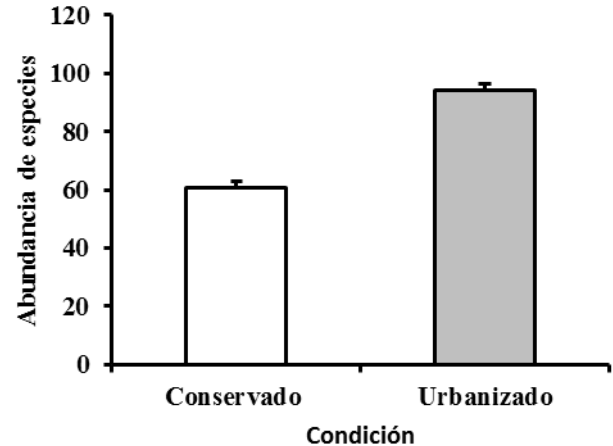


Figura 4. Diferencias en la abundancia de especies por condición ($F = 99.7$; g. l. = 1; $P < 0.009$).

CONCLUSIONES

Se registraron 73 especies. En el sitio conservado se obtuvieron 30 especies con 121 individuos capturados, mientras que en la condición perturbada fueron 43 especies con 188 individuos en total.

La riqueza y la abundancia fueron mayores en el sitio urbanizado comparado con sitio conservado.

Se presentó una mayor AF alar en el sitio conservado comparada con la asimetría de individuos del sitio perturbado lo que podría indicar que los individuos se encuentran bajo algún estrés ambiental producido por la competencia por el recurso que ofrece el sitio. La asimetría fluctuante torácica no tuvo diferencias significativas, lo que probablemente indique que este rasgo no sea el adecuado para identificar el grado de estrés ambiental que sufren los individuos en ambas condiciones. La riqueza y abundancia de especies fue mayor en el sitio urbanizado lo que indica que la perturbación afecta positivamente la diversidad de este grupo.

Una población al tener un nivel de urbanización abre nuevos nichos ecológicos lo cual los lepidópteros han colonizado y aprovechado el recurso que se encuentra disponible ya que se adaptan mejor a los cambios en el ambiente que otros insectos.

LITERATURA CITADA

- BARLOW, J., MESTRE, L. A. M., GARDNER, T. A. AND C. A. PERES. 2007. The value of primary, secondary and plantation forests for Amazonian birds. *Biological Conservation*, 136: 212–231.
- CANCHE-DELGADO, A., GARCÍA-JAIN, S. E., VACA-SÁNCHEZ, M. S. Y P. CUEVAS-REYES. 2011. Cambios en la morfología floral y foliar en *Crataegus tracyi*: importancia de la asimetría fluctuante como indicador de estrés ambiental. *Biológicas*, 13: 44–49.
- CUEVAS-REYES, P., FERNANDES, G. W., GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, A. AND P. PIMENTA. 2011. Effects of generalist and specialist parasitic plants (Loranthaceae) on the fluctuating asymmetry patterns of ruprestrian host plants. *Basic And Applied Ecology* (In press).
- EWEL, J. J. 1999. Natural systems as models for the design of sustainable systems of land use. *Agroforestry System*. 45: 1–21.
- GARCÍA-OLIVA, F., CAMOU, A. Y J. M. MAASS. 2002. Introducción. Pp. 15–21. *In*: Noguera, F. A., Vega, J. H., García, R. A. N. y M. A. Quesada. (Eds.) *Historia Natural de Chamela*. Instituto de Biología, UNAM. México.
- JANZEN, D. H. 1987. El crecimiento y la regeneración del Bosque Seco Natural en el Parque Nacional Santa Rosa. 1er Congreso Nacional Forestal. San José Costa Rica.

- LONGCORE, T. 2003. Terrestrial Arthropods as Indicators of Ecological Restoration Success in Coastal Sage Scrub (California, U.S.A.). *Restoration Ecology*, 11: 397–409.
- MAASS, J. M. 1995. Conversion of tropical dry forest to pasture and agriculture. Pp. 399–422. *In*: Bullock, S. H., Mooney, H. A. and E. Medina. (Eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*. New York, Cambridge University Press.
- MAASS, J. M., JARAMILLO, V., MARTINEZ-YRIZAR, A., GARCÍA-OLIVA, F., PÉREZ-JIMÉNEZ, A. Y J. SARUKHÁN. 2002. Aspectos funcionales del ecosistema de selva baja caducifolia en Chamela, Jalisco. Pp. 525–542. *In*: Noguera, F. A., Vega-Rivera, J. H., García-Aldrete, A. N. y M. Quezada-Avenidaño. (Eds.). *Historia Natural de Chamela*.
- MØLLER, A. P. AND F. DE LOPE. 1998. Herbivory affects developmental instability of stone oak, *Quercus rotundifolia*. *Oikos*, 82: 246–252.
- MØLLER, A. P. AND J. HOGLUND. 1991. Patterns of fluctuating asymmetry in avian feather ornaments: implications for models of sexual selection. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 245(1312): 1–5.
- MØLLER, A. P. AND J. A. SHYKOFF. 1999. Morphological developmental stability in plants: patterns and causes. *International Journal of Plant Sciences*, 160(S6): S135–S146.
- PALMER, A. R. 1994. Fluctuating asymmetry analyses: a primer. Pp. 335–364. *In*: Markow, T. A. (Ed.). *Developmental instability: its origins and evolutionary implications*. Dordrecht, the Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- ROMEU, E. 2000. Mariposas mexicanas, los insectos más hermosos. *Biodiversitas*, 5(28): 6–10.
- SODHI, N. S., KOH, L. P. AND B. W. BROOK. 2009. A Meta-analysis of the impact of anthropogenic forest disturbance on Southeast Asia's biotas. *Biotropica*, 41: 103–109.
- SCOTT, J. A. 1986. *The butterflies of North America. A natural history and field guide*. Stanford University Press
- TSUBAKI, Y. AND K. MATSUMOTO. 1998. Fluctuating asymmetry and male mating success in a sphragis-bearing butterfly *Luehdorfia japonica* (Lepidoptera: Papilionidae). *Journal of insect behavior*, 11(4): 571–582.