



COMPARANDO PERTURBACIÓN Y DEFORESTACIÓN
VS. RIQUEZA DE ESPECIES EN ÁREAS NATURALES
PROTEGIDAS: UN EJEMPLO CON ODONATOS

Karen Miranda-Huerta¹
Gerardo Rodríguez-Tapia¹
Pilar Rodríguez²
Maya Rocha-Ortega¹
Alex Córdoba-Aguilar*

- ¹Departamento de Zoología, Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- ² Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Liga Periférico.
- ³ Fondo Mundial para la Naturaleza WWF.
- ⁴ Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México.
- * Autor para correspondencia: acordoba@ieciologia.unam.mx

Resumen

La pérdida de cobertura vegetal es un problema grave y, entre otros, tiene efectos sobre la riqueza de especies. La vida de los insectos del orden Odonata la cual comprende dos grandes subórdenes, caballitos del diablo (*Zygoptera*) y libélulas (*Anisoptera*), se asocia estrechamente tanto con ambientes acuáticos de agua dulce como aéreos. Por esta razón, este orden ha sido usado frecuentemente como indicador en la evaluación de los ecosistemas. En México, las Áreas Naturales Protegidas (ANPS) sirven para albergar altas diversidades de especies, así como para la conservación y restauración de los ecosistemas que no han sido significativamente alterados. En este capítulo damos a conocer una metodología para evaluar el efecto de la deforestación y perturbación (remoción parcial del dosel del bosque) en la riqueza de odonatos del país en cuatro ANPS. Proveemos datos del software a utilizar y de la logística necesaria para un mejor desempeño del análisis. Esta metodología puede implementarse para otros grupos taxonómicos. Contrario a lo esperado, nosotros encontramos que la deforestación y la degradación tiene un efecto positivo sobre la diversidad estimada de odonatos dentro de las ANPS.

Introducción

México es un país megadiverso porque junto con otros 11 países albergan entre un 65 y 70% de la riqueza mundial de especies (Sarukhan *et al.*, 2009). Sin embargo, la deforestación (*i.e.*, conversión del bosque causada por el hombre a menos de 10-30% de cobertura de árboles; Asner *et al.*, 2009a) y la perturbación (*i.e.*, la remoción parcial del dosel del bosque, con el dosel restante generalmente cubriendo más del 30%; Asner *et al.*, 2009a), tienen un efecto negativo sobre la riqueza de especies. Una de las principales estrategias para preservar tal diversidad son las Áreas Naturales Protegidas (ANPS) (Bezaury-Creel y Gutiérrez-Carbonell, 2009). Las ANPS se definen como “Las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción, en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por

la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas y están sujetas al régimen previsto en la presente Ley” (LGEEPA, 1998). A pesar de esta función, algunos estudios han sugerido que estas ANPS no necesariamente albergan la mayor riqueza de especies o las especies con mayor riesgo (Sánchez-Cordero y Figueroa, 2008). Sin embargo, estas evaluaciones se han hecho mayormente para vertebrados y plantas, pero raramente para insectos (Myers *et al.*, 2000).

Los insectos del orden Odonata, comúnmente conocidos como caballitos del diablo (suborden Zygoptera) y libélulas (suborden Anisoptera), conforman uno de los grupos de invertebrados mejor conocidos respecto a su taxonomía, biogeografía y ecología (Bybee *et al.*, 2016). Además, los odonatos se han usado como indicadores de la calidad de los ecosistemas (Oertli, 2008), en el monitoreo del cambio climático (Hickling *et al.*, 2005) y la recuperación de hábitats alterados (Sakai *et al.*, 2017).

Un parámetro utilizado para evaluar el estado de conservación de un ambiente usando odonatos y otros organismos en general, es la diversidad alfa, entendida como la riqueza de especies de una comunidad particular (Moreno *et al.*, 2011). Esta relación riqueza-conservación descansa en el hecho de que una mayor riqueza supone un mejor funcionamiento de los ecosistemas, a través de procesos tales como la productividad y la estabilidad (Balvanera *et al.*, 2006).

En este capítulo, planteamos una metodología para estimar la relación entre la deforestación y perturbación (a nivel de remoción parcial del dosel del bosque) y la riqueza de los odonatos en varias ANPS.

Métodos y resultados

Origen de los registros de odonatos

Se utilizaron los registros de colecta de los odonatos de México a partir de una base de datos que se construyó tomando en cuenta varias fuentes como son: artículos científicos, libros, sitios web, colecciones biológicas, tesis de todos los niveles y comunicación personal con especialistas de odonatos. Cabe mencionar que los datos pasaron por un control de calidad como son la revisión geográfica (localidad, entidad, municipio y referencia geográfica) y la biológica (nombre científico, datos de colecta y duplicados). La base de datos consta de 287 especies.

Riqueza de odonatos en las ANPS

Una primera aproximación para conocer las zonas con más diversidad en el país es emplear mallas de diferente magnitud para dividir el territorio en celdas de área similar. En este caso se utilizaron dos tamaños de malla: 0.5 grados de latitud por longitud (2,500 km²; fig. 1) y 1 grado de latitud por longitud (5,000 km²; fig. 2) para todo el país. Las coordenadas geográficas de cada registro se proyectaron sobre cada una de las mallas y posteriormente se cuantificó el número de especies por cada celda que conforman las mallas (diversidad alfa; figs. 1, 2).

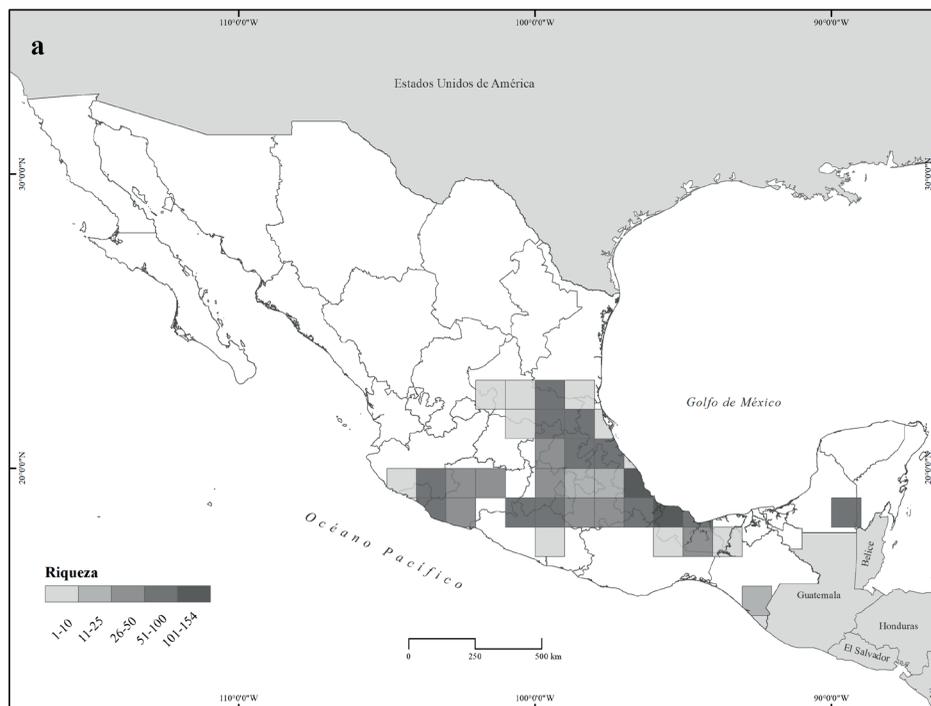


Figura 1. Riqueza de odonatos en cuadrícula de 1° (a) de latitud por longitud (2500 km²), y b y 0.5° de latitud por longitud (5000 km²) (b).

Fuente: elaboración propia de base de datos de odonatos de México.

Las dos escalas de análisis (0.5 y 1 grados) permitieron analizar diferentes patrones de diversidad. Es importante mencionar que de las 287 especies de odonatos existentes en la base de datos que se utilizó, 196 especies (68%), están presentes en las ANPs del país (fig. 2, tabla 1).

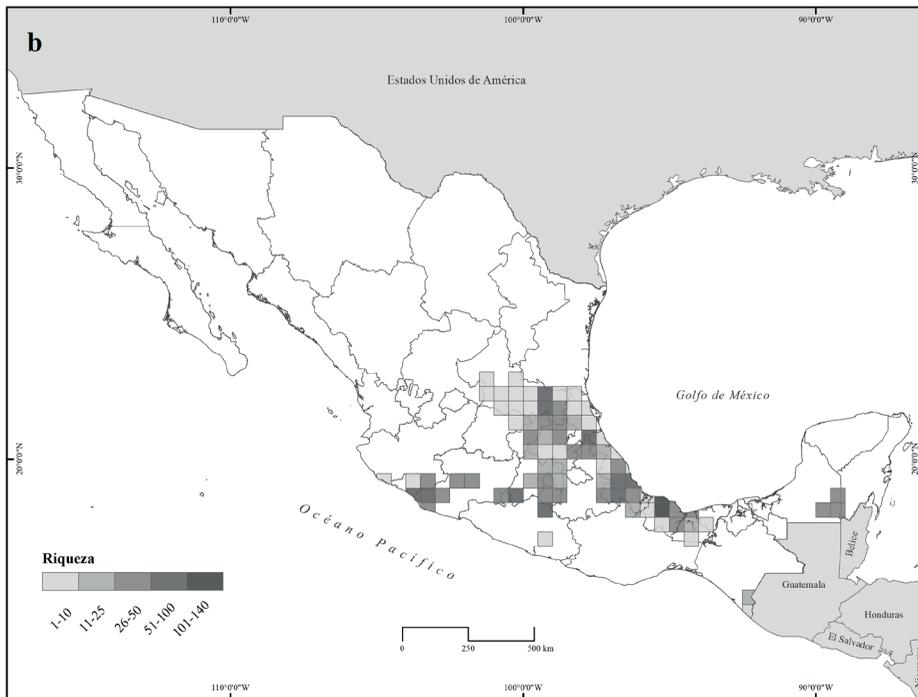


Figura 2. Riqueza de odonatos en diferentes Áreas Naturales Protegidas de México. 1. Cañón del Río Blanco; 2. Calakmul; 3. Cerro de la Estrella; 4. Desierto de los Leones; 5. El Tepozteco; 6. Laguna de Zempoala; 7. Lomas de Padierna; 8. Los Remedios; 9. Sierra de Huautla; 10. Sierra Gorda de Guanajuato; 11. Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa; 12. Sierra Gorda; 13. El Chico; 14. Los Tuxtlas; 15. Barranca de Metztlán; 16. Zonas protegidas de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec. Fuente: elaboración propia de base de datos de odonatos de México.

Tabla 1. Áreas Naturales Protegidas de México con registros de Odonatos.

Nombre	Especies
Los Tuxtlas	149
Sierra de Huautla	55
Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	37
Calakmul	36
Cañón del Río Blanco	26
Sierra Gorda	23
El Tepozteco	11
Ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	11
Los Remedios	4
Cerro de La Estrella	3
Desierto de los Leones	3
Lomas de Padierna	3
Lagunas de Zempoala	2
El Chico	1
Barranca de Metztitlán	1
Sierra Gorda de Guanajuato	1
TOTAL	196

Diversidad dentro de las ANPS

No se incluyeron todas las ANPS del país ya que, para hacer más robusto el análisis, sólo se consideraron las que tuvieron la mayor riqueza de especies y número de registros: Los Tuxtlas, Sierra de Huautla, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, y Calakmul (tabla 1). Usando el software EstimateS versión 9.1.0 (Colwell, 2013), se obtuvo una curva de acumulación del esfuerzo de muestreo en conjunto para las cuatro ANPS seleccionadas, y se generaron cinco periodos en función de los años de colecta disponibles (tabla 2). Se realizó una selección de imágenes satelitales correspondientes

a los periodos de análisis. Para relacionar las colectas con las imágenes, se calculó la diversidad estimada con los valores promedio de los índices ice y Chao 2 en las cuatro ANPS (tabla 2).

Tabla 2. Especies esperadas de cuatro Áreas Naturales Protegidas (Los Tuxtlas, Sierra de Huautla, Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa, y Calakmul) con mayor diversidad de odonatos de 1984 al 2005.

Año	Especies estimadas	
	ICE Mean	Chao 2 Mean
1984-1986	128.57	133.25
1987-1992	67.93	49.78
1995-1996	53	53
1997-1998	54.18	41.33
2002-2005	232	232

Deforestación y perturbación: cálculo y relación con la riqueza de odonatos

El software CLASlite (Carnegie Landsat Analysis System) versión 3.3 (claslite Team, 2013) se utilizó para identificar la deforestación y nivel de perturbación de los bosques, a través de imágenes satelitales (Asner *et al.*, 2009b). Este análisis de múltiples imágenes es el enfoque más preciso para la detección de pérdida de cobertura boscosa (deforestación) e incremento de la degradación (área de perturbación forestal) (CLASlite Team, 2013). Para obtener dichos resultados empleamos dos imágenes de años próximos para cada uno de los cinco periodos (mencionados anteriormente), correspondientes al sensor Landsat 4, 5 y 7. Todas las imágenes fueron en temporada de secas para minimizar la cobertura de nubes y tener una mejor visualización del territorio.

Para mapear el cambio del bosque, CLASlite usa la imagen de reflectancia y cobertura fraccional dividida en: vegetación fotosintética (considerada como contenido de agua y follaje en el dosel), vegetación no fotosintética (residuos de vegetación por tala, pastos, entre otros) y sustrato expuesto (infraestructura humana y rocas), obtenidas por la biblioteca compuesta de caracteres puros espectrales (endmembers) de diferentes tipos de bosques, cargadas previamente en el mismo software. Posteriormente emplea varios árboles de decisión sobre si sus valores de cobertura fraccional cumplen ciertos criterios para separar deforestación y perturbación en cada serie de tiempo establecida. El software considera deforestación si entre imágenes de un periodo se pierde 25% o más de la vegetación fotosintética, de igual forma si el suelo expuesto incrementa un 15%, y si la vegetación no fotosintética incrementa un 20%. Para la perturbación, se siguen los mismos parámetros, pero con umbrales diferentes que comprenden más píxeles, vegetación fotosintética de 10%, suelo expuesto mayor a 10% y vegetación no fotosintética mayor a 10%. Cabe mencionar que los valores son los predeterminados por el software, creados a través de observación y prueba de muchas imágenes diferentes (CLASlite Team, 2013), en el que se ve que el fenómeno de deforestación y perturbación se presentan de manera similar en la mayoría de los casos, por lo que se decidió mantenerlos. De cada periodo de análisis se obtuvieron dos imágenes resultantes que representan la deforestación y perturbación del intervalo examinado. Con el uso de un SIG se calculó el área de pérdida de cobertura boscosa, se hizo el recorte de las ANPS sobre los resultados que arroja el software, y se obtuvieron dos imágenes correspondientes a deforestación y perturbación para cada periodo, finalmente se calculó el área de ambas variables en hectáreas (tabla 3). Suponiendo una relación causal entre el grado de cambio de la vegetación y los odonatos, se calculó una regresión para conocer la relación de la diversidad estimada de estos animales en función de la degradación y perturbación de las ANPS.

Tanto la deforestación como la degradación de ANPS en México entre los años 1984 y 2005 se incrementaron, resultando en la pérdida de 10 400 ha de cobertura forestal y 83 600 ha degradadas a través de las cuatro ANPS. A pesar de esto, el incremento de la degradación (figura 3) y perturbación (figura 4) dentro de las ANPS tuvieron un efecto positivo sobre la diversidad estimada de odonatos.

Tabla 3. Cambios en la cobertura boscosa en cuatro Áreas Naturales Protegidas de 1984 al 2005.

Años de colecta	Dinámica espacial	Los Tuxtlas	Sierra de Huautla	Calakmul	Z.P.F.V. Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa
	Superficie (ha)	155,122.46	59,030.94	723,185.12	42,129.35
1984-1986	Deforestación	1848.96	Sin cambio	16313.85	1548.27
	Perturbación	955.98	Sin cambio	23177.52	284.13
1987-1992	Deforestación	11252.88	47.79	*43279.74	1109.43
	Perturbación	4141.62	124.11	*28784.16	696.15
1995-1996	Deforestación	872.82	85.23	8516.88	781.83
	Perturbación	838.08	137.88	6343.74	1469.34
1997-1998	Deforestación	*21967.29	*281.61	20370.69	*2694.96
	Perturbación	*5415.66	*1692.9	17638.47	1561.5
2002-2005	Deforestación	786.51	188.91	38391.57	2307.6
	Perturbación	329.76	235.35	25731	*2049.75
Total	Deforestación	36728.46	696.24	126873	8442.09
	Perturbación	11681.1	2190.2	101675	6060.87

Fuente: CONANP, 2016.

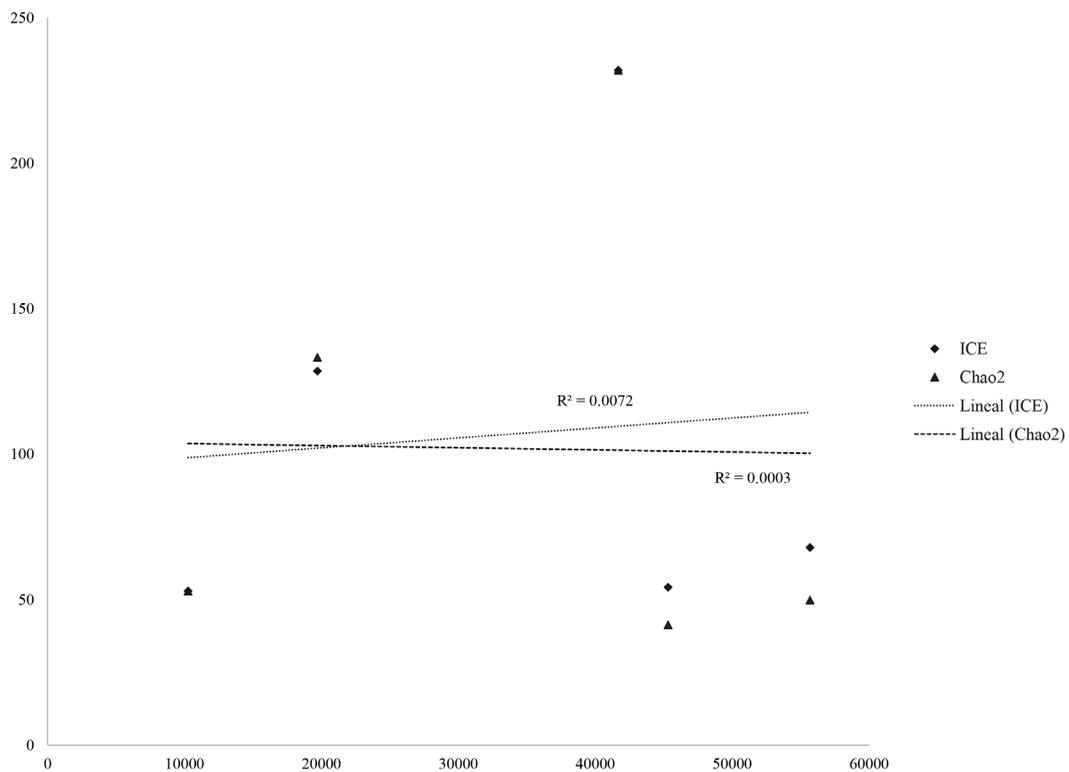


Figura 3. Relación entre deforestación y riqueza de especies de odonatos en las Áreas Naturales Protegidas de México, usando diferentes estimadores de riqueza.

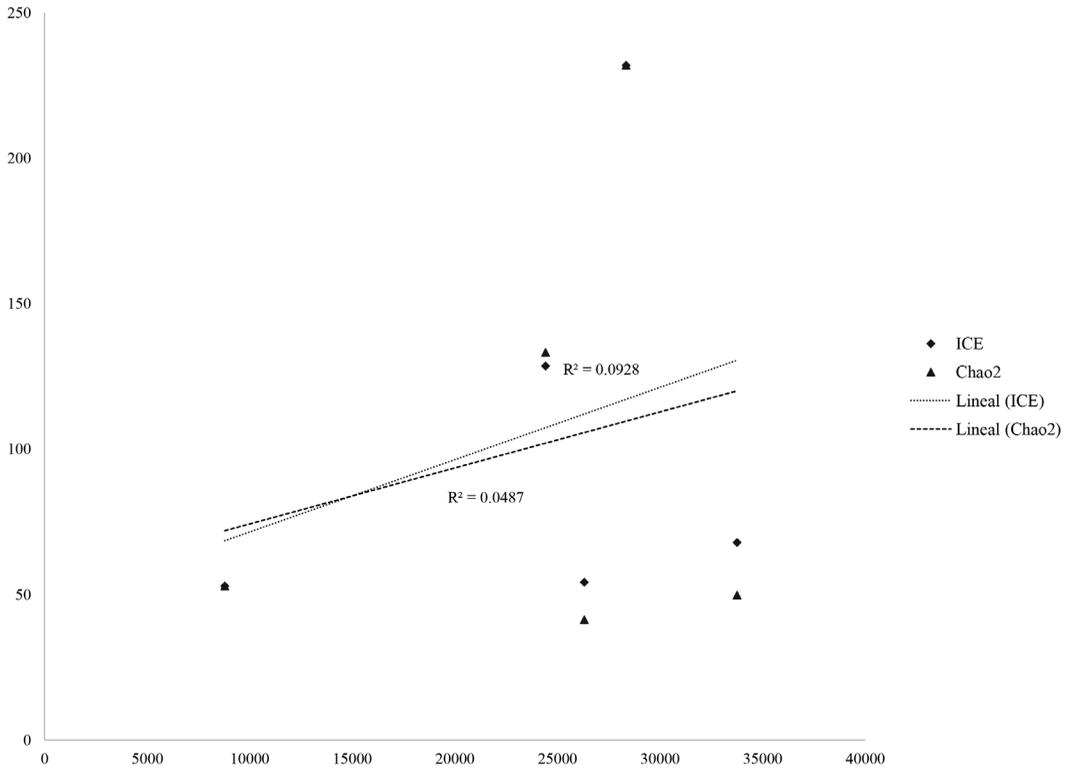


Figura 4. Relación entre deforestación y riqueza de especies de odonatos en las Áreas Naturales Protegidas de México, usando diferentes estimadores de riqueza.

Discusión

Nuestros resultados indican que la pérdida de vegetación usando dos variables relacionadas conllevan a mayor riqueza de odonatos. Otros estudios con preguntas similares no muestran patrones consistentes. Por ejemplo, Carvalho *et al.* (2013) y da Silva *et al.* (2013) no encontraron diferencias entre sitios alterados y conservados analizando la riqueza total de especies. Sin embargo, cuando llevaron a cabo la estimación de la riqueza de especies separadas en caballitos del diablo y libélulas, sí encontraron diferencias. Carvalho *et al.* (2013) encontraron que para las libélulas en áreas degradadas, el número de especies estimadas fue superior que en las áreas preservadas (con 15 especies de diferencia). Por otro lado, para los caballitos del diablo se encontró lo contrario: en sitios preservados, el número estimado de especies fue mayor que en los sitios degradados (8 especies de diferencia). Contrario a esto, da Silva *et al.* (2013) encontraron que la riqueza de especies fue mayor para libélulas y caballitos del diablo en zonas conservadas y ambientes deforestados, respectivamente. Finalmente, al igual que en nuestro caso, otros autores han observado un incremento en la riqueza de especies de odonatos en áreas deforestadas o en zonas agrícolas (Ferreira-Peruquetti y De Marco, 2002; Ferreira-Peruquetti y Fonseca-Gessner, 2003), probablemente debido a la mayor productividad primaria y la ocurrencia de especies generalistas en este tipo de hábitats. Estos resultados muestran que la riqueza de odonatos no es un parámetro confiable en los estudios ambientales. Sin duda, los mecanismos que subyacen a estos cambios deben ser estudiados. El análisis de estos mecanismos o la relación del cambio en la vegetación con la riqueza de cada suborden no está dentro de los propósitos de este capítulo.

Usar imágenes satelitales para calcular pérdida de vegetación y sus consecuentes efectos en la riqueza de especies, puede extrapolarse a todos los grupos taxonómicos donde se cree que existe una relación entre ambas variables. Por supuesto, hay grupos más idóneos y donde la relación será más clara, como es el caso de las aves por su interacción directa con las especies vegetales. De cualquier manera, mientras las bases de datos de colectas sean robustas, que cuenten con un nivel de depuración aceptable y las imágenes satelitales estén disponibles, el análisis es viable.

Agradecimientos

A los proyectos PAPIIT IN20315 e IN206618, y a la CONABIO (JM006 Modelación de las Especies de Odonatos de México) por el apoyo económico. A Patricia Ornelas García por la invitación para escribir este capítulo.

Literatura citada

- Asner, G., Páez, G., Knapp, D., Balaji, A. y Clark, J. (2009^a). *Sistema amigable de monitoreo de la deforestación y perturbación de bosques tropicales claslite. Guía del usuario, versión 2.0*. Institución Carnegie para la Ciencia.
- Asner, G. P., Knapp, D. E., Balaji, A. y Paez-Acosta, G. (2009b). Automated mapping of tropical deforestation and forest degradation: claslite. *Journal of Applied Remote Sensing* 3: 033543.
- Balvanera, P., Pfisterer, A. B., Buchmann, N., He, J.-S., Nakashizuka, T., Raffaelli, D. y Schmid, B. (2006). Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9, 1146-1156.
- Bezaury-Creel, J. D. y Gutiérrez Carbonell, D. (2009). Áreas naturales protegidas y desarrollo social en México. *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio*. En: R. Dirzo, R. González y J. March (Coords.), CONABIO, México, pp. 385-431.
- Bybee, S., Córdoba-Aguilar, A., Duryea, M. C., Futahashi, R., Hansson, B., Lorenzo-Carballa, M. O., Schilder, R., Stoks, R., Suvorov, A., Svensson, E. I. y Swaegers, J. (2016). Odonata (dragonflies and damselflies) as a bridge between ecology and evolutionary genomics. *Frontiers in Zoology* 13, 46.
- Carvalho, F. G. D., Pinto, N. S., Oliveira Júnior, J. M. B. D. y Juen, L. (2013). Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnologica Brasiliensis* 25, 10-18.
- CLASlite Team (2013). *Claslite forest monitoring technology: Version 3.1 User Guide*. Washington, D. C.: Carnegie Institution for Science. Web URL: <http://claslite.carnegiescience.edu>.
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application*. <http://purl.oclc.org/estimates>
- CONANP [Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas] (2016). "Consulta Fichas ANP" https://simec.conanp.gob.mx/consulta_fichas.php
- Ferreira-Peruquetti, P. S. y Marco, P. de (2002). Efeito da alteração ambiental sobre a comunidade de Odonata em riachos de Mata Atlântica de Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 19, 317-327.

- Ferreira-Peruquetti, P. S. y Fonseca-Gessner, A. A. (2003). Comunidade de Odonata (Insecta) em áreas naturais de Cerrado e monocultura no nordeste do Estado de São Paulo, Brasil: relação entre o uso do solo e a riqueza faunística. *Revista Brasileira de Zoologia*, 20, 219-224.
- Hickling, R., Roy, D. B., Hill, J. K. y Thomas, C. D. (2005). A northward shift of range margins in British Odonata. *Global Change Biology*, 11, 502-506.
- Igeepa (Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental) (1988). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lgeepa.htm>. Acceso: 28 de octubre del 2017.
- Mittermeier, R. y Goettsch-Mittermeier, C. (1997). *Megadiversity: the biological richest countries of the world*. Mexico City: Conservation International/Cemex.
- Moreno, C. E., Barragán, F., Pineda, E. y Pavón, N. P. (2011). Reanálisis de la diversidad alfa: alternativas para interpretar y comparar información sobre comunidades ecológicas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 82, 1249-1261.
- Myers, N., Fonseca, G. B., Mittermeier, R. y Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403, 853-858.
- Oertli, B. (2008). *The use of dragonflies in the assessment and monitoring of aquatic habitats. Dragonflies and damselflies: Model organisms for ecological and evolutionary research*. Ed. A. Córdoba-Aguilar, pp. 79-95. Oxford: Oxford University Press.
- Sánchez-Cordero, V. y Figueroa, F. (2008). La efectividad de las reservas de la biosfera en México para contener procesos de cambio en el uso del suelo y la vegetación. En: Halfpeter, G., Guevara, S. y Melic A. (Eds.), *Hacia una cultura de conservación de la diversidad biológica* (pp. 161-171). Aragón: Monografías Tercer Milenio. Sociedad Entomológica Aragonesa.
- Sakai, M., Suda, S. I., Okeda, T. y Washitani, I. (2017). Identifying priority habitats and monitoring species for conservation and restoration of lentic Odonata habitats: assemblage nestedness on Amami-Oshima Island, Japan. *Ecological Research* 32, 693-702.
- Silva Monteiro Júnior, C. da, Couceiro, S. R. M., Hamada, N. y Juen, L. (2013). Effect of vegetation removal for road building on richness and composition of Odonata communities in Amazonia, Brazil. *International Journal of Odonatology* 16, 135-144.

