

---

# *The Mexican Naturalist*

---

*Revista Oficial del Curso de Campo*

*Ecología de Bosques Tropicales Fragmentados*



---

*El Canto de la Selva*  
*Galacia, Marqués de Comillas, Chiapas*  
*5 al 15 abril de 2019*  
**Volumen 10**

## **Coordinador:**

Dr. Víctor Arroyo-Rodríguez (IIES - UNAM campus Morelia)

## **Profesores Invitados:**

Dr. Marcelo Tabarelli (Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Inara R. Leal (Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Felipe P. L. Melo (Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

Dr. Bráulio A. Santos (Universidade Federal de Paraíba, João Pessoa, Brasil)

Dra. Deborah Faria (Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus, Brasil)

Dra. Maíra Benchimol (Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilheus, Brasil)

Dr. José C. Morante-Filho (Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, Brasil)

## **Estudiantes:**

Cecilia González González

[ceci\\_g\\_g@ciencias.unam.mx](mailto:ceci_g_g@ciencias.unam.mx)

Griselda Guerrero Márquez

[gris.g.marquez@gmail.com](mailto:gris.g.marquez@gmail.com)

Macarena Marin Rodulfo

[mmarin12@us.es](mailto:mmarin12@us.es)

Anna Tran Nguyen

[AnnaTranNguyen@cmail.carleton.ca](mailto:AnnaTranNguyen@cmail.carleton.ca)

Brenda Aline Maya Badillo

[mayis.bamb20@gmail.com](mailto:mayis.bamb20@gmail.com)

Sandra Ivette Rodríguez Trujillo

[ivettetrujillo.biol@gmail.com](mailto:ivettetrujillo.biol@gmail.com)

Guillermo Orta Pineda

[ortapg@outlook.com](mailto:ortapg@outlook.com)

Elisa Lotero Velásquez

[elilo2008@hotmail.com](mailto:elilo2008@hotmail.com)

Karla Mayorga Lizaola

[karlizaola@ciencias.unam.mx](mailto:karlizaola@ciencias.unam.mx)

Javier Martínez Toledo

[javiermarttol@gmail.com](mailto:javiermarttol@gmail.com)

David Alejandro Brindis Badillo

[dbrindis@cieco.unam.mx](mailto:dbrindis@cieco.unam.mx)

María Idalia Villalpando Toledo

[idalia\\_vi@yahoo.com](mailto:idalia_vi@yahoo.com)

Joan Sebastian Aguilar Peralta

[joan.science9@gmail.com](mailto:joan.science9@gmail.com)

## TRABAJOS GRUPALES GUIADOS

- Efecto relativo de la cantidad de hábitat y el tamaño del parche sobre la diversidad de epífilas en un bosque tropical.** González-González C, Martínez-Toledo J, Mayorga-Lizaola K ..... 1
- Efecto de borde sobre la herbivoría en la hierba *Heliconia aurantiaca*.** Brindis-Badillo DA, Orta-Pineda G, Marín-Rodulfo M ..... 4
- Respuesta de la diversidad de invertebrados a la heterogeneidad de la hojarasca.** Maya-Badillo BA, Tran Nguyen TA, Rodríguez Trujillo SI ..... 7
- Las perturbaciones antrópicas median la influencia de la heterogeneidad del hábitat sobre las comunidades de hormigas en el bosque tropical.** Aguilar-Peralta JS, Guerrero-Márquez G, Lotero-Velásquez E ..... 10



## RESUMENES DE TRABAJOS INDEPENDIENTES

**Efecto del hotel “Canto de la Selva” en la avifauna local según la percepción cultural**  
Loterio-Velásquez E, Orta-Pineda G, Tran Nguyen TA ..... 14

**Efecto de las epífilas sobre la herbivoría en *Quararibea funebris*.** Aguilar-Peralta JS,  
Orta-Pineda G, Rodríguez-Trujillo SI ..... 14

**La agricultura impacta negativamente la diversidad de plantas acuáticas del río  
Lacantún.** González-González C, Guerrero-Márquez G, Mayorga-Lizaola K ..... 14

**El incremento del área del claro no disminuye la densidad de plántulas de  
*Brosimum alicastrum*.** Brindis Badillo DA, Martínez Toledo J, Rodríguez Trujillo SI . 15

**El ecotono generado por un disturbio antropogénico no genera mayor riqueza de  
hormigas.** Guerrero Márquez G, Martínez Toledo J, Tran Nguyen TA ..... 15

**Respuesta de la riqueza de artrópodos al uso de glifosato en monocultivos de maíz.**  
Mayorga-Lizaola K, Brindis-Badillo DA, Maya-Badillo BA ..... 15

**Respuesta de la riqueza y frecuencia de polinizadores en diferentes tipos de  
monocultivos.** Maya-Badillo BA, Marín-Rodulfo M, Aguilar-Peralta JS ..... 16

**Herbivoría de plántulas de *Brosimum alicastrum* en dos fragmentos de bosque  
tropical de distintos tamaños.** Lotero Velázquez E, González González C, Marín-  
Rodulfo M ..... 16



# Efecto relativo de la cantidad de hábitat y el tamaño del parche sobre la diversidad de epífilas en un bosque tropical

Cecilia González-González<sup>1\*</sup>, Javier Martínez-Toledo<sup>2</sup>, Karla Mayorga-Lizaola<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Unidad de Morfología y Función, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Estado de México, México.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

\*Autor para la correspondencia: ceci\_g\_g@ciencias.unam.mx

**Resumen:** Entender los patrones, procesos y mecanismos que determinan la distribución y la abundancia de especies es un gran reto en ecología. La teoría de biogeografía de islas predice que en ambientes donde el hábitat es discontinuo (islas), la riqueza de especies es mayor en islas más grandes y más cercanas a la fuente de propágulos (continente). Recientemente, la hipótesis de la cantidad de hábitat postula que es el tamaño del hábitat en un paisaje y no el tamaño del parche lo que determina su riqueza de especies. Nosotros ponemos a prueba esta hipótesis usando las epífilas (i.e. briófitas, líquenes, y algas que viven sobre la superficie de las hojas de plantas) como modelo de estudio. En particular, estudiamos la densidad de morfoespecies de epífilas en diez plantas distribuidas a lo largo de un transecto de bosque tropical del sureste de México. La densidad de especies no estuvo relacionada con la cantidad de hábitat ni con el tamaño de la hoja. Por tanto, no encontramos evidencias que apoyen la hipótesis de la cantidad de hábitat, ni la teoría de biogeografía de islas. Nuestros datos sugieren que las epífilas tienen una distribución azarosa u homogénea, la cual puede deberse a una amplia disponibilidad y dispersión de los propágulos de estas plantas.

**Palabras claves:** morfoespecies de epífilas, área foliar, ecología de paisajes, hipótesis de la cantidad de hábitat, densidad, tasa de colonización.

## INTRODUCCIÓN

Por décadas, la ecología ha investigado los patrones, procesos y mecanismos que determinan la distribución y abundancia de la biodiversidad. En ambientes fragmentados, la teoría de biogeografía de islas propone que la riqueza de especies en una isla depende de su tamaño y distancia al continente (i.e. la fuente de nuevas especies) (MacArthur y Wilson 1963). Recientemente, la hipótesis de la cantidad de hábitat postula que la riqueza de especies en fragmentos de hábitat depende en mayor medida de la cantidad de hábitat que rodea a los fragmentos y no del tamaño de los mismos (Fahrig 2013). Esto se debe a que los fragmentos de hábitat no representan límites reales de la distribución de las poblaciones ya que éstas pueden utilizar varios fragmentos en el paisaje. Por tanto, la disponibilidad de individuos (y especies) y su capacidad de dispersión dependerán en mayor medida de la cantidad de hábitat en el paisaje que del tamaño del fragmento focal. En particular, fragmentos focales en paisajes con mayor cantidad de hábitat suelen tener un mayor tamaño y estar menos aislados entre sí. Esto puede favorecer la colonización de los fragmentos focales y reducir la extinción de poblaciones en su interior, aumentando la riqueza de especies.

En el presente artículo ponemos a prueba estas hipótesis usando las comunidades de epífilas como modelo de estudio. Las epífilas son todos aquellos hongos, líquenes, algas y briofitas que habitan sobre la superficie de hojas de otras plantas. Estos organismos se reproducen por medio de esporas, las cuales se producen por millares y se dispersan por medio del agua y el viento hacia las hojas circundantes. Por lo tanto, estos organismos tienen una distribución de hábitat naturalmente discontinua -

característica útil para estudiar los procesos que determinan la diversidad en paisajes fragmentados. Hipotetizamos que la tasa de colonización y reclutamiento de nuevas especies de epífilas en hojas se ven favorecidas en paisajes con una mayor cantidad de hábitat (hojas), ya que se reduce tanto la limitación en la fuente como la limitación en la dispersión. Si esta hipótesis es cierta, se espera que la densidad de especies de epífilas se relacione positivamente con la cantidad de hábitat, y no tenga relación con el tamaño del parche.

## MÉTODOS

### Área de estudio

Este estudio se llevó a cabo en el centro ecoturístico *Canto de la Selva*, ubicado en el ejido de Galacia, municipio Marqués de Comillas, estado de Chiapas, México (16°12.38' N - 90°54.13' W). El área de estudio se encuentra dentro de la selva Lacandona, cuya vegetación corresponde a selva alta perennifolia (Miranda y Hernández 1963). La precipitación anual es de 3500 mm, y la temperatura media anual es de 25°C (Carabias et al. 2005). La región tiene una historia de disturbio reciente (cerca de 40 años), por lo que el bosque primario se encuentra inmerso en una matriz agrícola compuesta principalmente por cultivos de maíz, plátano, chile y palma aceitera.

## Método de muestreo

Recorrimos un sendero de bosque primario y establecimos un punto de muestreo cada 40 m aproximadamente ( $n = 10$ ). En cada punto elegimos al azar una planta colonizada por epífilas. En cada planta, ubicamos una rama a la altura del pecho (1.3 m), dentro de la cual colectamos la hoja más próxima al tronco principal (hoja más vieja) para tratar de controlar el efecto potencial de la edad de la hoja. Después, con ayuda de una cuerda, se marcó una esfera con un radio de 1 m de longitud (volumen =  $4.18 \text{ m}^3$ ) dentro del cual colectamos las hojas de todas las plantas presentes. Etiquetamos y guardamos el material en bolsas de plástico.

## VARIABLES explicativas y de respuesta

Para medir el tamaño de las hojas focales, consideramos el largo y ancho de cada hoja, y después se estimó el área foliar suponiendo que todas las hojas tenían forma de elipse (área = radio mayor  $\times$  radio menor  $\times \pi$ ). Del mismo modo, se midió el área de todas las hojas colectadas en el paisaje que rodeaba cada hoja focal, las cuales se sumaron para obtener la cantidad de hábitat (i.e. área total de hojas). Como variable de respuesta se midió la densidad de especies, i.e. número de morfoespecies/área. Para ello, en cada hoja focal colocamos tres cuadrantes de  $2 \times 2 \text{ cm}$  ( $4 \text{ cm}^2$ ) con 0.5 cm de separación entre cada uno. Estos cuadrantes fueron colocados en línea siguiendo la vena central de la hoja. Tomamos fotos de los cuadrantes y contamos el número total de especies presentes.

## Análisis de datos

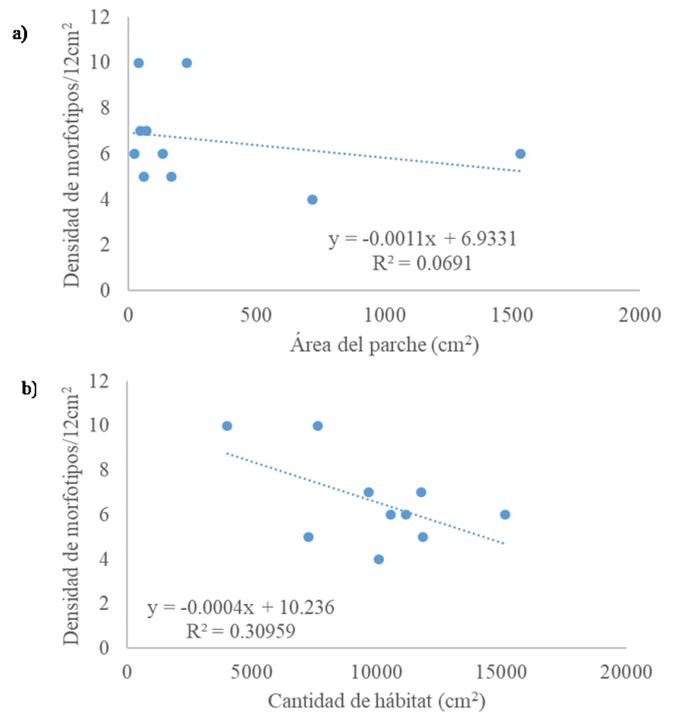
Para observar el cambio en la densidad de epífilas en relación con la cantidad de hábitat circundante (área total de hojas en el volumen muestreado) y al área del parche (área de la hoja focal), realizamos dos regresiones lineales. Posteriormente revisamos que no existiera multicolinealidad entre las dos variables explicativas por medio del factor de inflación de la varianza (VIF) usando la librería *car* para R. El VIF fue 1.45, lo cual sugiere que no existe colinearidad entre predictores. Por tanto, hicimos un modelo lineal generalizado con error tipo Poisson para analizar el efecto relativo de ambas variables sobre la densidad de epífilas.

## RESULTADOS

Encontramos un promedio de 6.6 morfoespecies en cada hoja (rango = 4 – 10 especies, desviación estándar = 2.01). La densidad de morfoespecies no estuvo asociada al área del parche ( $R^2 = 0.069$ ,  $p = 0.538$ ) (Fig. 1a). De igual forma, la densidad de morfoespecies no estuvo asociada a la cantidad de hábitat en el paisaje ( $R^2 = 0.309$ ,  $p = 0.192$ ) (Fig. 1b). Cuando incluimos ambos predictores en un modelo múltiple tampoco encontramos resultados significativos (Tabla 1).

## DISCUSIÓN

El tamaño de la hoja focal y la cantidad de hábitat (área foliar) en el paisaje que rodea las hojas focales parecen no tener un efecto significativo sobre la densidad de morfoespecies en las mismas. Estos hallazgos no apoyan la hipótesis de la cantidad de hábitat. Tampoco apoyan la teoría de biogeografía de islas. Es posible que la alta disponibilidad de propágulos en el sotobosque y su fácil dispersión entre hojas por medio del agua y viento reduzcan el efecto de la limitación de fuente y de dispersión asociado al tamaño del parche y la cantidad de hábitat. Esto puede explicar por qué la densidad de especies fue similarmente alta en todas las hojas muestreadas.



**Figura 1.** Efecto del tamaño (área foliar,  $\text{cm}^2$ ) de las hojas focales (a) y de la cantidad de hábitat (i.e. área foliar de todas las hojas presentes en un paisaje esférico de 1 m de radio) (b) sobre la densidad de morfoespecies de epífilas en diez hojas focales colectadas en el sotobosque de un bosque tropical dentro del ejido Galacia, Chiapas, México. Se indican las tendencias de ambas asociaciones, pero ambos modelos de regresión lineal fueron no significativos ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 1.** Coeficientes del modelo lineal generalizado que analiza el efecto de la cantidad de hábitat (área total de hojas presentes en un paisaje esférico de 1 m de radio) y del tamaño del parche (área de la hoja focal) sobre la densidad de especies epífilas.

	Estimador (pendiente)	Error estándar	Valor de z	p
(Intercepto)	2.430	0.4419	5.499	<0.001
Área del hábitat	-0.0001	0.0001	-1.148	0.251
Área del parche	0.00004	0.0003	0.106	0.916

A pesar de lo anterior, no es posible rechazar contundentemente la hipótesis de la cantidad de hábitat debido a una serie de limitaciones metodológicas. En su artículo, Fahrig (2013) discute dos principales fuentes de error al

estimar los efectos de la cantidad del hábitat. Por un lado, la selección del hábitat “hoja” supone que todas las especies muestreadas son capaces de establecerse en todas las hojas. Sin embargo, nuestro limitado conocimiento de la biología de las especies no nos permite hacer esta afirmación. Es posible que las morfoespecies muestreadas estuvieran especializadas para ciertos tipos de hojas, lo cual sesgaría nuestros resultados. Por otro lado, la autora señala que la escala de trabajo pertinente para observar efectos del paisaje (i.e. la escala del efecto) depende de las características de las especies con que se trabaja, como su distancia de dispersión. Dado que no sabemos la capacidad de dispersión de las especies de estudio, investigaciones futuras deben considerar hacer un análisis multiescalar y medir la cantidad de hábitat en paisajes de diferentes tamaños para identificar con mayor precisión si el efecto débil de esta variable registrada en este estudio puede deberse a la escala utilizada (i.e. puede ser que escogimos una escala demasiado pequeña o demasiado grande; Fahrig 2013).

- FAHRIG, L. 2013. Rethinking patch size and isolation effects: the habitat amount hypothesis. *Journal of Biogeography* 40: 1649–1663.
- MACARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. 1963. An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* 17: 373–387.
- MIRANDA, F. & HERNÁNDEZ, X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29–179.
- MORTON, E. S. 1975. Ecological sources of selection on avian sounds. *The American Naturalist* 109:17–34.

## CONCLUSIONES

La débil asociación entre la densidad de morfoespecies de epífilas y ambas variables predictoras (tamaño de hoja y área foliar circundante) sugiere que estos factores no promueven limitación de fuente ni limitación de dispersión. Quizás, es posible que la colonización y establecimiento de estos organismos estén más fuertemente influenciados por otros factores no controlados en este experimento. Por ejemplo, la textura foliar, estructuras de defensa mecánica, secreciones químicas y el microclima pueden afectar la capacidad de establecimiento de los propágulos que llegan a nuevos parches de hábitat. Por lo tanto, recomendamos hacer nuevos estudios que tomen en cuenta estas variables para discernir estos posibles efectos.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México el apoyo otorgado para la realización de este trabajo, así como a la Dra. Maíra Benchimol, al Dr. José Carlos Morante-Filho y a Víctor Arroyo por su ayuda en la toma y procesamiento de datos. Finalmente, agradecemos al personal de *Canto de la Selva* por las facilidades proporcionadas durante nuestra estancia en el campamento.

## LITERATURA CITADA

- CARABIAS, J., DE LA MAZA, J. & CADENA, R. 2005. Conservación y desarrollo sustentable en la selva Lacandona. 25 años de actividades y experiencias. *Natura y Ecosistemas Mexicanos*, Ciudad de México, México.

## Efecto de borde sobre la herbivoría en la hierba *Heliconia aurantiaca*

David A. Brindis-Badillo<sup>1</sup>, Guillermo Orta-Pineda<sup>2</sup>, Macarena Marín-Rodulfo<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecología de Enfermedades y Una Salud, Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Escuela Nacional de Estudios Superiores Unidad Morelia, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, México.

\*Autor para la correspondencia: mmarin12@us.es

**Resumen:** El cambio de uso del suelo amenaza el mantenimiento de los bosques a nivel mundial, especialmente en los trópicos. La pérdida y fragmentación de bosques tropicales crean fragmentos en cuyos bordes se pueden alterar procesos ecológicos clave, como la herbivoría. En este estudio evaluamos el daño foliar causado por herbívoros especialistas y generalistas en la hierba *Heliconia aurantiaca* a lo largo de un gradiente de distancia borde-interior. Hipotetizamos que el daño foliar cerca del borde será generado principalmente por insectos generalistas, debido a que proliferan plantas pioneras con menores defensas, lo que relaja el control ascendente (bottom-up). Si esta hipótesis es cierta, predecimos que el daño por insectos herbívoros generalistas sea mayor cerca del borde, mientras que el daño por herbívoros especialistas incrementa hacia el interior del fragmento. Nuestros resultados fueron opuestos a lo esperado: el daño por insectos especialistas fue relativamente mayor en plantas cercanas al borde y el daño por generalistas fue mayor en sitios de interior. Proponemos que la proliferación del género *Heliconia* en los bordes, la presencia de plantas con mayores defensas contra herbívoros especializados en el interior de los fragmentos y la competencia entre herbívoros por el mismo recurso podría explicar el patrón encontrado.

**Palabras claves:** fragmentación, interacción planta-insecto, bosque tropical, platanillo.

### INTRODUCCIÓN

La pérdida y fragmentación de los bosques a nivel mundial afecta principalmente a los bosques tropicales (Hansen et al. 2013). Estas modificaciones resultan en fragmentos de bosque en cuyos bordes se alteran las condiciones bióticas y abióticas (Laurance et al. 2012). En particular, en los bordes se generan gradientes ambientales borde-interior, como un aumento de luminosidad e incidencia del viento y una reducción de humedad en sitios cercanos a los bordes. Estos cambios abióticos alteran la dinámica poblacional de plantas tolerantes a la sombra y favorecen el establecimiento de especies de plantas pioneras cerca de los bordes (Harper et al. 2005, Laurance et al. 2012). Esto genera cambios en la disponibilidad y calidad de recursos, como es la proliferación de plantas pioneras y los cambios en la calidad del follaje (Wirth et al. 2008).

La estructura de las interacciones planta-herbívoro se encuentran reguladas por el funcionamiento de fuerzas ascendentes (bottom-up) y descendentes (top-down; Hunter et al. 1997). Se ha propuesto que la regulación ascendente se relaja en sitios cercanos a los bordes ya que la proliferación de plantas pioneras (con menores defensas contra herbívoros) en los bordes incrementa la disponibilidad de recursos para las poblaciones de herbívoros (Mattson y Addy 1975). En contraste, la escasez de depredadores de herbívoros en los bordes puede debilitar la regulación descendente que estos animales ejercen sobre la herbivoría (Hairston et al. 1960).

Para testar estas hipótesis, en el presente estudio se evaluó la proporción de daño efectuado por dos grupos de herbívoros (especialistas y generalistas) sobre las hojas de la hierba *Heliconia aurantiaca* a lo largo de un gradiente de distancia al borde. Esperamos un mayor daño por herbívoros generalistas en los individuos registrados más

cercanos al borde, mientras que el daño por herbívoros especialistas seguirá el patrón opuesto.

### MÉTODOS

#### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en un fragmento de bosque tropical húmedo ubicado en el municipio de Marqués de Comillas, en la región de la selva Lacandona, Chiapas, México. El área de estudio comprende un fragmento compuesto de una vegetación clasificada como selva alta perennifolia. Esta selva es el mayor reducto de bosque tropical perennifolio en Norteamérica, y contiene una gran diversidad biológica, reconocida como prioritaria para la conservación (Mendoza y Dirzo 1999).

#### Especie de estudio

*Heliconia aurantiaca* es una hierba perenne del sotobosque tropical de América Central con una tolerancia relativamente alta al daño por herbivoría (Coley 1980). El género *Heliconia* es el único de la familia Heliconiaceae, una de las ocho familias de monocotiledóneas del orden Zingiberales (Berry y Kress 1991). En condiciones naturales, la mayoría de las especies solo pueden ser encontradas en áreas con alta disponibilidad de luz (e.g. claros naturales); solo pocas especies, como *H. aurantiaca*, se han adaptado a la baja disponibilidad de luz del sotobosque sombreado (Berry y Kress 2001). El follaje del género *Heliconia* es atacado por tres grandes grupos de insectos: (1) hispines (crisomélidos especializados en Zingiberales) (Strong 1977), y dos grupos generalistas: (2)

orugas (*Caligo* y *Opisphanes*) (De Vries 1987) y (3) hormigas cortadoras de hojas del género *Atta* (Rico-Gray y Oliveira 2007).

### Colecta de datos

Muestreamos 24 individuos focales de *H. aurantiaca* a lo largo de un sendero en el fragmento de bosque conservado. Los individuos muestreados estuvieron separados por al menos 10 m entre sí y registramos su ubicación geográfica para medir su distancia al borde de bosque más cercano con el programa Google Earth. Se contó el número de rametas que presentaba cada individuo, el número de hojas totales, el número de hojas dañadas por cada grupo funcional de insectos (generalistas o especialistas), así como el número de rametas reproductivas por individuo. El tipo de daño ocasionado por los diferentes grupos funcionales se realizó con base en la clasificación propuesta por Santos (2011).

### Análisis de datos

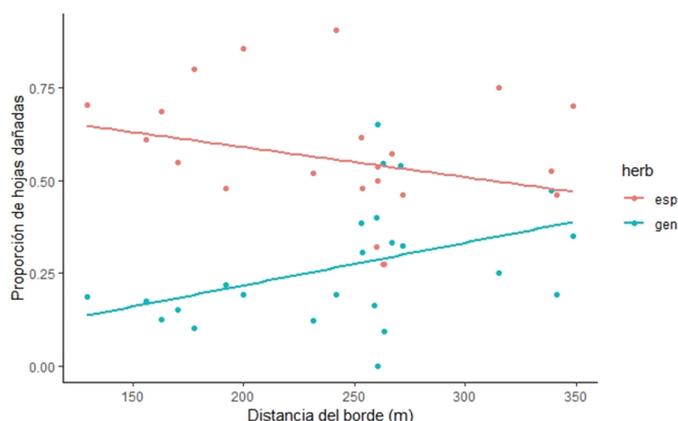
Se calculó la proporción de hojas dañadas por individuo, separando el daño ocasionado por insectos especialistas y generalistas. Para evaluar el efecto del tipo de herbívoro, la distancia al borde y la interacción entre estas variables sobre la proporción de hojas dañadas utilizamos un modelo lineal mixto con el programa JMP (versión 8.0). El número de rametas y el número de rametas reproductivas por planta se integraron al modelo (covariables) para controlar su efecto. Para eliminar el efecto de la pseudoreplicación (falta de independencia entre muestras), se incluyó al individuo como factor aleatorio.

## RESULTADOS

De los 24 individuos muestreados registramos un total de 185 rametas, de las cuales el 40% presentó daño ocasionado por insectos herbívoros. El porcentaje de daño de hojas provocado por herbívoros especialistas fue de 54%, mientras que el de los herbívoros generalistas fue de 26%. Se encontraron tres variables estadísticamente significativas: el tipo de herbívoro ( $p < 0.001$ ), el número de rametas sobre la proporción de daño ( $p = 0.04$ ) y la interacción entre el tipo de herbívoro y el daño respecto al borde más cercano ( $p = 0.03$ ) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Efecto de la distancia al borde forestal, el tipo de herbívoro (generalista vs. especialistas) y la interacción entre ambas variables sobre la proporción de daño foliar en *Heliconia aurantiaca*, controlando el efecto del tamaño de la planta (número de rametas) y la proporción de rametas reproductivas.

Efecto	g.l.	F	P
Distancia al borde (m)	20	0.82	0.37
Tipo de herbívoro	22	308.10	<0.001
Tipo de herbívoro × Distancia al borde	22	49.65	0.03
Número de rametas	20	474.96	0.04
Proporción de rametas reproductivas	20	300.30	0.1



**Figura 1.** Proporción de hojas de *Heliconia aurantiaca* dañadas por herbívoros generalistas (línea azul) y especialistas (línea roja) a lo largo de un gradiente de distancia al borde de un fragmento de selva tropical en Lacandona, Chiapas.

## DISCUSIÓN

Este estudio sugiere que, contrario a lo esperado, los daños por herbívoros generalistas son mayores en sitios de interior forestal, mientras que el daño por especialistas es mayor cerca de los bordes. Esto puede ser explicado debido a la historia de vida del género *Heliconia* ya que se aprovecha de las condiciones que generan los bordes (Berry y Kress 2001), y este patrón puede aumentar las poblaciones de insectos herbívoros especialistas, lo que puede contribuir a incrementar el daño que estos animales hacen en el borde. También es posible que las condiciones del interior del bosque favorezcan a especies de plantas que tienen una mayor capacidad de defensa a la herbivoría, lo que explicaría que el daño generado por herbívoros generalistas sea mayor en el interior, donde *H. aurantiaca* quizás tiene menor capacidad de defensa contra estos herbívoros. Finalmente, es posible que exista una relación negativa por la competencia entre los dos grupos funcionales de herbívoros, es decir, el efecto de los insectos generalistas podría interferir con el aprovechamiento de *H. aurantiaca* (Pascual-Alvarado 2008).

Con base en lo anterior, nuestro trabajo sugiere que el efecto de borde no aumenta la herbivoría de *Heliconia aurantiaca* por insectos generalistas. Estudios futuros deben considerar la capacidad de defensa química y física de las especies a nivel de comunidad para entender mejor los mecanismos que explican el daño foliar creado por herbívoros especialistas y generalistas en bordes de bosques tropicales fragmentados.

## AGRADECIMIENTOS

Al personal del Canto de la Selva, al Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal y al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por el apoyo económico para el curso.

## LITERATURA CITADA

- BERRY, F. y KRESS, W. J. 1991. Heliconia: an identification guide. Smithsonian Institute Press, Washington and London.
- COLEY, P. D. 1980. Effects of leaf age and plant life-history patterns on herbivory. *Nature* 284: 545-546.
- DE VRIES, P. J. 1987. The butterflies of Costa Rica and their natural history. Volume 1: Papilionidae, Pieridae, and Nymphalidae. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- HANSEN, M. C., POTAPOV, P. V., MOORE, R., HANCHER, M., TURUBANOVA, S. A., TYUKAVINA, A., et al. 2013. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science* 342: 850-853.
- HUNTER, M. D., VARLEY, G. C., GRADWELL, G. R. 1997. Estimating the relative roles of top-down and bottom-up forces on insect herbivore populations: a classic study revisited. *Proceedings of the National Academy Science USA* 94: 9176-9181.
- LAURANCE, W. F., CAMARGO, J. L. C., LUISÁO, R. C., LAURANCE, S. G., PIMM, S. L., BRUNA, E. M., et al. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation* 144: 56-67.
- LETCHER, S. G. 2010. Phylogenetic structure of angiosperm communities during tropical forest succession. *Phylosophical Transaction of the Royal Society B* 277: 97-104.
- MATTSON, W. J., ADDY, N. D. 1975. Phytophagous insects as regulators of forest primary production. *Science* 190: 515-522.
- HAIRSTON, N. G., SMITH, F. E., SLOBODKIN, L. B. 1960. Community structure, population control, and competition. *The American Naturalist* 94: 421-425.
- RICO-GRAY, V., OLIVEIRA, P. S. 2007. The ecology and evolution of ant-plant interactions. University of Chicago Press, Chicago, Illinois.
- SANTOS, B. A. 2011. La interacción de Heliconia con sus insectos herbívoros y hongos patógenos foliares en selvas tropicales fragmentadas. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- STRONG, D. R. 1977. Rolled-leaf hispine beetles (Chrysomelidae) and their Zingiberales host plants in Middle America. *Biotropica* 9: 156-169.
- WIRTH, R., MEYER, S. T., LEAL, I. R. y TABARELLI, M. 2008. Plant-herbivore interactions at the forest edge. *Progress in Botany* 69: 423-448.

# Respuesta de la diversidad de invertebrados a la heterogeneidad de la hojarasca

Brenda A. Maya-Badillo<sup>1\*</sup>, Thuong A. Tran Nguyen<sup>2</sup>, Sandra I. Rodríguez Trujillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología de Enfermedades y Una Salud de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México.

<sup>2</sup>Department of Biology, Carleton University, Ottawa, Canada.

\*Autor para la correspondencia: mayis.bamb20@gmail.com

**Resumen:** La gran diversidad de los bosques tropicales puede ser explicada por la disponibilidad y heterogeneidad del hábitat – variables ambientales que pueden favorecer la coexistencia de especies con diferentes requerimientos ecológicos. La hojarasca en estos bosques es particularmente heterogénea ya que está compuesta por partes vegetales de diferentes especies de plantas. Proponemos que la cantidad (i.e. biomasa) y heterogeneidad (i.e. diversidad de morfotipos de hojas) de hojarasca generan condiciones adecuadas para el establecimiento y supervivencia de un mayor número de especies de invertebrados. Para probar esta hipótesis realizamos un muestreo aleatorio de invertebrados que habitan la hojarasca de un fragmento de bosque maduro en la Selva Lacandona, Chiapas, México, y relacionamos la riqueza de invertebrados con la biomasa y dos índices de heterogeneidad de hojarasca. Consistente con nuestras predicciones, la riqueza de invertebrados estuvo positivamente asociada con la heterogeneidad y biomasa de hojarasca. Por tanto, nuestros hallazgos sugieren que la gran diversidad de invertebrados en los bosques tropicales puede ser explicada, al menos parcialmente, por la disponibilidad y heterogeneidad de la hojarasca – factores que pueden reducir la extinción de especies y favorecer la coexistencia de especies con diferentes requerimientos de hábitat.

**Palabras claves:** estructura del hábitat, cantidad de hábitat, riqueza de invertebrados, Selva Lacandona.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales son los ecosistemas terrestres más biodiversos del mundo (Brown 2014, Koleff et al. 2012). En estos ecosistemas se ha propuesto que las comunidades de plantas determinan la estructura física del paisaje, afectando la distribución y diversidad de especies (Lawton 1983, MacCoy y Bell 1991). Por ejemplo, MacArthur y MacArthur (1961) muestran que la diversidad de aves en un bosque está fuertemente relacionada con la estructura vertical de la vegetación. Aauri y Lucio (2001) también encuentran que la heterogeneidad del paisaje tiene un efecto positivo sobre la diversidad de artrópodos.

El aumento de la diversidad de nichos funcionales en hábitats más heterogéneos puede promover la coexistencia de una mayor cantidad de especies de invertebrados (Brow 2014). Otro factor crítico que puede contribuir al mantenimiento de especies es la cantidad de hábitat, la cual determina el tamaño de las poblaciones y su probabilidad de extinción (Fahrig 2013, Twes et al. 2004, Wang et al. 2009). Entender el efecto de la heterogeneidad y cantidad de hábitat sobre la diversidad de especies invertebrados es particularmente importante ya que estos animales tienen un papel crucial en el mantenimiento de procesos ecológicos clave, como la degradación de la materia orgánica, la fijación de nitrógeno y la fertilización del suelo. Twes y colaboradores (2004) revisan el efecto de la heterogeneidad del hábitat (tipos de ecosistema) y el tamaño del hábitat sobre la diversidad de diferentes grupos taxonómicos y demuestran que dicho efecto es positivo en diferentes grupos de invertebrados, incluyendo artrópodos, arácnidos, y coleópteros. Sin embargo, la respuesta de la diversidad de estos grupos a los cambios en la heterogeneidad y biomasa de la hojarasca es poco conocida.

El presente trabajo busca evaluar cómo la disponibilidad (i.e. biomasa) y heterogeneidad (i.e. diversidad de morfotipos de hojas) de la hojarasca afectan el número de especies de invertebrados. Hipotetizamos que sitios con mayor cantidad y diversidad de hojarasca presentarán poblaciones más grandes y con menor probabilidad de extinción, por lo que este factor favorecerá el mantenimiento de especies en la hojarasca. Por otro lado, la heterogeneidad de la hojarasca incrementará la disponibilidad de nichos ecológicos, favoreciendo la coexistencia de un mayor número de especies. En consecuencia, la riqueza de invertebrados será mayor en sitios con una mayor heterogeneidad y biomasa de hojarasca.

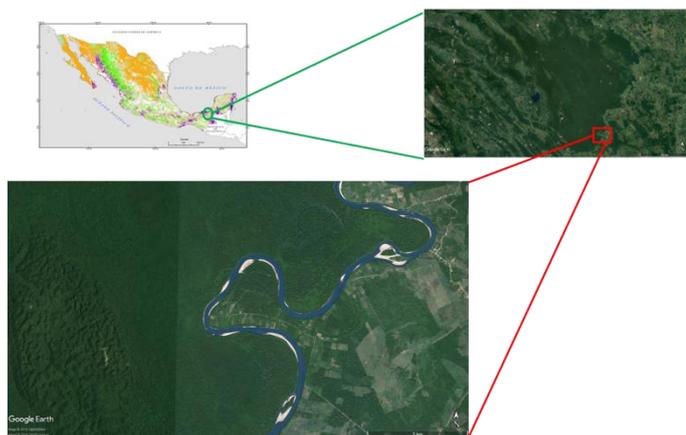
## MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio lo realizamos en la periferia del hotel “Canto de la Selva”, en un fragmento de bosque maduro localizado en el Ejido de Galicia, en el Municipio de Marqués de Comillas, Chiapas, México (16°12.38' N – 90°54.13' W). En el área se encuentran fragmentos de vegetación de selva alta perennifolia, rodeados por una matriz antropogénica en donde se pueden encontrar cultivos de palma de aceite, cultivos de maíz, plátano, chile y algunos parches con ganadería. El clima predominante es cálido-húmedo (Af, Cw) con lluvias todo el año. Los tipos de suelos que predominan son cársticos, vertisol y latosol con alto contenido de materia orgánica.

## Muestreo de la hojarasca

El muestreo lo realizamos de manera aleatoria en 15 cuadrantes (30 × 30 cm cada uno). Trazamos un transecto a través del sendero principal, con una separación de 15 m entre cuadrantes. Dentro de cada cuadrante colectamos todos los componentes de la hojarasca, incluyendo hojas enteras, hojas con cierto grado de descomposición y otros tipos de materia (troncos, frutos y raíces).



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio (círculo amarillo) y diseño de muestreo dentro de un fragmento de bosque tropical en la selva Lacandona, Chiapas, México.

## Procesamiento de muestras

Procesamos las muestras de manera inmediata a su colecta. Realizamos la separación de la hojarasca en tres categorías: hojas, detritus y troncos, y pesamos cada una de las categorías para la obtención de la biomasa total de la hojarasca. Posteriormente, clasificamos la categoría de hojas enteras por morfotipo. De igual manera, capturamos a los invertebrados encontrados en cada uno de los cuadrantes, los fijamos en alcohol al 10%, los clasificamos por morfotipos de hojas y registramos su riqueza.

## Análisis de datos

Evaluamos la heterogeneidad de la hojarasca con dos índices de diversidad de Shannon (H), el primero para los morfotipos de hojas (H1), el segundo índice fue aplicado para los componentes de la hojarasca (i.e. proporciones de hojas, detritus y troncos) (H2). A través de una correlación múltiple de Pearson corroboramos la independencia de las variables predictoras (H1 - H2:  $r = 0.28$ ,  $p = 0.37$ ; H1 - biomasa total:  $r = 0.36$ ,  $p = 0.37$ ; H2 - biomasa total:  $r = 0.45$ ,  $p = 0.27$ ). Posteriormente, realizamos un modelo de regresión múltiple para evaluar el efecto relativo de la diversidad de morfotipos, diversidad de componentes de hojarasca y biomasa del hábitat sobre la riqueza de invertebrados. Estos análisis se realizaron con el programa R (Versión 3.2.4).

## RESULTADOS

Registramos 7 morfotipos de hojas completas. El índice de Shannon de morfotipos de hojarasca varió entre 0.2 y 1.4, y el rango de variación del índice de Shannon de los componentes fue de 0.32 a 1.09 (Tabla 1). La riqueza de invertebrados estuvo positivamente relacionada con el índice de diversidad de los morfotipos de hojarasca. La riqueza de invertebrados también aumentó con la biomasa total de hojarasca (Tabla 2; Fig. 2).

**Tabla 1.** Heterogeneidad de la hojarasca muestreada en 15 cuadrantes en un fragmento de bosque maduro en la región de la Selva Lacandona, Chiapas, México. Indicamos la proporción de hojas, detritus y troncos, el índice de Shannon de estos componentes, y la diversidad (índice de Shannon) de morfotipos de hojas.

Cuadrante	Proporción			Índice de Shannon	
	Hojas	Detritus	Troncos	Componentes de hojarasca	Morfotipos de hojas
1	0.52	0.24	0.24	1.02	1.30
2	0.43	0.10	0.47	0.95	0.77
3	0.45	0.19	0.36	1.04	0.99
4	0.39	0.29	0.32	1.09	1.04
5	0.45	0.23	0.32	1.06	0.96
6	0.53	0.24	0.23	1.02	1.36
7	0.51	0.26	0.23	1.03	0.57
8	0.64	0.23	0.13	0.89	0.96
9	0.55	0.01	0.44	0.74	0.20
10	0.62	0.20	0.18	0.93	1.28
11	0.91	0.09	0.00	0.32	0.93
12	0.21	0.58	0.21	0.97	1.20
13	0.55	0.11	0.34	0.94	0.92
14	0.11	0.48	0.41	0.96	1.40
15	0.23	0.52	0.25	1.03	1.07

**Tabla 2.** Respuesta de la riqueza de invertebrados a los cambios en la heterogeneidad (índices de diversidad) y biomasa total (g) de hojarasca. Se indican los resultados de un modelo de regresión múltiple.

Factor	Pendiente	t-ratio	p	R <sup>2</sup>
Morfotipos de hojas	0.805	2.598	0.0221	0.517
Componentes de hojarasca	-0.888	-1.645	0.1310	
Biomasa total (g)	0.011	2.831	0.0178	

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren que la diversidad de morfotipos de hojas y la biomasa de la hojarasca promueven la coexistencia de un mayor número de especies de invertebrados en el bosque tropical. Lo anterior lo atribuimos a que (1) los sitios con mayor biomasa pueden mantener poblaciones mayores y con menor probabilidad de extinción, y (2) la heterogeneidad estructural de la hojarasca crea una amplia gama de microhábitats que permiten la coexistencia de especies. Estos hallazgos son consistentes con la revisión bibliográfica de Tews y colaboradores (2004), la cual demuestra que 85% de los estudios muestran una correlación positiva entre la diversidad de especies y diferentes medidas de heterogeneidad estructural del hábitat.

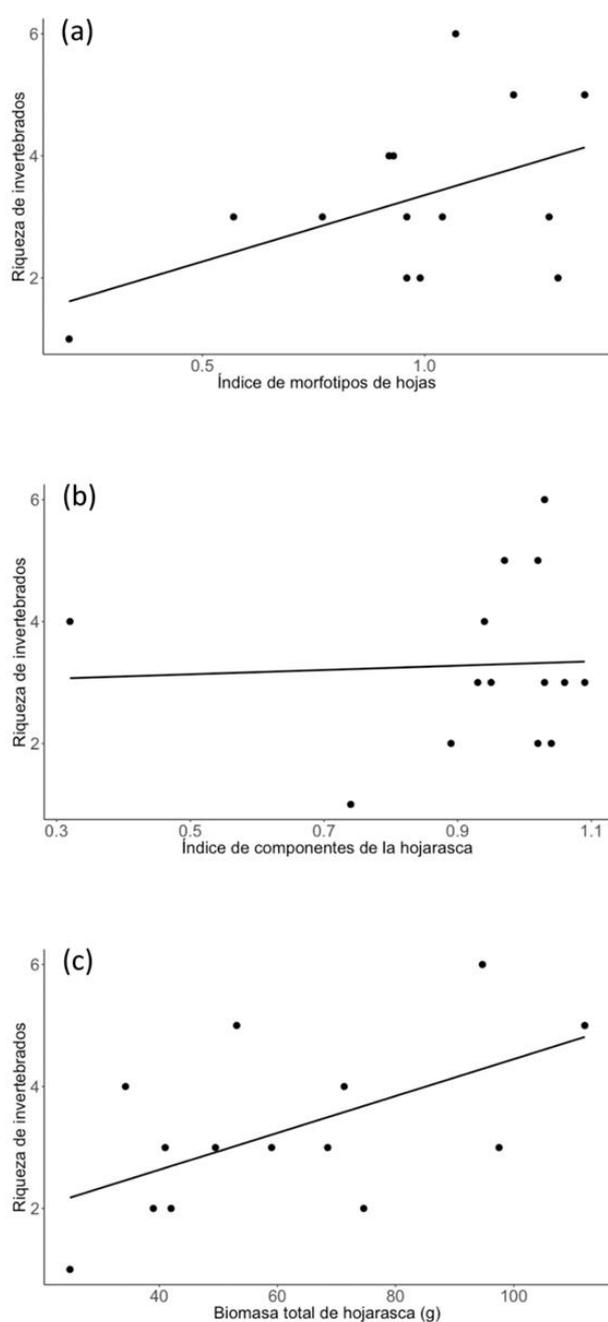
Contrario a lo esperado, el índice de diversidad de los componentes de la hojarasca no tuvo un efecto significativo sobre la diversidad de invertebrados. Por tanto, la heterogeneidad asociada a los morfotipos de hojas parece ser más importante que la heterogeneidad asociada a las partes vegetales, probablemente porque diferentes especies de hojas ofrecen recursos diferentes.

Concluimos que la heterogeneidad de la hojarasca, especialmente la heterogeneidad asociada a las diferentes especies de hojas puede contribuir al mantenimiento de un mayor número de especies de invertebrados. La cantidad (biomasa) de hojarasca también es crítica, quizás porque está

positivamente asociada con la disponibilidad de recursos, el tamaño de las poblaciones y su probabilidad de extinción.

## LITERATURA CITADA

- BAZZAZ, F. A. 1975. Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology* 56: 485-488.
- BROWN, J. H. 2014. Why are there so many species in the tropics? *Journal of Biogeography* 41: 8-22.
- KOLEFF, P., URQUIZA-HASS, T. & CONTRERAS, B. 2012. Prioridades de conservación de los bosques tropicales en México: reflexiones sobre su estado de conservación y manejo. *Ecosistemas* 21: 6-20.
- LAWTON, J. H. 1983. Plant architecture and the diversity of phytophagous insects. *Annual Review of Entomology* 28: 23-39.
- MACARTHUR, R. H. & MACARTHUR, J. W. 1961. On bird species diversity. *Ecology* 42: 594-598.
- MCCOY, E. D. & Bell, S. S. 1991. Habitat structure: the evolution and diversification of a complex topic. En: *Habitat structure: the physical arrangement of objects in space*. Bell, S. S., McCoy, E. D. & Mushinsky, H.R., editores. Chapman & Hall, Londres, pp. 27.
- TEWS, J., BROSE, U., GRIMM, V., TIELBORGER, K., WICHMANN, M. C., SCHWAGER, M., et al. 2004. Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures. *Journal of Biogeography* 31: 79-92.
- WANG, Z., BROWN, J. H., TANG, Z. & FANG, J. 2009. Temperature dependence, spatial scale, and tree species diversity in eastern Asia and North America. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 106: 13388-13392.



**Figura 2.** Relación entre la riqueza de invertebrados y el índice de diversidad de hojas (a), el índice de diversidad de los componentes de la hojarasca (b) y la biomasa total de hojarasca (c).

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Posgrado en Ciencias de la Producción y de la Salud Animal de la Universidad Nacional Autónoma de México y el apoyo otorgado para la realización de este curso de campo. Al Dr. Felipe P. L. Melo, así como a la Dra. Deborah Faria por el apoyo otorgado dirigiendo este proyecto. Agradecemos también a Trinidad Marroquín, alias “Chayo”, así como a todo el personal del hotel “Canto de la Selva” por la hospitalidad y apoyo.

# Las perturbaciones antrópicas median la influencia de la heterogeneidad del hábitat sobre las comunidades de hormigas en el bosque tropical

Joan Sebastian Aguilar-Peralta<sup>1\*</sup>, Griselda Guerrero-Márquez<sup>2</sup>, Elisa Lotero-Velásquez<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Ecología de Interacciones Bióticas, Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Ciudad Universitaria, Morelia, México.

<sup>2</sup>Laboratorio de Ecología de Comunidades, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Etnobotánica Ecológica, Jardín Botánico del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

\*Autor para la correspondencia: joan.science9@gmail.com

**Resumen:** Las perturbaciones antrópicas modifican la estructura de los bosques, lo que puede disminuir la heterogeneidad del hábitat y promover la coexistencia de especies con diferentes requerimientos ecológicos. Para probar esta hipótesis evaluamos cómo la heterogeneidad de la hojarasca (i.e. variación de los componentes vegetales) afecta la riqueza y la composición funcional de comunidades de hormigas presentes en tres tipos de hábitat con diferentes grados de perturbación antrópica (i.e. fragmento de vegetación nativa de ~200 ha, fragmento de ~1 ha, y un cultivo de palma de aceite) en Chiapas, México. También evaluamos el efecto relativo de la biomasa de hojarasca, ya que es un proxy de la cantidad de hábitat para la comunidad de hormigas. La biomasa de hojarasca tuvo un efecto positivo y significativo sobre ambas variables de respuesta, pero la riqueza y el porcentaje de grupos especializados no estuvieron relacionados con la heterogeneidad de la hojarasca. De forma interesante, el efecto de la heterogeneidad de la hojarasca sobre el porcentaje de grupos especializados dependió del tipo de hábitat (interacción entre variables explicativas), con un efecto positivo en el fragmento grande, pero negativo en el fragmento pequeño. Concluimos que la heterogeneidad de hábitat favorece la coexistencia de diferentes especies en bosques tropicales más conservados.

**Palabras claves:** riqueza de especies, composición funcional, fragmentos.

## INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales son ecosistemas de alta importancia. Albergan aproximadamente dos tercios de la biodiversidad terrestre y representan, en promedio, un tercio de la productividad y de la evapotranspiración de la biosfera (Malhi et al. 2014). Sin embargo, las perturbaciones antrópicas modifican el ambiente físico, la disponibilidad de recursos y reestructuran la composición taxonómica y funcional de las comunidades bióticas (Malhi et al. 2014). Por ejemplo, la creciente fragmentación del paisaje modifica los patrones de regeneración natural y las dinámicas sucesionales, aspecto que puede traducirse en la homogenización de los parches de vegetación remanente (Cecon 2013).

Uno de los cambios causados por perturbaciones antrópicas es la simplificación o reducción de la heterogeneidad del hábitat. La heterogeneidad de hábitat favorece la coexistencia de diferentes especies en un espacio determinado debido a las variaciones estructurales, climáticas, de suelo, hidrológicas, o incluso de historia evolutiva, que resultan en múltiples nichos que pueden ser explotados por diferentes especies, generando una mayor riqueza de especies (Hill y Hill 2001). Esta hipótesis ha sido, sin embargo, pobremente estudiada en el sotobosque de bosques tropicales, especialmente en relación a la heterogeneidad generada por la estructura y composición de la hojarasca.

Las hormigas son animales dominantes en la mayoría de los ecosistemas terrestres y representan aproximadamente el 10% de la biomasa animal en selvas tropicales y pastizales (Rios-Casanova et al. 2004). Además, son sensibles a las diferentes perturbaciones antrópicas, tales como la tala selectiva, fuego, agricultura, pérdida y

fragmentación de hábitat, motivo por el cual pueden considerarse como bio-indicadores (Leal et al. 2012, Rocha-Ortega et al. 2018). Es frecuente observar una reducción en la diversidad taxonómica, filogenética y funcional de comunidades de hormigas en hábitats perturbados (Arnan et al. 2018, Leal et al. 2012, Rocha-Ortega et al. 2018). Además, también se ha reportado un remplazamiento de especies especialistas por especies generalistas en paisajes antrópicos (Leal et al. 2012).

Este proyecto pretende evaluar cómo las perturbaciones antrópicas cambian la heterogeneidad de la hojarasca, y el consecuentemente impacto que estos cambios pueden tener sobre las comunidades de hormigas en un paisaje antrópico. Predecimos que la heterogeneidad de la hojarasca - medida en términos de la variación de sus componentes vegetales - es más reducida en hábitats más perturbados, influyendo negativamente la riqueza y el porcentaje de grupos funcionales especialistas de comunidades de hormigas en el bosque tropical.

## MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el ejido Galacia, municipio Marqués de Comillas, Chiapas, México. La precipitación media anual va de los 1890 a los 4300 mm. La temperatura media anual oscila entre los 19.2 y 26.7°C, sin variaciones anuales importantes. El suelo está formado por umbrisoles y gleysoles que se caracterizan por mantener la humedad y

retener materia orgánica. El tipo de vegetación presente es bosque tropical perennifolio (Guerrero et al. 2015).

### Toma de muestras

Elegimos tres sitios de menor a mayor perturbación: (1) fragmento grande (~200 ha), (2) fragmento pequeño (~1 ha) y (3) plantación de palma de aceite. En cada sitio tomamos cinco muestras de hojarasca separadas entre sí por una distancia mínima de 10 m para asegurar la independencia de las muestras. Para realizar la colecta de hormigas y hojarasca, colocamos un cuadrante de 50 cm × 50 cm sobre el suelo y tomamos toda la hojarasca que había dentro de éste. Colocamos la muestra en una bolsa para evitar la pérdida de hormigas y material.

La biomasa de hojarasca puede ser considerada como una medida de cantidad de hábitat para hormigas que viven en la hojarasca. Por tanto, pesamos cada muestra antes de determinar su composición. Para determinar la heterogeneidad de la hojarasca, clasificamos las muestras colectados en seis tipos de componentes: (1) semillas y frutos, (2) inflorescencias, (3) cortezas, (4) troncos medianos (>1 cm), (5) troncos delgados (<1 cm) y (6) diferentes tipos de hojas. Una vez hecho lo anterior, con ayuda de la Dra. Inara R. Leal, especialista en el estudio de hormigas, identificamos a las hormigas que colectamos en cada muestra y posteriormente las clasificamos de acuerdo con su grupo funcional en (1) especies generalistas (aquellas que tienen hábitos alimenticios y sitios de anidación variados), y (2) especialistas (aquellas que poseen un tipo específico de alimento y/o de sitio de anidación) (Leal et al. 2012).

### Análisis estadístico

Las variables independientes consideradas fueron: tipo de hábitat (i.e. fragmento grande, fragmento pequeño y plantación de palma), biomasa (i.e. peso fresco en gramos) y heterogeneidad (i.e. número de componentes de la hojarasca). Con el programa JMP realizamos un análisis de correlación de Pearson para saber si las variables explicativas heterogeneidad y biomasa de la hojarasca eran independientes. Como estas variables no fueran correlacionadas ( $r = 0.22$ ,  $p = 0.40$ ), hicimos un modelo lineal generalizado para saber los efectos de tipo de hábitat, heterogeneidad y biomasa de la hojarasca y las interacciones entre tipo de hábitat y heterogeneidad, y tipo de hábitat y biomasa sobre la riqueza de hormigas y el porcentaje de especies especialistas.

## RESULTADOS

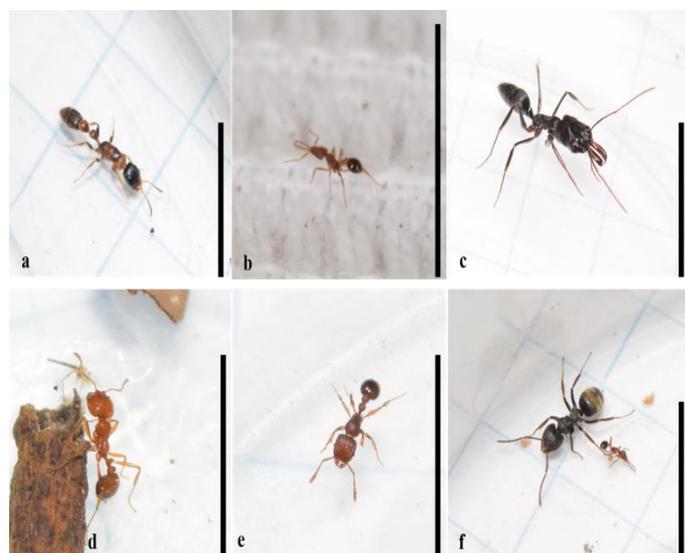
### Heterogeneidad y biomasa de la hojarasca

Los componentes de la hojarasca en los diferentes hábitats varió de 7 a 19 ( $13.2 \pm 4.81$  componentes, media  $\pm$  desviación estándar) en el fragmento grande, 18 a 30 ( $23.2 \pm 5.21$  componentes) en el fragmento pequeño y 4 a 8 ( $5.6 \pm 1.81$  componentes) en el palmar. En cuanto a la biomasa, colectamos entre 196 y 1000 g de hojarasca por sitio ( $474.4$

$\pm 313.61$  g) en el fragmento grande, entre 208 y 408 g ( $305.8 \pm 71.5$  g) en el fragmento pequeño, y entre 18 y 459 g ( $123.4 \pm 188.9$  g) en el palmar.

### Comunidad de hormigas

Encontramos un total de 23 especies de hormigas, 15 en el fragmento grande, 16 en el fragmento pequeño y cuatro especies en el palmar. Las subfamilias más representativas fueron Myrmicinae, con 13 especies, seguida de la subfamilia Ponerinae (cinco especies), Pseudomyrmicinae (tres especies), Dolichoderinae y Formicinae (con una especie cada una). En cuanto a los grupos funcionales, encontramos 15 especies especialistas pertenecientes a las subfamilias Myrmicinae, Dolichoderinae y Formicinae, y ocho especies generalistas pertenecientes a las subfamilias Ponerinae y Pseudomyrmicinae (Fig. 1).



**Figura 1.** Especies de hormigas clasificadas en diferentes grupos funcionales: a) *Pseudomyrmex* sp. b) *Strumigenys* sp. c) *Odontomachus* sp. d) *Solenopsis* sp. e) *Pheidole* sp. y f) *Camponotus* sp. El grupo de las especialistas está representado por las especies de la a a la c y el grupo de las generalistas de la d a la f.

### Efecto del tipo de hábitat y la heterogeneidad y biomasa de la hojarasca sobre la comunidad de hormigas

Ambas variables de respuesta aumentaron con la biomasa de hojarasca, pero no estuvieron relacionadas la heterogeneidad de la hojarasca (Tabla 1). El efecto de la heterogeneidad de la hojarasca sobre el porcentaje de grupos especializados dependió del tipo de hábitat (interacción significativa; Tabla 1), siendo positivo en el fragmento grande, y negativo en el fragmento pequeño (Fig. 3).

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados indican que la heterogeneidad de la hojarasca sólo tiene un efecto solamente sobre el porcentaje de

grupos especialistas, aunque este efecto depende del tipo de hábitat, siendo positivo en fragmentos grandes y negativo en fragmentos pequeños. Por otro lado, la biomasa afecta de manera positiva la riqueza de hormigas y el porcentaje de grupos funcionales especializados en todos los hábitats. La baja riqueza de hormigas y la ausencia total de grupos especialistas en el palmar sugiere que estos monocultivos probablemente son hábitats con escasos recursos para hormigas.

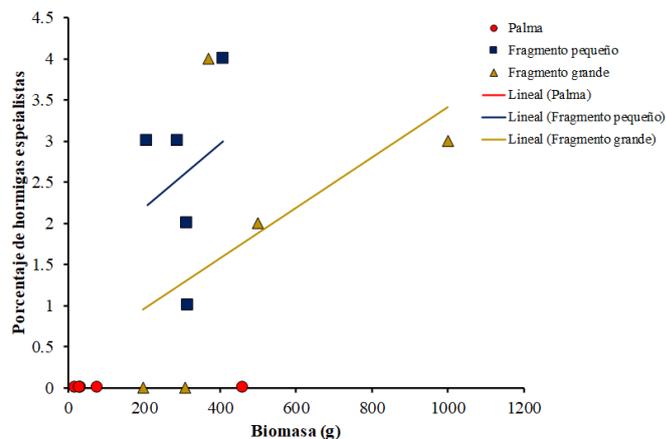
**Tabla 1.** Resultados del análisis de varianza usado para evaluar el efecto de la heterogeneidad sobre el hábitat y sobre (a) la riqueza (b) porcentaje de hormigas especialistas.

a) Análisis de varianza para la riqueza			
Efecto	F	g. l.	p
Hábitat	6.03	2	0.0253
Heterogeneidad	0.37	1	0.5566
Hábitat × heterogeneidad	1.43	2	0.2923
Biomasa (g)	18.08	1	0.0028
Hábitat × biomasa (g)	7.03	2	0.0737

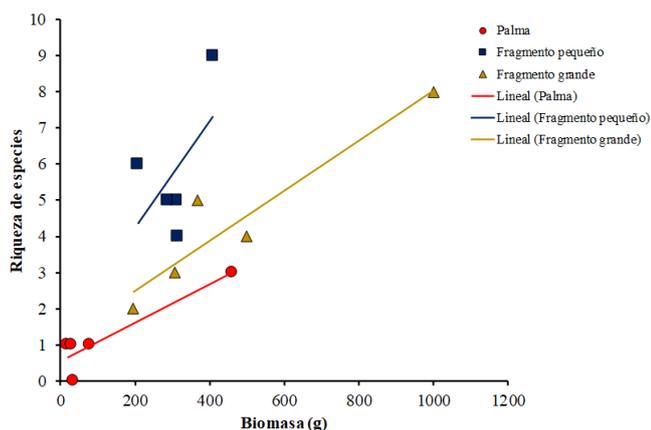
  

b) Modelo lineal generalizado para el porcentaje de hormigas especialistas			
Efecto	X <sup>2</sup>	g. l.	p
Hábitat	19.12	2	0.0001
Heterogeneidad	0.01	1	1
Hábitat × heterogeneidad	16.79	2	0.0002
Biomasa (g)	9.80	1	0.0017
Hábitat × biomasa (g)	1.26	2	0.5319

varios grupos de organismos más especialistas (Laurance et al. 2002) y eso parece ser el caso de nuestro resultado.

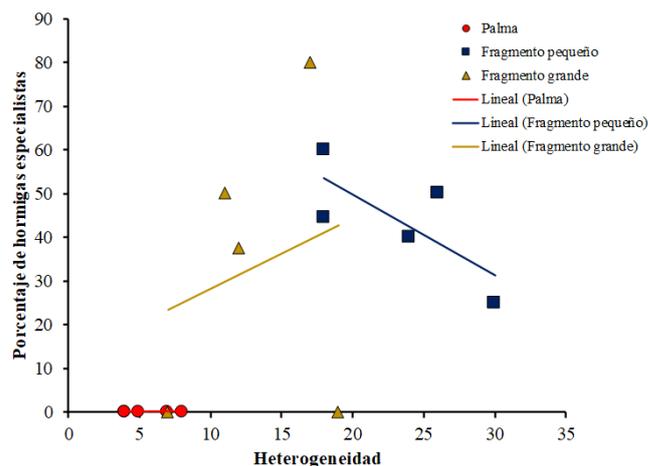


**Figura 3.** Relación entre el porcentaje de hormigas especialistas y la biomasa de la hojarasca de los tres tipos de hábitats muestreados en el bosque tropical de Chiapas, México.



**Figura 2.** Relación entre la riqueza de hormigas y la biomasa de la hojarasca en tres tipos de hábitats muestreados en el bosque tropical de Chiapas, México.

El efecto positivo de la heterogeneidad de la hojarasca sobre las hormigas especialistas en fragmentos grandes es congruente con nuestra hipótesis de mayor coexistencia de especies con diferentes requerimientos ecológicos en hábitats más heterogéneos, lo que aumenta la riqueza total y la representatividad de grupos más especialistas. Este patrón ya fue observado en el bosque atlántico de Brasil donde varios grupos de hormigas especialistas son influenciadas positivamente por la riqueza de árboles (Leal et al. 2012). Por otro lado, el efecto negativo de la heterogeneidad en fragmentos pequeños sugiere que, a pesar de haber encontrado un mayor número de componentes a nivel de la hojarasca, esta podría ser más seca y de baja calidad para grupos de hormigas especialistas, debido a las condiciones bajas de humedad del ecosistema. Ya es conocido que los bordes de bosque, y consecuentemente toda el área de fragmentos pequeños, son más secos y constituyen un hábitat de menor calidad para



**Figura 4.** Relación entre el porcentaje de hormigas especialistas y la heterogeneidad de la hojarasca en los tres tipos de hábitats muestreados en el bosque tropical de Chiapas, México.

El efecto positivo que mostró la biomasa sobre la riqueza de especies y el porcentaje de grupos funcionales especializados se explica por la cantidad de hábitat. El incremento de biomasa de hojarasca puede ofrecer más recursos para las hormigas, lo que puede aumentar su tamaño poblacional y disminuir su riesgo de extinción.

Concluimos que, las perturbaciones antrópicas reducen la heterogeneidad de hábitat, lo que conlleva a la pérdida de especies, sobre todo de grupos especialistas. Sin embargo, ese aumento es dependiente del hábitat, y en remanentes de bosques pequeños, ese aumento de la heterogeneidad no necesariamente se traduce en un aumento de la calidad de hábitat para grupos especializados. Finalmente, se considera importante que estos aspectos se traduzcan en estrategias de conservación efectivas para el mantenimiento de grupos

especialistas y de la diversidad dentro de los bosques tropicales.

ROCHA-ORTEGA, M., ARNAN, X., RIBEIRO-NETO, J. D., LEAL, I. R., FAVILA, M. E., & MARTÍNEZ-RAMOS, M. 2018. Taxonomic and functional ant diversity along a secondary successional gradient in a tropical forest. *Biotropica* 50: 290-301.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México. A Trinidad Marroquín, alias “Chayo”, y al personal del hotel “El Canto de la Selva”, por brindarnos todas las instalaciones para el curso y por su constante y amable atención.

## LITERATURA CITADA

- CECCON, E. 2013. Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales. Ediciones Díaz de Santos, Madrid, España.
- GUERRERO, A. S., LÓPEZ, D. M. L., & FAJARDO, L. A. C. 2015. Descripción del medio físico de la cuenca media del río Usumacinta en México. En: Conservación y desarrollo sostenible en la Selva Lacandona, Carabias, J., J. et al., editores. *Natura y Ecosistemas Mexicanos A.C.* Ciudad de México, México, pp. 19-33.
- HILL, J. L., & HILL, R. A. 2001. Why are tropical rain forests so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography* 25: 326-354.
- LAURANCE, W.F., LOVEJOY, T.E., VASCONCELOS, H., BRUNA, E., DIDHAM, R., STOUFFER, P., GASCON, C., BIERREGAARD, R., LAURANCE, S.G., SAMPAIO, E., 2002. Ecosystem decay of Amazonian forest fragments: a 22-year investigation. *Conservation Biology* 16:605-618
- LEAL, I. R., FILGUEIRAS, B. K. C., GOMES, J. P., IANNUZZI, L., & ANDERSEN, A. N. 2012. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. *Biodiversity Conservation* 21: 1687-1701.
- MALHI, Y., GARDNER, T. A., GOLDSMITH, G. R., SILMAN, M. R., & ZELAZOWSKI, P. 2014. Tropical Forests in the Anthropocene. *Annual Review of Environment and Resources* 39: 125-59.
- RIOS-CASANOVA, L., VALIENTE-BANUET, A., & RICO-GRAY, V. 2004. Las hormigas del Valle de Teahuacan (Hymenoptera: Formicidae): una comparación con otras zonas áridas de México. *Acta Zoológica Mexicana* 20: 37-54.

---

## Efecto del hotel “Canto de la Selva” en la avifauna local según la percepción cultural

---

Elisa Lotero-Velásquez, Guillermo Orta-Pineda, Thuong A. Tran Nguyen

**Resumen:** El ecoturismo se ha propuesto como una actividad productiva que puede contribuir a la conservación de la biodiversidad. Sin embargo, su impacto sobre la biodiversidad es poco conocido, y no se sabe si los pobladores locales de las empresas ecoturísticas pueden percibir dicho impacto de forma precisa. Nosotros evaluamos el efecto del hotel “Canto de la Selva” sobre el número de morfotipos de aves locales por dos métodos: aplicando entrevistas a los empleados del hotel (enfoque etnobiológico) y haciendo un muestreo de observaciones directas (enfoque ecológico). Con ambos métodos calculamos la relación de morfotipos del hotel vs. bosque (hotel/bosque) y comparamos los resultados obtenidos con ambos enfoques con una prueba de t. Con base en entrevistas, no existen diferencias en el número de morfotipos entre ambos ambientes, pero registramos un mayor número de morfotipos en el hotel que en el bosque, lo que sugiere que los empleados del hotel no tienen una percepción precisa del impacto del hotel sobre la avifauna.

---

## Efecto de las epífilas sobre la herbivoría en *Quararibea funebris*

---

Joan Sebastian Aguilar-Peralta, Guillermo Orta-Pineda, Sandra Ivette Rodríguez-Trujillo

**Resumen:** Las epífilas, al recubrir las hojas y producir compuestos aromáticos que repelen a los insectos, pueden proporcionar una defensa adicional para las plantas. Evaluamos si la cobertura de epífilas presente en las hojas del árbol *Quararibea funebris* puede reducir la herbivoría por insectos folívoros en hojas jóvenes y en hojas maduras. Para probar esto, muestreamos una hoja nueva y una hoja madura en 20 individuos, y cuantificamos los porcentajes de epífilas y de herbivoría por insectos. Nuestros resultados mostraron que el porcentaje de epífilas (0-97%) no tuvo relación sobre los niveles de herbivoría (0-33%) para ambos tipos de hojas, por lo que concluimos que las epífilas no ejercen una defensa indirecta sobre los niveles de herbivoría para esta especie de planta.

---

## La agricultura impacta negativamente la diversidad de plantas acuáticas del río Lacantún

---

Cecilia González-González, Griselda Guerrero-Márquez, Karla Mayorga-Lizaola

**Resumen:** El sistema Grijalva-Usumacinta es el río más largo de México y cuenta con una diversa biota dulceacuática en gran medida desconocida. La actividad agrícola extensiva en la zona es la principal causa de pérdida de biodiversidad terrestre, pero poco se sabe de sus efectos en la biota de los cuerpos de agua que la atraviesan. En este trabajo comparamos la diversidad de plantas acuáticas en dos secciones aledañas a bosque maduro y dos secciones aledañas a plantaciones intensivas de palma y maíz. Encontramos que la diversidad, medida como riqueza de morfoespecies y números de Hill, fue significativamente mayor en la zona cercana al bosque, además de que hubo una alta tasa de recambio entre ambas zonas. Esto sugiere que la agricultura está causando cambios fuertes en la riqueza y composición de la comunidad de plantas acuáticas, proceso que posiblemente se refleje en otros componentes del ecosistema de la cuenca Grijalva-Usumacinta.

---

## El incremento del área del claro no disminuye la densidad de plántulas de *Brosimum alicastrum*

---

David Alejandro Brindis Badillo, Javier Martínez Toledo, Sandra Ivette Rodríguez Trujillo

**Resumen:** La apertura de claros en el dosel del bosque tropical tiene efectos contrastantes sobre plantas tolerantes a la sombra y demandantes de luz. Proponemos que especies tolerantes como *Brosimum alicastrum* son desfavorecidas por el aumento de la disponibilidad de luz. Pusimos a prueba esta hipótesis mediante la evaluación de la densidad de plántulas de *B. alicastrum*, en cinco claros al interior de un fragmento de bosque maduro en Chiapas. En cada claro ubicamos al azar cuatro cuadrantes de 1 m<sup>2</sup> y cuantificamos la densidad de plántulas de *B. alicastrum*. La densidad encontrada (individuos/4 m<sup>2</sup>) no estuvo relacionada significativamente con el incremento del área del claro. Otros factores de los claros como la competencia interespecífica o la humedad podrían estar jugando un papel más importante en el establecimiento de plántulas de *B. alicastrum*.

---

## El ecotono generado por un disturbio antropogénico no genera mayor riqueza de hormigas

---

Griselda Guerrero Márquez, Javier Martínez Toledo, Thuong A. Tran Nguyen

**Resumen:** Los ecotonos, zonas de transiciones entre ambientes, tienden a tener más riqueza por la influencia de ambientes adyacentes (de origen natural o antropogénico). Los bosques, perturbados por el cambio de uso de suelo, generan ecotonos potenciales, como el borde. Pensamos que, en fragmentos de bosque tropical, habrá más riqueza en el borde que al interior del fragmento o la matriz. Partiendo del borde del bosque, colocamos trampas con cebos de proteínas y carbohidratos para hormigas, cada 20 metros sobre un transecto de 100 metros hacia el bosque y la matriz. Cada trampa se dejó 90 minutos y después contamos la riqueza de géneros de hormigas capturadas. No encontramos mayor riqueza en el ecotono, pero sí un incremento de ésta al interior del bosque, aunque no es significativa. Pensamos que prefieren recursos generados dentro del bosque tropical ya que hay una heterogeneidad mayor que posiblemente ofrece una cantidad mayor de recursos.

---

## Respuesta de la riqueza de artrópodos al uso de glifosato en monocultivos de maíz

---

Karla Mayorga-Lizaola, David A. Brindis-Badillo, Brenda A. Maya-Badillo

**Resumen:** La agricultura es una actividad asociada a los cambios de uso del suelo y pérdida de biodiversidad en los bosques tropicales. El glifosato es un herbicida frecuentemente utilizado en monocultivos. Nosotros evaluamos los efectos del glifosato sobre la riqueza de artrópodos en cultivos de maíz. Realizamos un muestreo en diez cuadrantes de hojarasca en dos monocultivos, uno con glifosato y otro sin glifosato, y contabilizamos los morfotipos de artrópodos encontrados en cada cuadrante. Contrario a nuestra hipótesis, la riqueza de los artrópodos no fue mayor en el monocultivo sin uso de agroquímico. Sin embargo, ortópteros y hemípteros se encontraron exclusivamente en el monocultivo sin glifosato. Sugerimos que la eliminación del estrato herbáceo por el glifosato no afecta la riqueza de artrópodos, quizás debido a que el maíz ofrece diversos recursos para mantener la comunidad de artrópodos. Además, es posible que la proximidad con el bosque secundario facilite la entrada de especies en el monocultivo sin agroquímico.

---

## Respuesta de la riqueza y frecuencia de polinizadores en diferentes tipos de monocultivos

---

Brenda A. Maya-Badillo, Macarena Marín-Rodulfo<sup>2</sup> Joan S. Aguilar-Peralta

**Resumen:** La polinización es un servicio ecosistémico de gran importancia, en concreto, los bosques tropicales poseen una gran diversidad de polinizadores. Pero estos se han visto desfavorecidos por el establecimiento de monocultivos, en contraposición de cultivos heterogéneos que albergarían más especies. Evaluamos la riqueza de especies y frecuencia de los polinizadores en el estrato herbáceo de monocultivos de palma y maíz. Para ello, medimos la frecuencia y riqueza de visitantes florales durante 5 minutos de observación en 10 individuos por cada monocultivo. No encontramos diferencias en la riqueza de polinizadores entre ambos monocultivos. Sin embargo, encontramos una mayor frecuencia de polinizadores en el cultivo de maíz. Sugerimos que el estrato herbáceo en ambos monocultivos no genera distintos hábitats para el establecimiento de diferentes grupos taxonómicos, pero el cultivo de maíz propicia una mayor heterogeneidad del estrato herbáceo, lo que incrementa la frecuencia de polinizadores.

---

## Herbivoría de plántulas de *Brosimum alicastrum* en dos fragmentos de bosque tropical de distintos tamaños

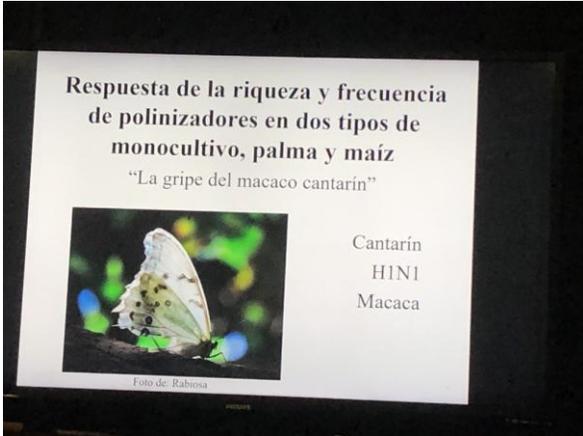
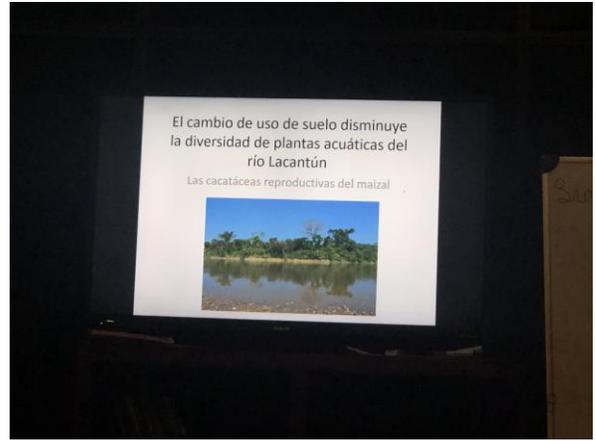
---

Elisa Lotero Velázquez, Cecilia González González, Macarena Marín-Rodulfo

**Resumen:** La hipótesis de que las plantas son atacadas por herbívoros especialistas de forma denso-dependiente se ha propuesto para explicar la gran biodiversidad de los bosques tropicales, ya que evita la agregación espacial de individuos conespecíficos. En paisajes deforestados, es posible que el control denso-dependiente generado por insectos herbívoros sea limitado ya que el aislamiento de fragmentos pequeños de hábitat limita la inmigración y establecimiento de los herbívoros en los fragmentos. Para poner a prueba esta hipótesis cuantificamos la asociación entre la densidad de plántulas de *Brosimum alicastrum* y la proporción de plantas con daño foliar generado por insectos herbívoros en un parche de 200 ha y otro de 1 ha. Contrario a lo esperado, no encontramos denso-dependencia de la herbivoría en ninguno de los parches. Es posible que *B. alicastrum* sea atacado por insectos generalistas que actúen sobre conjuntos diversos de especies y que, por tanto, la denso-dependencia no sea específica de esta especie.













Cacactácea:

Ayer pensando en tus conditas  
me dió el mal del matorral  
en la noche si tu gustas  
nos lo podemos curar

la Macaca  
limpia pipas

Rabiosa:

Observándote estos días  
me ha llegado a hipnotizar,  
tu mirada y tu sonrisa  
y hasta tu forma de hablar,  
Hoy quisiera conocerte  
y esos labios saborear  
en la fiesta de la noche  
no voyas a faltar.

Anónimo  
geográfico

**HOTMAIL**

The course changed me for the  
better.

Many thanks to everyone!

- La migratoria

Yelobabas  
Dame lo que yo te pido  
que no te pido la vida  
sólo de la cintura pa' bajo  
y de la rodilla pa' arriba.  
Atte. Papi Brown.

De maestro Moctezuma  
Debes tener un P-valor de al  
menos 0.05. Porque no puedo  
rechazarte  
Para la maestra hormiga

Cuando hace hambre: unos tacos de alambre  
Cuando hace falta dinero: unos tacos de suadero  
Cuando falla el amor: a la olla un raspadón  
atte: el de la cabaña 10

El contenido de cada artículo es responsabilidad de los autores, ya que no siempre refleja la opinión de todos los profesores y estudiantes del curso. El contenido de esta revista puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor.

**Financiamiento y apoyo logístico:** Este curso no podría haberse realizado sin el apoyo del personal de El Canto de la Selva, así como de la Universidad Nacional Autónoma de México (Posgrado en Ciencias Biológicas).

**Agradecimientos especiales:**

A todo el personal de El Canto de la Selva. Gracias por todo su apoyo, sin el cual este curso no habría sido posible!

A todos los ejidatarios y amigos de Galacia ... nuestro más sincero agradecimiento por toda vuestra ayuda y amistad durante los días que estuvimos en El Canto.

A los profesores invitados del curso (Moctezuma, Inara, Satita, Melobabas, Deborah, Maira y Ze). Como siempre, les agradezco de todo corazón todo su esfuerzo y sabiduría .... ¡ Son lo máximo ☺ !

A todos los estudiantes del curso ... Quemamaiz, Cacactacea (alias salmita), Macaca, Migratoria, H1 (coronavirus?), Rabiosa, Chupacabras, Champiñona, Maestra de la Reproducción, Fornicoide (cabaña 10), Ramón (cabaña 10), y El Cantante (cabaña 10)!! Espero que hayan disfrutado y que sigan estudiando y conservando los bosques tropicales!

**Edición:** Víctor Arroyo-Rodríguez y Manuel A. Hernández-Ruedas. Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, UNAM. E-mail: [arroyo@iies.unam.mx](mailto:arroyo@iies.unam.mx)