

---

# *The Mexican Naturalist*

---

*Revista Oficial del Curso de Campo*

*Ecología de Bosques Tropicales Fragmentados*



---

*El Canto de la Selva*  
*Galacia, Marqués de Comillas, Chiapas*  
*27 junio al 8 julio de 2017*  
**Volumen 8**

## **Coordinador:**

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

## **Profesores Invitados:**

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

Dra. Fernanda M. P. Oliveira (Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Brasil)

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

Dra. Kátia F. Rito (IIES – UNAM campus Morelia)

## **Estudiantes:**

|                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| Alejandro Ganesh Marín Mendez | ganeshmarin@ciencias.unam.mx    |
| Linda Mariana Martínez Ramos  | lalala@ciencias.unam.mx         |
| Gerardo L. Cervantes Jiménez  | gerarcervantes@yahoo.com.mx     |
| María Isabel Briseño Sánchez  | isabel.brisenosanchez@gmail.com |
| Sally S. Paredes García       | sallysu.pg@ciencias.unam.mx     |
| Rodrigo Muñoz Avilés          | rmunoz@ciencias.unam.mx         |
| Diana Cárdenas Ramos          | diana_cr92@hotmail.com          |
| Claudia Pineda Romero         | clapineda22@outlook.com         |
| Mitzi A. Fonseca-Romero       | mitzial.fr@gmail.com            |
| Ileana Reyes Ronquillo        | eyesilean77@gmail.com           |
| Mariana S. Hernández Leal     | mshernandez@cieco.unam.mx       |
| Alejandro Sánchez Barradas    | dr.gregorio_casa@hotmail.com    |
| Alonso Bustamante             | alonsobz@outlook.com            |
| Adriana Rivera Huerta         | arh_rivera@hotmail.com          |
| Jaime Selfa Ratasi            | jaimeselfa90@gmail.com          |
| María Noel Clerici Hirschfeld | maria.clerici.h@gmail.com       |
| Jesús Ortega Esquinca         | jesusoesquinca@yahoo.com.mx     |

## TRABAJOS GRUPALES GUIADOS

**Ausencia de forrajeo preferencial de las hormigas en un fragmento de bosque tropical.** Cervantes-Jiménez GL, Fonseca-Romero MA, Marín-Méndez AG & Rito KF ..... 1

**El banco de semillas no es afectado por el efecto de borde en un bosque tropical fragmentado.** Hernández-Leal MS, Martínez-Ramos LM, Muñoz R, Selfa-Ratasi J & Melo FPL ..... 5

**Las hormigas *Pseudomyrmex* protegen igual las hojas nuevas y viejas de *Acacia mayana*.** Bustamante A, Cárdenas-Ramos D, Hirschfeld MNC, Ortega-Esquinca J & de Oliveira FMP ..... 9

**Efecto de la disponibilidad de luz sobre el crecimiento y reproducción de *Heliconia collinsiana*.** Briseño-Sánchez MI, Rivera-Huerta A, Reyes-Ronquillo I & Santos BA ..... 12

**Más oscuro y más caliente, más piquetes: Ecología de forrajeo de mosquitos en la Selva Lacandona.** Paredes-García SS, Pineda-Romero C, Sánchez-Barradas A & Arroyo-Rodríguez V ..... 15



- Efecto de la apertura del dosel en la morfología vegetativa y floral de *Costus* sp. en la selva Lacandona.** Bustamante-Zendejas A, Sánchez-Barradas A, Selfa-Ratasi J ..... 18
- Hipótesis de la moderación del paisaje en los patrones de diversidad: las epífilas como modelo.** Cárdenas-Ramos D, Hirschfeld MN, Marín A ..... 18
- Efecto del tamaño de fragmento sobre la herbivoría en un bosque tropical.** Briseño-Sánchez I, Hernández-Leal M, Reyes-Ronquillo I, Rivera-Huerta A ..... 18
- Efecto de la matriz en la diversidad de hongos en un fragmento de bosque tropical húmedo.** Fonseca-Romero MA, Martínez-Ramos LM, Muñoz R, Pineda-Romero C ... 19
- La heterogeneidad ambiental en el mantillo incrementa la diversidad de la macrofauna del suelo en un bosque tropical perennifolio.** Cervantes-Jiménez GL, Ortega-Esquinca G, Paredes-García SS ..... 19
- La agregación de plántulas como mecanismo de defensa contra la herbivoría.** Briseño I, Marín A, Pineda C ..... 19
- Si me la como me ahogo: protección de óvulos por parte del líquido bracteal de *Heliconia*.** Bustamante A, Cárdenas-Ramos D, Fonseca-Romero M, Paredes-García SS ..... 20

**¿La prefieren colgada o erecta? La accesibilidad del recurso no afecta la preferencia del polinizador.** Cervantes-Jiménez GL, Hernández-Leal M, Martínez-Ramos LM, Selfa-Ratasi J ..... 20

**Ramón y sus Monchitos: el efecto de la planta madre en el establecimiento de las plántulas.** Muñoz R, Ortega J, Reyes I ..... 20

**Efecto de la cantidad de hábitat sobre la cobertura de *Raspatroncus* sp.** Hirschfeld MN, Sánchez-Barradas A, Rivera-Huerta A ..... 21



# Ausencia de forrajeo preferencial de las hormigas en un fragmento de bosque tropical

Gerardo L. Cervantes-Jiménez<sup>1\*</sup>, Mitzi A. Fonseca-Romero<sup>2</sup>, Alejandro G. Marín-Méndez<sup>2</sup>, Kátia F. Rito<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

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

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, México.

\*Autor para la correspondencia: gerarcervantes@yahoo.com.mx

**Resumen:** El forrajeo en animales depende de los elementos necesarios para mantener el balance nutricional. Se sabe que el efecto de borde en bosques tropicales aumenta la oferta de carbohidratos en los bordes y disminuye la de proteínas, pero poco se conoce del efecto que dicha escasez de proteína puede tener sobre la preferencia en el forrajeo de hormigas. Hipotetizamos que el recurso más escaso será preferido para mantener el balance nutricional. Para evaluar esto, en un fragmento de bosque tropical, colocamos 10 cebos de proteínas (atún) y 10 de carbohidratos (miel) tanto en el borde como en el interior del fragmento. Medimos la preferencia para cada recurso tomando el tiempo de encuentro y la riqueza y abundancia de hormigas. Al contrario de lo que esperábamos, no encontramos preferencia de las hormigas por proteínas en el borde. Únicamente encontramos una mayor abundancia de hormigas en el borde que en el interior. Sugerimos que debido a la reciente creación del fragmento, no hay diferencias entre la disponibilidad de los recursos de proteínas y carbohidratos entre el borde y el interior que nos permitiera encontrar preferencias por un recurso. Concluimos que quizás no existe un desbalance de nutrientes tan marcado en la comunidad de hormigas evaluadas que promueva la preferencia por un tipo de recurso.

**Palabras claves:** artrópodos, balance nutricional, bosques tropicales, efecto de borde, fragmentación.

## INTRODUCCIÓN

El balance nutricional es uno de los factores esenciales para la reproducción, desarrollo y éxito reproductivo de los organismos, y su mantenimiento es clave para entender la ecología y evolución de las especies (Schowalter 1952). En este sentido, la conducta de forrajeo está orientada a mantener el balance nutricional, donde las diferentes especies preferirán consumir los recursos que les permitan satisfacer sus necesidades nutricionales (Markin 1970).

En el caso de las hormigas el balance nutricional (e.g. proteínas y carbohidratos) está relacionado con el crecimiento de las larvas y la producción de huevos (Markin 1970, Nation 2002). Además, el mantenimiento de este balance está influenciado por el tipo de dieta de las hormigas. Aquellas con una dieta especializada, han desarrollado mecanismos para enfrentar deficiencias nutricionales. Por el contrario, las hormigas omnívoras, pueden forrajear y seleccionar aquella dieta que contenga el recurso limitado para lograr equilibrio nutricional (Blüthgen & Feldhaar 2010). En general, las hormigas pueden cambiar su actividad y comportamiento de forrajeo dependiendo de las necesidades nutricionales y de la disponibilidad de los nutrientes en el ambiente. Por ejemplo, ante una baja disponibilidad de carbohidratos, el nivel de actividad y la agresividad de las hormigas se reduce, mientras que cuando la disponibilidad de proteínas es baja, las hormigas se vuelven más agresivas y más activas (Davidson 1997).

Los disturbios, naturales o de origen humano, cambian las dinámicas de los ambientes y, en consecuencia, pueden aumentar o disminuir la oferta de recursos para los organismos que utilizan determinado hábitat. La fragmentación, por ejemplo, crea bordes de bosque y estos bordes pueden tanto favorecer la proliferación de especies adaptadas al disturbio como disminuir a las especies sensibles. En este contexto, la formación de bordes puede tener un efecto en la disponibilidad

de recursos para hormigas omnívoras. Esto ocurre porque los cambios en las condiciones del borde (e.g. disponibilidad de luz) favorecen la mayor proliferación de especies pioneras que poseen nectarios extraflorales, así como una mayor producción de néctar por las mismas (Leal et al. 2015), aumentando la disponibilidad de carbohidratos. Por otro lado, el efecto de borde causa la pérdida de especies de invertebrados sensibles a la perturbación (Barbosa & Marquet 2002, Bieringer & Zulka 2003, Davies et al. 2001), especialmente la fauna de artrópodos detritívoros (Schowalter 1952) que son parte esencial de la dieta de las hormigas, lo que reduce la cantidad de proteínas disponibles para estos insectos.

Así, evaluamos cómo los cambios en la disponibilidad de recursos ocasionados por la formación de bordes afecta la preferencia de forrajeo de la comunidad de hormigas entre borde e interior de un fragmento de bosque. Esperamos que en el borde del fragmento, las hormigas van a preferir (i.e. menor tiempo de encuentro y mayor riqueza y abundancia de especies) el recurso de proteína en comparación al de carbohidratos, mientras que en el interior de fragmento, preferirán los carbohidratos.

## MÉTODOS

### Área de estudio

Realizamos el estudio en un fragmento de bosque del municipio de Marqués de Comillas, selva Lacandona, suroeste de Chiapas, México. La zona se caracteriza por un proceso reciente de fragmentación y pérdida de hábitat, por lo que el paisaje está compuesto por una matriz heterogénea de cultivos, establecimientos humanos y fragmentos de selva bien conservados (Mendoza & Dirzo 1999). El tipo de vegetación

dominante en la región es la selva alta perennifolia de tierras bajas. El clima es cálido, con una media anual de temperatura de 25 °C y una precipitación anual de entre 2500 y 3500 mm (Mendoza & Dirzo 1999). El fragmento de hábitat que seleccionamos para realizar nuestro trabajo es parte del hotel ecoturístico “Canto de la selva”. El tipo de vegetación dominante es la selva alta perennifolia. Está a una altitud de 125 m s.n.m. y se localiza en las coordenadas 16° 12' 38.8" N, 90° 53' 56.0" O. El fragmento se encuentra rodeado por el río Lacantún en tres de sus lados y el lado sur del fragmento colinda con una matriz heterogénea de cultivos de maíz, palma de aceite y acahuales (González-Quintero & Pérez-Akaki 2015).



**Figura 1.** Ubicación general del sitio de estudio y el diseño de muestreo dentro del fragmento de El Canto de la Selva, en la selva Lacandona, Chiapas, México. A) Transecto con diez estaciones de forrajeo en el borde del fragmento, B) transecto con diez estaciones de forrajeo en el interior del fragmento.

### Muestreo de datos

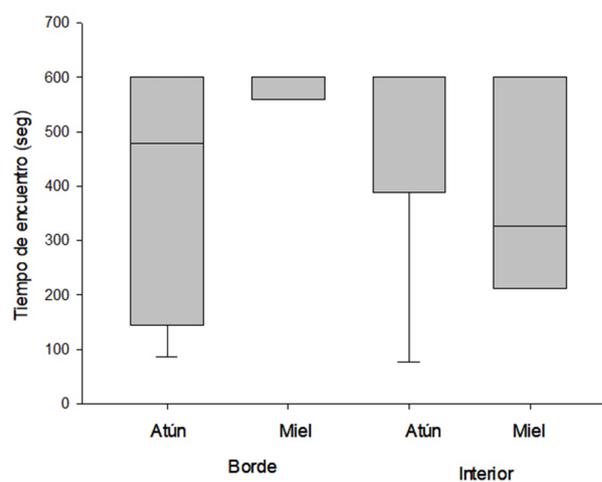
Realizamos el muestreo en el mes de junio de 2017, en el cual seleccionamos el fragmento de “Canto de la Selva” e hicimos un transecto de muestreo en el borde colocado paralelamente a la brecha a una distancia de 3 m y otro transecto en el interior a 200 m del borde del fragmento (Fig. 1). En cada transecto colocamos diez estaciones de forrajeo con dos cebos para hormigas, un cebo de proteína y otro de carbohidratos, a una distancia de 10 m entre cada una. El cebo de proteína consistió en media cucharada de atún enlatado en aceite y el cebo de carbohidratos consistió en media cucharada de miel de abeja. Colocamos los cebos sobre trozos de papel bond de 10 x 10 cm en el suelo a una distancia de 1 m entre ellos. Tomamos el tiempo de encuentro, que es el tiempo transcurrido desde que colocamos los cebos en cada estación hasta que la primera hormiga llega a alguno de los cebos. El tiempo de espera para registrar el tiempo de encuentro fue de 10 min para cada estación. Después de una hora de cebar las estaciones, colectamos los cebos en bolsas de plástico junto con las hormigas que tuviera. Posteriormente clasificamos las hormigas por morfotipos y contamos el número de individuos de cada morfotipo para cada uno de los cebos. Para evaluar la hipótesis tomamos como variables de respuesta el tiempo de encuentro y la riqueza y abundancia de las hormigas. Las variables explicativas fueron el tipo de recurso (proteína o carbohidratos) y el tipo de hábitat (borde e interior).

### Análisis de datos

Para poner a prueba nuestras hipótesis hicimos tres modelos lineales generalizados, uno para la abundancia total de hormigas, otro para la riqueza de morfotipos y otro para el tiempo de encuentro. Ajustamos los modelos para cada variable de respuesta considerando el efecto aislado y combinado (interacción) del tipo de hábitat y tipo de recurso. Para la abundancia y la riqueza utilizamos una distribución del error cuasi Poisson y para el tiempo de encuentro usamos una distribución del error normal. Los análisis fueron realizados en la plataforma R (R Core team 2016).

### RESULTADOS

En total, registramos 722 hormigas pertenecientes a seis morfotipos (Tabla 1). El morfotipo más abundante tuvo 531 individuos (73% del total de hormigas). En general, el promedio del tiempo de encuentro fue de  $318 \pm 165.9$  segundos (entre 96 y 585 segundos; Fig. 2). El promedio de la riqueza de morfotipos fue  $1.3 \pm 0.8$  (entre 0 y 3 morfotipos; Fig. 3). El promedio de la abundancia de hormigas fue  $18.1 \pm 25.9$  individuos (entre 0 y 123 individuos; Fig. 4). Respecto al tiempo de encuentro y la riqueza de morfoespecies, no encontramos diferencias significativas en relación al tipo de hábitat, el tipo de recurso o la interacción entre ellos. La abundancia de hormigas fue mayor en el borde que en interior ( $t = -2.10$ , g.l. = 36,  $p = 0.04$ ), pero no varió dependiendo del tipo de recurso ( $t = -1.108$ , g.l. = 36,  $p = 0.27$ ), y tampoco en la interacción del hábitat y el recurso ( $t = 0.379$ , g.l. = 36,  $p = 0.7$ ).



**Figura 2.** Comparación entre el tiempo de encuentro promedio en el borde y en el interior del fragmento con los dos diferentes tipos de cebos en un fragmento de bosque tropical húmedo, Selva Lacandona, Chiapas, México. El gráfico de caja se hizo con base en la mediana. Los puntos representan la presencia de valores extremos.

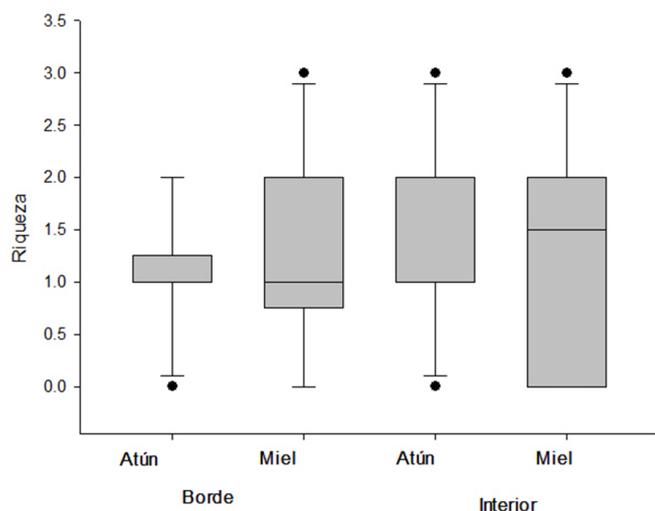
### DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren que la comunidad de hormigas no tiene preferencia por proteínas ni carbohidratos en el borde y el interior del fragmento evaluado. En particular, observamos que el tiempo de encuentro del recurso, la abundancia y

riqueza de hormigas no difieren entre tipos de recursos en el interior y borde del bosque.

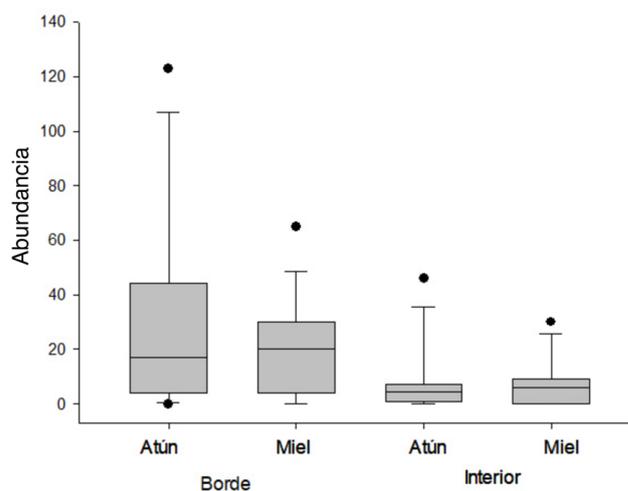
**Tabla 1.** Riqueza de morfotipos y abundancia (promedio y desviación estándar) de individuos para dos diferentes tipos de recursos (carbohidratos y proteínas) en dos tipos de hábitats (borde e interior) en un fragmento de bosque tropical húmedo, Selva Lacandona, Chiapas, México.

| Tratamientos      |                          | Riqueza total de morfotipos | Riqueza promedio de individuos por cebo | Abundancia total de individuos | Porcentaje de individuos por tratamiento | Abundancia promedio de individuos por cebo |
|-------------------|--------------------------|-----------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| Tipo de hábitat   | Borde                    | 5                           | 1.2 ± 0.76                              | 541                            | 74.93                                    | 27.05 ± 32.44                              |
|                   | Interior                 | 5                           | 1.3 ± 0.92                              | 181                            | 25.07                                    | 9.05 ± 12.18                               |
| Tipo de recurso   | Proteínas                | 6                           | 1.2 ± 0.69                              | 435                            | 60.25                                    | 21.75 ± 32.74                              |
|                   | Carbohidratos            | 6                           | 1.3 ± 0.97                              | 287                            | 39.75                                    | 14.35 ± 16.45                              |
| Hábitat y recurso | Borde y proteínas        | 4                           | 1.1 ± 0.56                              | 337                            | 46.68                                    | 33.7 ± 41.62                               |
|                   | Borde y carbohidratos    | 5                           | 1.3 ± 0.94                              | 204                            | 28.25                                    | 20.4 ± 19.78                               |
|                   | Interior y proteínas     | 5                           | 1.3 ± 0.82                              | 98                             | 13.57                                    | 9.8 ± 14.61                                |
|                   | Interior y carbohidratos | 3                           | 1.3 ± 1.05                              | 83                             | 11.50                                    | 8.3 ± 9.92                                 |



**Figura 3.** Comparación de la riqueza de especies de hormigas encontradas en dos diferentes tipos de recursos (carbohidratos y proteínas) en dos tipos de hábitats (borde e interior) en un fragmento de bosque tropical húmedo, Selva Lacandona, Chiapas, México. El gráfico de cajas se hizo con base en la mediana. Los puntos representan valores extremos.

La ausencia de preferencia por un recurso puede deberse a que el fragmento de hábitat donde se hizo el estudio fue creado apenas hace unas décadas, por lo que la disponibilidad de recursos no muy es diferente entre el borde y el interior del fragmento. Respecto a la mayor abundancia de hormigas encontradas en el borde del fragmento. Pensamos que puede deberse a que en el borde del fragmento los grupos de hormigas que estén mejor adaptados al disturbio se verán favorecidos por lo que serán más abundantes. En nuestro estudio podemos pensar que esto ocurre, ya que un solo morfotipo tuvo una abundancia del 73% del total de hormigas encontradas.



**Figura 4.** Comparación de la abundancia promedio de individuos encontrados en cada tratamiento después de una hora de haber dejado los cebos en el interior y en el borde en un fragmento de bosque tropical húmedo, Selva Lacandona, Chiapas, México. El gráfico de cajas se hizo con base en la mediana, y los puntos representan valores extremos.

La falta de asociación entre el tipo de recurso y la riqueza de especies, puede deberse a que la riqueza en todo el muestreo es baja (6 morfotipos), y a que hay poca variación de la riqueza entre los dos hábitats. Los dos morfotipos más abundantes representan el 95.9% del total de individuos encontrados y dos de los morfotipos raros se encontraron exclusivamente en el interior del fragmento. Considerando lo anterior, la riqueza por sí sola no nos permitió evaluar las preferencias, por lo que sugerimos analizar la composición de especies en los hábitats para estudios posteriores. Se ha reportado que distintas especies de hormigas tienen la capacidad de almacenar alimentos y que bajo las condiciones desfavorables de la lluvia hay una disminución en la actividad de forrajeo (Schowalter 1952). Este efecto debe ser considerado en los patrones encontrados, ya que durante el muestreo hubo un periodo con lluvia.

Concluimos que independientemente de los dos tipos de hábitat que evaluamos, en la comunidad de hormigas no hay una preferencia por el tipo de recurso. Sugerimos explorar las preferencias a nivel de gremio o de especies y con una mayor heterogeneidad entre los hábitats para verificar si existe una preferencia en el forrajeo para mantener el balance de nutrientes.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México el apoyo otorgado para la realización de este curso de campo. A Don Fausto, por guiarnos en los senderos. También agradecemos a todo el personal del hotel ecoturístico “El Canto de la Selva” por brindarnos todas las facilidades y comodidades durante el curso. Finalmente, a todos los profesores y profesoras que organizan el curso de Ecología de bosques tropicales fragmentados por la logística y el apoyo en todo el proceso.

## LITERATURA CITADA

- BARBOSA, O. & MARQUET, P. A. 2002. Effects of forest fragmentation on the beetle assemblage at the relict forest of Fray Jorge, Chile. *Oecologia* 132: 296–306.
- BIERINGER, G. & ZULKA, K. P. 2003. Shading out species richness: edge effect of a pine plantation on the Orthoptera (Tettigoniidae and Acrididae) assemblage of an adjacent dry grassland. *Biodiversity and Conservation* 12: 1481–1495.
- BLÜTHGEN, N. & FELDHAAR, H. 2010. Food and shelter: How resources influence ant ecology. En: *Ant ecology*. Lach, L., Parr, C. L. & Abbott, K. L. editores. Oxford, United States pp. 115–136.
- BUSTAMANTE, R. & GREZ, A. 1995. Consecuencias de la fragmentación de bosques nativos. *Ambiente y desarrollo* 9: 58–63.
- DAVIES, K. F., MELBOURNE, B.A. & MARGULES, C. R. 2001. Effects of within-and between-patch processes on community dynamics in a fragmentation experiment. *Ecology* 82: 1830–1846.
- EWERS, R. M. & DIDHAM, R. K. 2006. Confounding factors in the detection of species responses to habitat fragmentation. *Biological Reviews* 81: 117–142.
- GONZÁLEZ-QUINTERO C. & PÉREZ-AKAKI P. 2015. Desarrollo sostenible en la selva lacandona: análisis de tres proyectos de conservación biológica. *Biodiversitas* 123: 1–6.
- LEAL, L. C., ANDERSEN, A. N. & LEAL, I. R. 2015. Disturbance winners or losers? Plants Bearing Extrafloral Nectaries in Brazilian Caatinga. *Biotropica* 47: 468–474.
- MARKIN, G.P. 1970. Food distribution within laboratory colonies of the Argentine ant, *Iridomyrmex humilis* (Mayr). *Insectes Sociaux* 17: 127–58.
- MELI P, LANDA R, LÓPEZ-MEDELÍN X. & CARABIAS J. 2015. Social perceptions of rainforest and climatic change from rural communities in southern Mexico. *Ecosystems* 18: 1343–1355.
- MENDOZA E. & DIRZO R. 1999. Deforestation in Lacandonia (southeast Mexico): evidence for the declaration of the northernmost tropical hot-spot. *Biodiversity and Conservation* 8: 1621–1641
- NATION, J.L. 2002. *Insect Physiology and Biochemistry*. CRC Press, Boca Raton.
- R CORE TEAM. 2016. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en <https://www.r-project.org/>.
- SCHOWALTER, T. 1952. *Insect Ecology: An ecosystem approach*. Academic Press. Londres, Reino Unido.
- SODHI, N. & EHRLICH, P. 2010. *Conservation biology for all*. Oxford University Press. Oxford, Reino Unido.

## El banco de semillas no es afectado por el efecto de borde en un bosque tropical fragmentado

Mariana S. Hernández-Leal<sup>1</sup>, Linda M. Martínez-Ramos<sup>2\*</sup>, Rodrigo Muñoz<sup>3</sup>, Jaime Selfa Ratasi<sup>4</sup>, Felipe P.L. Melo<sup>5</sup>

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

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

<sup>3</sup>Departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>4</sup>Departamento de Ecología, Universidad de Sevilla, Sevilla, España.

<sup>5</sup>Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

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

**Resumen:** La desaparición de dispersores en los bordes de los fragmentos limita la dispersión y empobrece el banco de semillas, cambiando su proporción, tamaño y favoreciendo ciertos síndromes de dispersión. Sin embargo, hay dudas sobre si este cambio está relacionado con la cercanía al borde o con el tamaño de fragmento. Para evaluar el efecto de estos factores, estudiamos la composición y diversidad funcional del banco de semillas en el núcleo y borde de dos fragmentos de distinto tamaño. En total encontramos 749 semillas de 30 morfoespecies. Nuestros resultados sugieren que la composición y diversidad funcional del banco de semillas son similares entre fragmentos y tipos de ambientes. Este hallazgo puede ser explicado por el corto tiempo que ha transcurrido desde la fragmentación de este paisaje, que ha modificado poco la composición de dispersores y que puede estar produciendo una deuda de extinción alta. Además, la gran heterogeneidad de este paisaje incrementa la conectividad entre fragmentos, y puede atenuar el impacto de la fragmentación en la distribución de los dispersores. Este estudio muestra que el efecto de borde no necesariamente incide sobre la composición del banco de semillas, y por ende, que la distribución de dispersores probablemente continúa relativamente conservada.

**Palabras claves:** limitación en la dispersión, resiliencia, heterogeneidad ambiental, Selva Lacandona.

### INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales tienen una gran diversidad biológica (Hill & Hill 2001). Sin embargo, la fragmentación y pérdida de estos ecosistemas se han incrementado a un ritmo alarmante, generando paisajes fragmentados que amenazan el mantenimiento de la biodiversidad (FAO 2011, Gibbs et al. 2010). Sin embargo, la mayoría de los estudios se enfocan en patrones de diversidad y no evalúan los cambios en procesos ecológicos clave de los que depende este ecosistema, como es la dispersión de semillas.

Un tema ampliamente estudiado en paisajes fragmentados es el efecto que tiene la creación de bordes sobre la diversidad y estructura de las comunidades vegetales (Laurance et al. 2000, Melo et al. 2006). Los bordes son ambientes con mayor desecación, presencia de vientos fuertes y mayor temperatura e incidencia de luz que el interior de los fragmentos (Laurance et al. 2000, 2001, 2011, Scariot et al. 2001). Estos cambios limitan el crecimiento de especies de bosque maduro (e.g. árboles tolerantes a la sombra) y favorece el crecimiento de plantas generalistas o pioneras promoviendo la pérdida y/o cambio de la composición de especies de árboles (Hernández-Rueda 2013, Scariot et al. 2001). Los cambios ambientales que afectan a la vegetación también afectan a la fauna que reside en los fragmentos de bosque, alterando su composición, sus patrones de movimiento a través del espacio y las interacciones que tienen con otros componentes de la comunidad, produciendo cambios en el funcionamiento ecológico del sistema (Duelli et al. 1990, Gardner et al. 2009). El tipo de vegetación adyacente al borde de un fragmento debido a que puede haber flujo de animales, y diásporas entre ambos lados del borde y puede afectar a las características estructurales y

ecológicas del mismo, incidiendo en el contraste del borde con el interior del fragmento (Duelli et al. 1990, Fenske-Crawford & Niemi 1997, Hernández-Rueda 2013).

El banco de semillas se ve afectado por la creación de borde y depende básicamente de las semillas que se producen en una localidad, sumadas a las semillas que se mueven por dispersión biótica y abiótica (Melo et al. 2006). Considerando que hay una reducción en el establecimiento de árboles en los bordes, y que los dispersores visitan menos este ambiente, es razonable esperar que el banco de semillas sea prontamente afectado por la creación del borde. Esto sucede especialmente con los vertebrados de gran talla y con muchos de los árboles de bosque maduro que producen semillas grandes (Melo et al. 2006, Hernández-Rueda 2013). Con base en lo anterior, podemos esperar una reducción en la visita de dispersores en los bordes de los fragmentos, lo que puede limitar la dispersión de semillas, empobreciendo el banco de semillas. Estos cambios pueden depender del tamaño del fragmento, siendo mayores en fragmentos más grandes, donde se espera que haya mayor contraste ambiental entre borde e interior. Si esto es cierto, debe haber una mayor diversidad funcional del banco de semillas en el interior del fragmento que en el borde, y una composición diferente en ambos tipos de ambiente, particularmente en los fragmentos de mayor tamaño. Para poner a prueba estas predicciones, estudiamos la diversidad específica y funcional, la cercanía al borde y el tamaño del fragmento en un paisaje de bosque tropical húmedo del sur de México.

## MÉTODOS

### Área de estudio

La Selva Lacandona se encuentra al noreste del estado de Chiapas, México. Es una zona tropical húmeda con temperaturas cálidas y estables a lo largo del año. La precipitación media anual es de cerca de 3000 mm anuales, siendo la distribución de las lluvias a lo largo del año mayor en la temporada de lluvias (mayo a diciembre), que en la estación seca (enero a abril; Arístides et al. 2015). El sitio de estudio pertenece al hotel El Canto de la Selva, ubicado en el ejido de Galacia, Marqués de Comillas. La zona está compuesta por fragmentos de bosques tropicales, de tamaño y forma muy variables, rodeados por una matriz dominada por cultivos, principalmente maíz y palma de aceite.

### Diseño experimental

Seleccionamos un fragmento de aproximadamente 200 ha y otro de aproximadamente 2 ha. En cada fragmento, muestreamos tanto el borde (primeros 10 m hacia el interior del fragmento) como el núcleo (> 20 m hacia el interior del fragmento).

### Toma de muestras

Colectamos todas las semillas presentes en la hojarasca en cuadros de 1 m<sup>2</sup> separados por distancias aleatorias de entre 1 y 20 pasos. Establecimos 10 cuadros en el borde y 10 más en el núcleo de cada uno de los dos fragmentos. En cada cuadro recogimos todas las diásporas observadas en la capa superficial del suelo (hojarasca) durante 2 min.

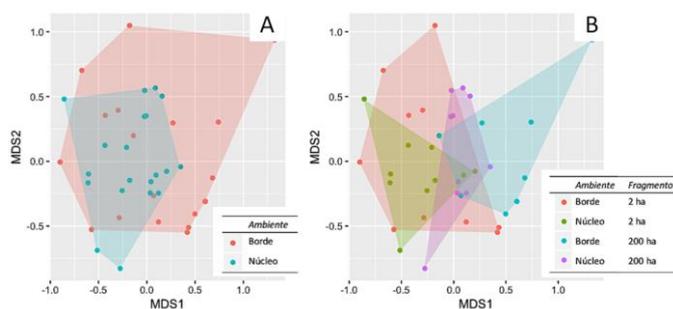
Se contabilizaron todas las diásporas recolectadas y se clasificaron en dos síndromes de dispersión: biótico y abiótico. Además, medimos el diámetro de las semillas en tres dimensiones y estimamos el volumen de las semillas como si cada uno de esos diámetros fuese un lado de un prisma rectangular.

### Análisis estadístico

Para saber si la composición y la diversidad funcional de las semillas difieren entre ambientes, hicimos un escalamiento multidimensional no métrico (NMDS) utilizando la disimilitud de Bray-Curtis. Para estimar el efecto de borde y tamaño del fragmento sobre los atributos funcionales de las semillas (media ponderada de la comunidad o CWM, y síndrome de dispersión), ajustamos dos modelos lineales generalizados (GLMs) tomando en cuenta el efecto separado de las variables explicativas y su interacción. Ajustamos una distribución Normal para el error del volumen estimado, mientras que para la prevalencia de individuos de especies anemócoras utilizamos una distribución quasibinomial, que nos permitió controlar la sobredispersión observada en esa variable. Todos los análisis lo realizamos con el programa R (R Core Team 2016).

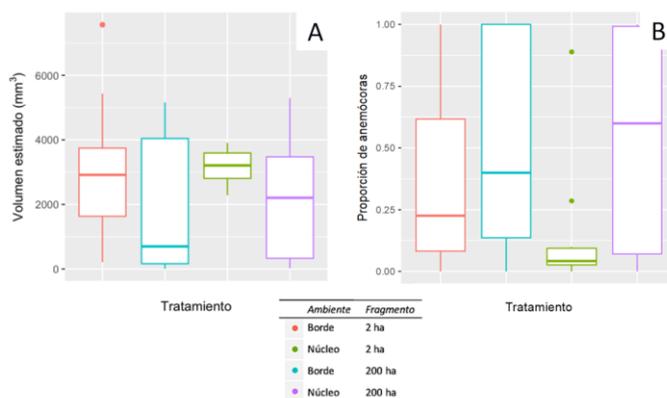
## RESULTADOS

En total colectamos 749 diásporas de 30 morfoespecies diferentes, siendo 12 exclusivas de las parcelas ubicadas en los bordes de los fragmentos, 13 exclusivas a las del núcleo, y cinco compartidas entre ambos tipos de ambiente. Encontramos ocho morfoespecies exclusivas del fragmento grande, 16 exclusivas del fragmento pequeño y seis se compartieron entre los fragmentos estudiados. Sólo cinco morfoespecies estuvieron presentes en todos los tipos de ambiente y tamaños de fragmento.



**Figura 1.** Análisis de ordenación NMDS para la composición de especies ponderada por abundancia. A) Polígonos por tipo de hábitat. B) Polígonos por tamaño de fragmento y tipo de hábitat juntos.

Los análisis de ordenación mostraron que las diferencias en la composición y en la representación de las especies fueron poco evidentes, como sugiere el solapamiento de los polígonos cuando se clasifica a las parcelas por tipo de ambiente (Figura 1A), e incluso cuando se separa por tipo de ambiente y tamaño del fragmento (Figura 1B). Los polígonos que mostraron mayor diferencia relativa fueron los de los bordes de los fragmentos pequeño y grande. Con respecto a la composición funcional, no encontramos diferencias significativas en el volumen de las semillas entre bordes y núcleos (Figura 2A) ni entre síndromes de dispersión de las semillas (Tabla 1; Figura 2B).



**Figura 2.** Efecto del tratamiento (tipo de ambiente por tamaño de fragmento) sobre A) el volumen promedio ponderado (CWM) de las semillas (mm<sup>3</sup>) y sobre B) la proporción de semillas con síndrome de dispersión anemócora. La caja representa la mediana y los cuartiles 1 y 3. Los bigotes representan el intervalo al 95%.

**Tabla 1.** Resultado de los GLMs para el volumen estimado y para los síndromes de dispersión de las semillas. Los asteriscos denotan los coeficientes significativos con  $p < 0.05$ .

| Variable de respuesta | Variable explicativa | Coefficiente estimado | Error estándar | T     | P         |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|-------|-----------|
| Volumen               | Intercepto           | 3139.51               | 563.68         | 5.570 | < 0.001 * |
|                       | Ambiente             | 34.89                 | 797.16         | 0.044 | 0.965     |
|                       | Fragmento            | -1099.10              | 878.43         | 1.251 | 0.220     |
|                       | Interacción          | 39.67                 | 1186.22        | 0.033 | 0.974     |
| Dispersión            | Intercepto           | -0.4999               | 0.5550         | 0.901 | 0.374     |
|                       | Ambiente             | -1.2211               | 0.9330         | 1.309 | 0.200     |
|                       | Fragmento            | 0.5986                | 0.8502         | 0.704 | 0.486     |
|                       | Interacción          | 1.3049                | 1.2559         | 1.039 | 0.306     |

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados sugieren que la composición y diversidad funcional del banco de semillas no varía con el tamaño de los fragmentos ni con el tipo de ambiente (borde vs. núcleo). Estos resultados se contraponen a otros estudios realizados en bosques tropicales. Por ejemplo, Melo et al. (2006) reportaron que la contribución de semillas de tamaños grandes (>15 mm) es menor en los bordes de fragmentos en un bosque tropical de la zona del Atlántico brasileño. Esos cambios en diversidad de tamaños pueden ser asociados a la reducción poblacional de los vertebrados dispersores de semillas (Cordeiro y Howe 2003). En nuestro caso, posiblemente no se ha presentado un cambio importante en la comunidad de dispersores debido a que la fragmentación en la Selva Lacandona es sustancialmente más reciente que la del bosque Atlántico. Esto puede resultar en una deuda de extinción mayor en nuestro sistema de estudio que en el estudiado por Melo et al. (2006), y contribuir a que la diversidad de dispersores sea aún similar a la que existía previa a la fragmentación. También puede resultar en una menor degradación de los bordes, y por lo tanto, en una menor heterogeneidad entre las condiciones de los bordes y el interior de los fragmentos (Hernández-Rueda 2013). Otra posible explicación para este fenómeno es que los bosques neotropicales norteros han sufrido perturbaciones recurrentes en su historia evolutiva (e.g. huracanes, glaciaciones y otros procesos). Estas perturbaciones pueden haber conferido a los taxones de estos bosques una mayor resiliencia ante los disturbios, y con ello una mayor capacidad de sobrevivir y adaptarse a paisajes modificados.

Consistente con nuestro hallazgo, Magnago et al. (2014) demostraron que el tamaño del fragmento no influye en la riqueza de especies debido a que existe un fuerte intercambio de especies con la matriz, y a que éstas son capaces de migrar entre fragmentos cercanos cuando el paisaje tiene una alta conectividad. En comparación con otros paisajes fragmentados de selva húmeda, la Selva Lacandona posee un paisaje muy heterogéneo conformado por bosques secundarios, cultivos diversos y bosque primario que produce una permeabilidad alta (Hernández-Rueda 2013). La permeabilidad de esta matriz permite el flujo de los dispersores de manera más o menos

homogénea en todo el paisaje, sin importar el tamaño de los fragmentos. Esta hipótesis es apoyada en nuestros resultados, que sugieren que no hay diferencias en diversidad funcional y composición de especies entre los dos tamaños de fragmento estudiados.

Proponemos que es necesario realizar nuevos estudios con grupos funcionales diferentes de vida más rápida (e.g. hongos y microorganismos) que puedan ser más sensibles a los efectos de la fragmentación en distintos paisajes, y considerar otros factores como la resiliencia a la fragmentación y la antigüedad del fragmento. De este modo, podremos entender cómo los procesos históricos afectan a este ecosistema.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo del hotel El canto de la Selva por la prestación de sus instalaciones y el apoyo de su equipo de trabajo, en especial a Abisai alias “El Chayo” que en su ausencia estaríamos llenos de piquetes. Parte del financiamiento para este trabajo fue otorgada por el Programa de Apoyos para Estudios de Posgrado, de la Universidad Nacional Autónoma de México.

## LITERATURA CITADA

- ARÍSTIDES, S., LÓPEZ, D. & CASTELLANOS, L. 2015. Descripción del medio físico de la cuenca media del río Usumacinta México. En Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona. Carabias, J., de la Maza, J. & Cadena R., editores. Redacta, Ciudad de México, pp. 19-35.
- CORDEIRO, N. J. & HOWE, H. F. 2003. Forest fragmentation severs mutualism between seed dispersers and an endemic tropical tree. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 100: 14052-14056.
- DUELLI, P., STUDER, M., MARCHAND & I., JACOK, D. 1990. Population movements of arthropods between natural and cultivated areas. *Biological Conservation* 54: 193-207.
- FAO, 2011. State of the world's forests 2011. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- FENSKE-CRAWFORD, T. J. & NIEMI, G. J. 1997. Predation of artificial ground nest at two types of edges in a forest-dominated landscape. *Condor* 99: 14-24.
- GARDNER, T. A., BARLOW, J., CHAZDON, R., EWERS, R. M., HARVEY, C. A., PERES, C. A., et al. 2009. Prospects for tropical forest biodiversity in a human-modified world. *Ecology Letters* 12: 561-582.
- GIBBS, H. K., RUESCH, F., ACHARD, M. K., CLAYTON, P., HOLMGREN, P., RAMANKUTTY, N. & FOLEY J. A. 2010. Tropical forests were the primary sources of new agricultural land in the 1980s and 1990's. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 107: 16732-16737.
- HERNÁNDEZ-RUEDA, M. A. 2013. Importancia de los Fragmentos Pequeños de Selva Húmeda para la Conservación de la Diversidad y Estructura de la Vegetación en la Selva Lacandona, Chiapas, México. Tesis de Maestría. Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.
- HILL, J. L. & HILL, R. A. 2001. Why are tropical forests so species rich? Classifying, reviewing and evaluating theories. *Progress in Physical Geography* 25: 326-354.
- LAURANCE, W. F. 2001. Fragmentation and plant communities' synthesis and implications for landscape management. En *Lessons From Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Bierregaard, R., Gaascon, C., Lovejoy, T., & Mesquita, R., editores. The Yale University Press, New Heaven, pp. 158-168.
- LAURANCE, W. F., CAMARGO, J. L. C., LAURANCE, S. G., PIM, S. L. & BRUNA, E. M. 2011. The fate of Amazonian forest fragments: a 32-year investigation. *Biological Conservation* 144: 56-67.
- LAURANCE, W. F., DELAMÓNICA, P., LAURANCE, S., VASCONCELOS, H. L. & LOVEJOY, T. E. 2000. Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature* 404: 836.

- MAGNAGO, L. F., EDWARDS, D. P., EDWARDS, F. A., MAGRACH A., MARTINS S. V. & LAURANCE, W. 2014. Functional attributes change but functional richness is unchanged after fragmentation of Brazilian Atlantic forest. *Journal of Ecology* 102: 475-485.
- MELO, F.P.L., DIRZO, R. & TABARELLI, M. 2006. Biased seed rain in forest edges: evidence from the Brazilian Atlantic forest. *Biological Conservation* 132: 50-60.
- R CORE TEAM. 2016. R: A Language and Environment For Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- SCARIOT, A. 2001. Effects of landscape fragmentation on palm communities. En: *Lessons From Amazonia: The Ecology and Conservation of a Fragmented Forest*. Bierregaard, R., Gaascon, C., Lovejoy & T., Mesquita, R., editores. The Yale University Press, New Heaven, pp. 121-135.

## Las hormigas *Pseudomyrmex* protegen igual las hojas nuevas y viejas de *Acacia mayana*

Alonso Bustamante<sup>1\*</sup>, Diana Cárdenas Ramos<sup>2</sup>, María Hirschfeld<sup>3</sup>, Jesús Ortega Esquinca<sup>4</sup>, Fernanda M. P. de Oliveira<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación en Sistemática Vegetal y Suelos Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>2</sup>Departamento de Ecología de la Biodiversidad, Instituto de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Insectos, Departamento de Zoología, Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

<sup>4</sup>Laboratorio de Ecología, Unidad de Biotecnología y Prototipos, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México.

<sup>5</sup>Laboratorio de Interacción Planta-Animal, Departamento de Botánica, Universidad Federal de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil.

\*Autor para la correspondencia: alonsobz@outlook.com

**Resumen:** El estudio de las interacciones entre especies es fundamental para entender la organización de sistemas ecológicos. Interacciones mutualistas como la de la planta *Acacia mayana* y la hormiga *Pseudomyrmex* sp. son relaciones de explotación mutua que varían en función de la calidad de la recompensa ofrecida por los individuos de cada especie. En este sistema, la planta ofrece refugio y recursos alimenticios a las hormigas para que éstas la protejan. Sin embargo, los recursos de la planta no están distribuidos de forma homogénea; las hojas nuevas pueden ser percibidas por las hormigas como recursos de mejor calidad que las hojas viejas ya que aportan nuevos recursos alimenticios y refugio fundamentales para ampliar el tamaño de la planta, y por tanto, el tamaño de la colonia. Nosotros ponemos a prueba esta hipótesis en 23 individuos de *A. mayana* en la selva Lacandona, Chiapas, México. Para esto, removimos el foliolo apical en una hoja nueva y una hoja vieja de cada individuo y medimos el número de hormigas antes y después del daño. Con esta información construimos un índice de defensa, para probar si difería entre hojas nuevas y viejas. Los resultados mostraron que las hormigas no presentaron preferencia por defender hojas de *Acacia mayana* nuevas u hojas viejas. De esa forma, aunque las hormigas tiendan a optimizar la búsqueda y obtención de recursos, su comportamiento de defensa frente a una amenaza puede depender del riesgo que represente dicha amenaza para la colonia. Por lo tanto, la interacción *Acacia mayana*-*Pseudomyrmex* sp. puede variar en función del balance costo-beneficio que tal interacción representa para cada individuo.

**Palabras claves:** forrajeo sensible al riesgo, herbivoría, interacción mutualista, protección, recursos.

### INTRODUCCIÓN

Las interacciones entre especies determinan la dinámica de las poblaciones. Por ejemplo, el mutualismo es una relación interespecífica que ofrece beneficios para ambas especies (Abrahão et al. 2013). Este co-beneficio es fundamental dentro de los sistemas ecológicos ya que promueve la persistencia de las especies (Bronstein 2009).

Las interacciones entre hormigas y plantas son buenos ejemplos de interacciones benéficas recíprocas (Ness et al. 2010), como el sistema formado por especies de los géneros *Acacia* y *Pseudomyrmex* (Ness et al. 2010). La interacción entre estos organismos permite la sobrevivencia y reproducción de las colonias de hormigas ya que la planta ofrece recursos alimenticios (nectarios y cuerpos de proteína) y refugio (domacios) para la hormiga. A cambio, las hormigas protegen a la planta de ataques provocados por herbívoros (Bronstein et al. 2006).

Sin embargo, la distribución de los recursos que la planta otorga no es homogénea. Distintas estructuras de las plantas poseen características con valor cualitativamente diferente (Bronstein 2009). Estas variaciones en la calidad de los recursos que la planta ofrece son percibidas por las hormigas, llevando a las mismas a un proceso de selección (Alcock 2009). Por ejemplo, las hojas viejas pueden presentar una menor producción en proteína y néctar que las hojas nuevas, las cuales presentan recursos suficientes para poder generar estas sustancias en gran cantidad (Bronstein, 1994). Además, las hojas nuevas pueden contribuir al aumento del tamaño de la colonia porque proveen recursos adicionales para las hormigas

(refugio y alimentos adicionales), lo que puede llevar a las hormigas a invertir más energía y tiempo en la defensa de estas hojas (Abrahão et al. 2013). En ese sentido, los individuos pueden realizar un balance costo-beneficio entre las diferentes estrategias que pueden adoptar frente a la búsqueda y obtención del alimento, para maximizar la ganancia energética (i.e. hipótesis del forrajeo óptimo, Ricklefs 2010). Sin embargo, la idea de que existe una inversión de defensa diferencial entre hojas nuevas y viejas no ha sido probada.

En este trabajo evaluamos cómo la inducción de un daño foliar (i.e. simulación de herbivoría) en hojas de distinta edad afecta la respuesta de defensa de las hormigas del género *Pseudomyrmex* en hojas de *Acacia mayana*. Esperamos que las hormigas prefieran defender las hojas nuevas debido a que representan una nueva fuente de recursos, refugio y expansión para la colonia. Así, una vez inducido el daño el número de hormigas aumentará más en hojas nuevas que viejas, y el tiempo de llegada será menor en hojas nuevas que viejas.

### MÉTODOS

#### Área de estudio y selección de individuos de *Acacia mayana*

Realizamos el estudio en la parte sur del río Lacantún, en un remanente de bosque tropical perennifolio en la Selva Lacandona (16°12.703' N y 90°53.893' O), Chiapas, México. El sitio corresponde a un área con diferentes usos de suelo,

principalmente agrícola, y una zona de más de 200 ha de bosque conservado.

Realizamos un recorrido en el remanente de bosque conservado para ubicar plantas del género *Acacia mayana*. Una vez ubicadas las plantas, elegimos 23 plantas con una talla mínima de 1.5 m y registramos la altura total de cada una de ellas. Esta medida fue utilizada para controlar el efecto del tamaño de las plantas (un proxy de la edad) en la respuesta de las hormigas.

### Experimento de herbivoría simulada

De cada planta, muestreamos aleatoriamente una rama, y dentro de la misma rama seleccionamos dos hojas: la última hoja expandida (apical, hoja nueva) y la cuarta hoja anterior (hoja vieja). En estas dos hojas, contamos el número de hormigas del género *Pseudomyrmex* (conteo inicial). En seguida, cortamos el foliolo apical en cada una de ellas (daño foliar), para estimular y medir la respuesta de defensa en las hormigas. Además de las vibraciones que causa dicho corte en toda la estructura vegetativa, esperamos que se produzca una respuesta química por la liberación de compuestos volátiles una vez lesionado el tejido de la hoja (Coley & Barone 1996)

Utilizamos dos parámetros para evaluar la respuesta de las hormigas al daño foliar: tiempo de respuesta al daño y el índice de defensa. El tiempo de respuesta consistió en el registro del tiempo total hasta la llegada de la primera hormiga en la zona del corte. Una vez que ocurrió esto en ambas hojas, contabilizamos el número total de hormigas en cada hoja (conteo final). En caso de que ninguna hormiga hubiera llegado a la zona de corte transcurridos 120 segundos, contamos el número total de hormigas en cada hoja y lo consideramos como conteo final. El índice de defensa lo calculamos restando el número de hormigas del conteo inicial (antes de la respuesta) al final (después de la respuesta) y lo dividimos por la suma de hormigas encontradas en la hoja nueva y vieja, para inferir el incremento de hormigas que son reclutadas después del daño.

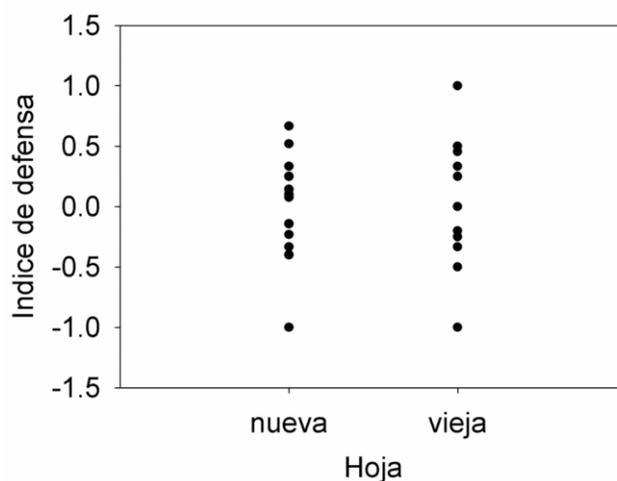
### Análisis estadístico

Comparamos el índice de defensa y el tiempo de respuesta de las hormigas en las hojas viejas y nuevas realizando una prueba de t-Student pareado, evaluando previamente la normalidad de los datos a través de una prueba de Shapiro-Wilk. Cuando los datos no presentaron distribución normal, realizamos una prueba de Wilcoxon. Finalmente, evaluamos el efecto del tamaño de los individuos de *Acacia mayana* en el índice de defensa y el tiempo de respuesta de las hormigas, a través de un análisis de covarianza (ANCOVA), usando el tamaño de la planta como covariable. Todos los análisis fueron llevados a cabo en el programa Rstudio (versión 5.0).

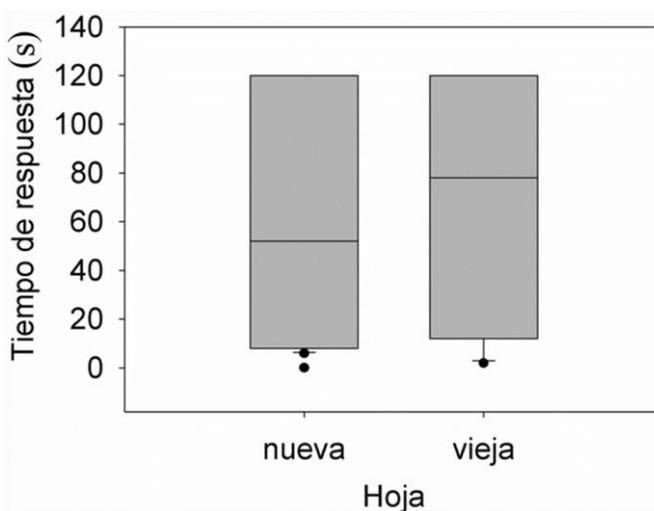
## RESULTADOS

El número de hormigas antes del daño fue  $4.21 \pm 3.0$  individuos (promedio  $\pm$  desviación estándar) en hojas nuevas y  $5.2 \pm 4.7$  individuos en las viejas. Después del daño, observamos  $5.2 \pm 4.6$  hormigas en las hojas nuevas y  $3.6 \pm 3.5$  en las hojas viejas. El índice de defensa no varió significativamente entre hojas de diferente edad ( $t = 0.13$ , g.l. = 21,  $p = 0.89$ ) (Fig. 1). El tiempo de llegada de las hormigas al

lugar donde fue realizado el daño tampoco varió entre hojas viejas y nuevas ( $t = -0.58$ , g.l. = 19,  $p = 0.20$ ) (Fig. 2).



**Figura 1.** Índice de defensa de hormiga *Pseudomyrmex* sp. (i.e. diferencia en el número de hormigas antes y después del daño foliar/total de hormigas en hojas nuevas y viejas) en diferentes estructuras foliares de *Acacia mayana*, en la selva Lacandona, Chiapas, México. Cada punto corresponde al índice de defensa medido en cada individuo de *A. mayana*.



**Figura 2.** Tiempo de llegada de la hormiga *Pseudomyrmex* a las hojas nuevas y viejas de *Acacia mayana* una vez inducido un daño foliar en la selva Lacandona, Chiapas, México. Línea media representa mediana, las cajas indican el 1er y 3er cuartil (50% de los datos) y las barras indican el rango de variación de los datos.

## DISCUSIÓN

Nuestros resultados indican que las hormigas no prefieren defender hojas nuevas de *Acacia mayana* en relación a las hojas viejas. El acto de defensa implica costos energéticos para la colonia, los cuales son evaluados por las hormigas en función de la magnitud de la perturbación que ocurre en las estructuras vegetativas (Ness et al. 2010). En ese sentido, la ausencia de diferencia en el comportamiento de defensa puede estar relacionado al balance costo-beneficio existente en el proceso de evaluación de riesgo que enfrentan las hormigas una vez desencadenado el daño foliar (Bronstein et al. 2006).

Es posible que las hormigas prefieran cuidar de los nidos, asegurando la subsistencia de la colonia, y no hojas particulares de la planta. Esto es conocido como forrajeo sensible al riesgo (Ricklefs 2010). De esa forma, el comportamiento no varía en términos de reclutar hormigas de patrullaje como respuesta comportamental frente a herbívoros potenciales (Abrahão et al. 2013).

Por otro lado, la disminución del ataque de las hormigas hacia los herbívoros puede reducir la aptitud de la planta, ya que estos organismos generan daño foliar, y por consecuencia, disminución del área fotosintetizante. Sin embargo, algunos trabajos sobre arañas y plantas del género *Acacia*, muestran que la planta puede -dentro de determinados límites- beneficiarse por la presencia de herbívoros, dado que éstos contribuirían en la dispersión de sus frutos (Ness et al. 2010). Esto conllevaría a que las hormigas no siempre defiendan a la planta de ataques provocados por herbívoros. Por lo tanto, el comportamiento de defensa de las hormigas puede ser independiente de la calidad del recurso, ya que este comportamiento tiene un alto costo energético para la colonia. Si bien las hormigas tienden a optimizar la búsqueda y obtención de los recursos necesarios para su subsistencia, frente a una amenaza, su actividad de forrajeo puede reducirse en función del grado o magnitud de la amenaza. De esa forma, frente a la necesidad de entender las dinámicas de las poblaciones y los mecanismos que generan estabilidad en los sistemas ecológicos, se hace evidente la importancia de considerar sistemas de interacción mutualista entre especies, como es el caso de las relaciones hormigas-planta.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Posgrado en Ciencias Biológicas (PCBiol) de la Universidad Autónoma de México y al Canto de la Selva por todos los servicios y facilidades ofrecidas para la realización de este trabajo. Agradecemos especialmente al guía de campo Wilber del Canto de la Selva por colaborar con todo el trabajo de campo, y a los profesores Víctor Arroyo-Rodríguez y Kátia Rito por las sugerencias y correcciones del manuscrito.

## LITERATURA CITADA

- ABRAHÃO, A., FARIA, E., GOMES, M. F. & PÉREZ, G. K. 2013. Exército nas trincheiras: a formiga *Pheidole minutula* investe igualmente na defesa de folhas de *Maieta* sp. (Melastomataceae), independentemente da idade da folha. En: Ecología da Floresta Amazonica. Vieira, M., Camargo, J. L., Bobrowiec, P. E., Dracxler, C. M y Peixoto, P. E, editores. INPA, Brasil, pp. 30-39.
- ALCOCK, J. 2009. Comportamento Animal: Uma abordagem evolutiva. Artmed editora, Sao Paulo, Brasil.
- BRONSTEIN, J. L., ALARCON, R. & GEBER, M. 2006. Transley Review: Evolution of insect/plant mutualisms. *New Phytologist* 172: 412-428.
- BRONSTEIN, J. L. 1994. Conditional outcomes in mutualistic interactions. *Tree* 9: 214-217.
- BRONSTEIN, J. L. 2009. Mutualism and symbiosis. En: *The Princeton Guide to Ecology*. Levin, S. A, editor. Princeton, USA, pp. 824.
- NESS, J., MOONEY, K. & LACH, L. 2010. Ants as mutualist. En: *Ant ecology*. Lach, L., Parr. L. y Abbott, K. L., editors. Oxford University Press. New York, USA, pp. 97-114.
- RICKLEFS, R. E. 2010. *A economia da natureza*. Guanabara Koogan, Brasil.

## Efecto de la disponibilidad de luz sobre el crecimiento y reproducción de *Heliconia collinsiana*

Isabel Briseño-Sánchez<sup>1\*</sup>, Adriana Rivera-Huerta<sup>2</sup>, Ileana Reyes-Ronquillo<sup>3</sup>, Braulio A. Santos<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México, México.

<sup>4</sup>Departamento de Sistemática e Ecología, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Brasil.

\*Autor para la correspondencia: isabel.briseno.sanchez@gmail.com

**Resumen:** La baja disponibilidad de luz limita la actividad fotosintética y el desarrollo de las plantas. En especies de plantas pioneras cuando están expuestas a esta condición, entran en una disyuntiva entre asignar recursos a crecimiento o reproducción. En este estudio evaluamos la asignación del recurso luz en el crecimiento y la reproducción de *Heliconia collinsiana* en un bosque secundario de la Selva Lacandona, México. Medimos el número y diámetro de ramets, y el número de inflorescencias de 30 individuos de *H. collinsiana* y calculamos la apertura de dosel sobre ellos. Encontramos una respuesta del crecimiento de los individuos a la disponibilidad de luz, pero no encontramos respuesta entre la disponibilidad de luz y el número de inflorescencias. Nuestros resultados no apoyan la presencia de disyuntiva entre crecimiento y reproducción, ya que la inversión en reproducción estuvo asociada sólo al vigor de los individuos, lo que puede sugerir que la planta prioriza el mantenimiento de su parte vegetativa antes que su reproducción.

**Palabras claves:** bosques tropicales, herbáceas, pioneras, rizoma.

### INTRODUCCIÓN

La limitación de recursos obliga a las plantas a experimentar trade-offs o disyuntivas. Esto somete a los individuos a la asignación de energía entre procesos de elevados costos energéticos como la formación de hojas o flores, y la planta debe decidir si crecer o reproducirse (Reekie & Avila-Sakar 2005). En plantas clonales la inversión de recursos en estructuras reproductivas suprime procesos como el crecimiento, por lo tanto, son un indicativo de que se enfrentan a una disyuntiva en la asignación de recursos (Cody 1996).

Los bosques tropicales son ecosistemas donde la luz es un recurso limitante. El dosel es ocupado por las grandes copas de los árboles que impide que la luz llegue al sotobosque y afecta el establecimiento de especies de estratos más bajos (Balvanera 2012). La apertura de claros favorece el establecimiento de especies de rápido crecimiento y tasas de reproducción elevada como las estrategias generalistas (r-estrategas). Un ejemplo de lo anterior son las herbáceas que son fuertes competidoras en sitios abiertos (Castro et al. 2004). Por lo tanto, en condiciones de mayor disponibilidad de luz es razonable esperar que las plantas que se enfrentan a disyuntivas entre crecer o reproducirse inviertan más en reproducción.

Heliconiaceae es una familia de plantas representada por un único género tropical, *Heliconia*. Su distribución y diversidad han sido poco exploradas, se estima que en México existen aproximadamente 25 especies distribuidas principalmente en el sur del país. El crecimiento de las plantas del género *Heliconia* es mayor en suelos aluviales ricos en nutrientes, presentan floración más abundante cuando son expuestas a períodos de luz de ocho horas que cuando se exponen a 12 o 16 horas y tienen mayor floración a una temperatura de 21 °C respecto a plantas expuestas a una temperatura menor (Geertsen 1990).

*Heliconia collinsiana* es una hierba perenne que se desarrolla en zonas húmedas de los trópicos. Esta especie se reproduce vegetativamente formando ramets a partir de un

rizoma y puede permanecer aun cuando la parte aérea sufra algún daño. Los individuos crecen entre 1.7 a 5.5 m, presentan inflorescencias dispuestas en brácteas con flores hermafroditas que florecen todo el año (Fig. 1), lo que representa una alta inversión de recursos. Por ello, *H. collinsiana* puede ser un buen modelo de estudio de las disyuntivas entre el crecimiento y la floración (Santos et al. 2009). Estas plantas son un componente importante de la flora del sotobosque, presentan interacciones ecológicas importantes como la polinización, dispersión, herbivoría, y son colonizadoras importantes de los estadios iniciales de la sucesión en la Selva Lacandona (Santos et al. 2009).

Este estudio nos permitirá conocer las estrategias de *H. collinsiana* en la inversión de energía. Evaluamos cómo la disponibilidad de luz incrementa la inversión en crecimiento y estructuras de reproducción de la especie. Esperamos que los individuos sean más grandes y que produzcan más inflorescencias en lugares con mayor apertura del dosel.

### MÉTODOS

#### Área de estudio

La selva Lacandona está ubicada en el sureste mexicano en el estado de Chiapas, limitando al sur y al este con Guatemala y al norte y oeste con las zonas montañosas de Chiapas, México (16°0.5'58" N y 90°52'36" O) entre los 80 y 500 m s.n.m. El clima es cálido-húmedo con temperatura media anual de 24 °C, presenta lluvias abundantes en verano y precipitación promedio de 3000 mm. Los suelos son predominantemente del tipo aluvial o cárstico. El tipo de vegetación dominante es la selva alta perennifolia y selva mediana subperennifolia. La altura del dosel es en promedio de 30 m, con variables de hasta

60 m (e.g. *Ceiba petandra*) (Navarrete-Segueda et al. 2015, San-José 2013). El trabajo de campo lo llevamos a cabo en las inmediaciones del Hotel ecoturístico “El canto de la Selva” (17° 93'193" N, 72°42'46" O), dentro de la subcuenca del río Lacantún, Ejido de Galacia, Municipio de Marqués de Comillas.



### Colecta de datos

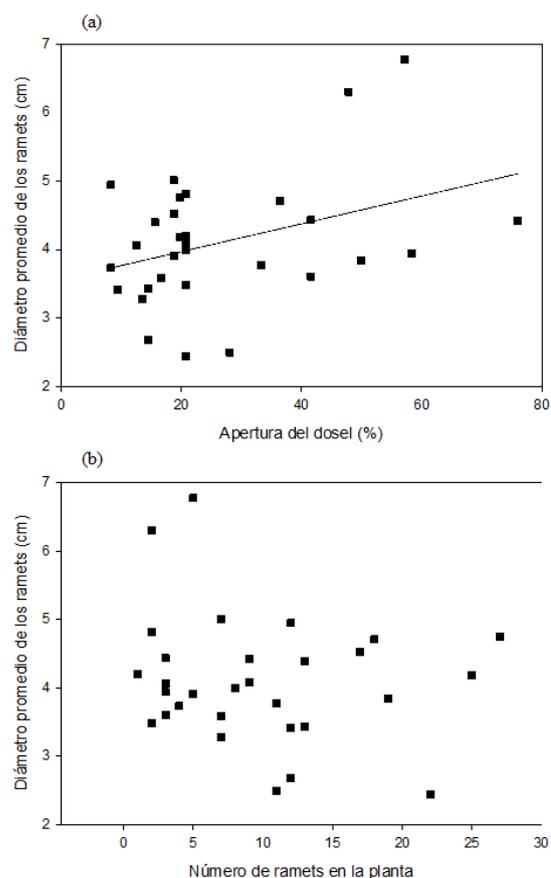
Hicimos un muestreo dirigido al encuentro de 30 individuos de *Heliconia collinsiana* en un bosque secundario con cinco años de regeneración tras el abandono de una plantación de chile. Calculamos mediante un densiómetro esférico el porcentaje de apertura del dosel sobre cada uno de los individuos estudiados. Contamos el número de ramets por individuo, medimos el diámetro a la base de todos los ramets en centímetros y cuantificamos el número total de inflorescencias de los individuos. El número de ramets fue considerado como un indicador del vigor de cada planta, que a su vez puede estar correlacionado con la cantidad de energía acumulada y con el potencial para su inversión en crecimiento y reproducción.

### Análisis de datos

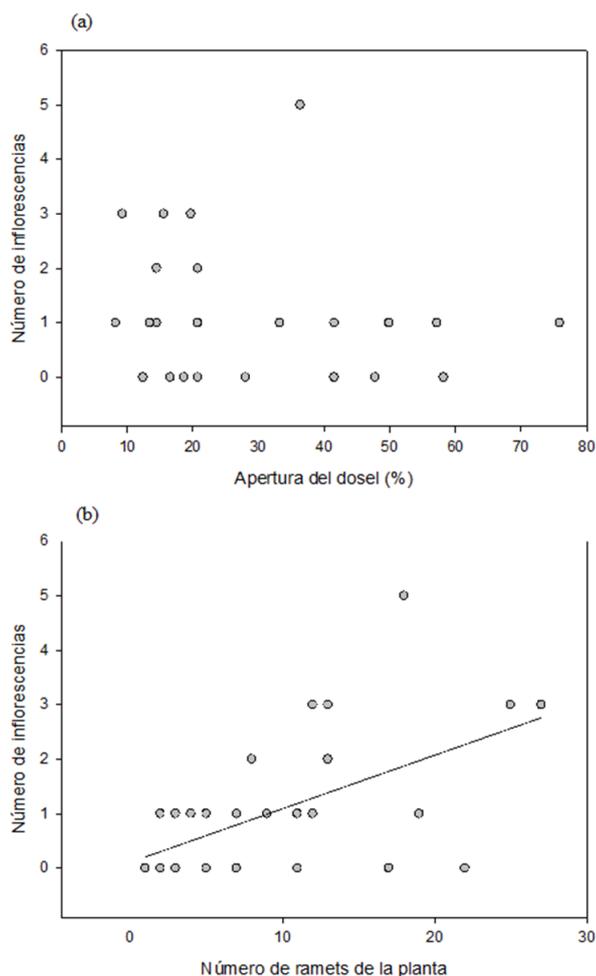
Para el análisis de los datos utilizamos dos modelos lineales generalizados (GLM), uno para el tamaño y otro para la cantidad de inflorescencias. En ambos modelos la apertura del dosel y el vigor de la planta (número y diámetro de los ramets) fueron las variables predictoras. La relación con el crecimiento (diámetro promedio de los ramets) fue probada con GLM con una distribución de tipo normal y función de enlace “identity”, y el número de inflorescencias con una distribución de tipo Poisson con la función de enlace de tipo logit. Todos los análisis fueron conducidos en el paquete estadístico JMP 8 (SAS. Institute Inc.).

### RESULTADOS

Encontramos una asociación positiva entre la apertura del dosel y el diámetro promedio de los ramets ( $\chi^2 = 3.9$ , g.l.= 1,  $p = 0.048$ ; Fig. 2a). Sin embargo, no encontramos relación significativa entre el número de ramets y el diámetro promedio de los ramets ( $\chi^2 = 0.51$ , g.l.= 1,  $p = 0.477$ ; Fig. 2b). El número de ramets de la planta estuvo positivamente relacionado con el número de inflorescencias ( $\chi^2 = 11.85$ , g.l.=1,  $p = 0.006$ ; Fig. 3a). Sin embargo, no hubo relación entre la apertura del dosel y el número de inflorescencias ( $\chi^2 = 0.02$ , g.l.= 1,  $p = 0.881$ ; Fig. 3b).



**Figura 2.** Relaciones entre la apertura del dosel y el diámetro promedio de los ramets de *Heliconia collinsiana* (a), y entre el número total de ramets de la planta y el diámetro promedio de los ramets (b).



**Figura 3.** Relaciones entre la apertura del dosel y el número de inflorescencias de *Heliconia collinsiana* (a) y entre el número total de ramets de la planta y el número total de inflorescencias (b).

## DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, en condiciones desfavorables de luz *Heliconia collinsiana* podría limitar su crecimiento y consecuentemente la producción de inflorescencias. En sitios de mayor apertura del dosel, los individuos tuvieron en promedio ramets de mayor diámetro, independientemente de su cantidad. Sin embargo, nuestros resultados no apoyan la hipótesis de que la disponibilidad de luz promovería la producción de inflorescencias, ya que la inversión en reproducción estuvo asociada sólo al vigor de los individuos (i.e. diámetro promedio).

Bruna & Nogueira (2005) demuestran que la asignación de recursos en plantas claro-dependientes se destina inicialmente a estructuras vegetativas y que la inversión en estructuras reproductivas suprime el crecimiento vegetativo, presumiendo la presencia de una disyuntiva entre crecimiento y reproducción. Sin embargo, nosotros no encontramos evidencia de una disyuntiva en la asignación de recursos entre crecimiento y estructuras de reproducción, sugiriendo que la planta prioriza el mantenimiento de su parte vegetativa antes que su reproducción.

## LITERATURA CITADA

- BALVANERA, P. 2012. Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. *Ecosistemas* 21: 136-147.
- BRUNA, E. M. & NOGUEIRA-RIBEIRO, M. B. 2005. The compensatory responses of an understory herb to experimental damage are habitat-dependent. *American Journal of Botany* 92: 2101-2106.
- CASTRO-DÍEZ, P., VALLADARES, F. & ALONSO, A. 2004. La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas* 13: 61-68.
- CODY, M.L. 1996. A general theory of clutch size. *Evolution* 20: 174-184.
- GEERTSEN, V. 1990. Influence of photoperiod and temperature on the growth and flowering of *Heliconia aurantiaca*. *Hortscience* 25: 646-648.
- NAVARRETE-SEGUEDA, A., VÁZQUEZ-SALEM, L. & SIEBEGRABACH, CH. 2015. Caracterización geopedológica y calidad de sitio de una selva tropical. En: *Conservación y desarrollo sustentable en la Selva Lacandona*. Carabias, J., de la Maza, J. & Cadena, R. editores. *Natura Mexicana*, A.C. Ciudad de México, pp 87-95.
- REEKIE, E. G. & ÁVILA-SAKAR, G. 2005. The shape of Trade-off function between reproduction and growth. En: *Reproductive allocation in plants*. Reekie, E. G. & Bazzaz, F. A., editores. Elsevier Science & Technology, Oxford. U.K. pp 185-210.
- SAN JOSÉ Y ALCALDE, M. 2013. Respuesta de los roedores a la pérdida y fragmentación del hábitat: un enfoque paisajístico en la Selva Lacandona, Chiapas. Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. Centro de Investigaciones en Ecosistemas, UNAM. Morelia.
- SANTOS, B.A., LOMBERA, R. & BENITEZ-MALVIDO, J. 2009. New records of *Heliconia* (Heliconiaceae) for the region of Chajul, Southern Mexico, and their potential use in biodiversity-friendly cropping systems. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80: 857- 860.

## Más oscuro y más caliente, más piquetes: Ecología de forrajeo de mosquitos en la Selva Lacandona

Sally S. Paredes-García<sup>1\*</sup>, Claudia Pineda-Romero<sup>2</sup>, Alejandro Sánchez-Barradas<sup>3</sup>, Víctor Arroyo-Rodríguez<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>Laboratorio de Dinámica de Comunidades. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

<sup>3</sup>Laboratorio de Macroecología Evolutiva, Red de Biología Evolutiva, Instituto de Ecología, A.C., Xalapa, Veracruz.

<sup>4</sup>Laboratorio de Ecología de Paisajes Fragmentados, Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad, Universidad Nacional Autónoma de México, Morelia, México.

\*Autor para la correspondencia: sallysu.pg@ciencias.unam.mx

**Resumen:** El riesgo de ser depredado puede provocar que los organismos modifiquen su estrategia de forrajeo para reducir la depredación. Por ejemplo, en mosquitos, la estrategia estaría limitada por el color y temperatura de su fuente de alimento, prefiriendo forrajear en partes corporales más cálidas (i.e. mayor disponibilidad superficial de sangre), siempre que ello no aumente su probabilidad de ser detectados. Para probar esta hipótesis, comparamos el número de visitas de mosquitos en personas con distinto color de ropa, esperando encontrar menos visitas en colores claros (i.e. mayor contraste), y en personas con menor temperatura. Dado que los hombres tuvieron temperaturas más frías que las mujeres, comparamos el número de visitas entre hombres ( $n = 2$ ) y mujeres ( $n = 2$ ) en un fragmento de selva al sureste de Chiapas. Contabilizamos las visitas en periodos de 2 minutos (6 repeticiones por individuo, total = 24 minutos). Registramos 103 visitas (mujeres = 66, hombres = 37, ropa oscura = 67 y clara = 36). Consistente con nuestra hipótesis, el número de visitas fue significativamente mayor en mujeres y marginalmente mayor en ropas oscuras. Nuestros resultados sugieren que en lugares de mayor contacto con mosquitos debe usarse ropa clara, principalmente en áreas corporales más cálidas.

**Palabras claves:** camuflaje, depredación, sexo, temperatura, vectores.

### INTRODUCCIÓN

La teoría del forrajeo sensible al riesgo establece que el forrajeo se reduce ante la amenaza de depredación (Sih 1980). Dicha presión puede ocasionar que el individuo sacrifique la ganancia energética para reducir el riesgo de depredación (Abrams 1992). Un mecanismo para incrementar la protección contra depredadores es el camuflaje, en el cual una especie busca espacios donde gracias a sus atributos fenotípicos (e.g. forma o color), puede pasar desapercibida ante sus posibles depredadores (Salgado-Negret 2016).

En bosques tropicales existe una gran diversidad de depredadores de distintos organismos. Dentro de este sistema, uno de los grupos con gran importancia ecológica debido a su función como alimento de diversos grupos de vertebrados e invertebrados, son los mosquitos (orden Diptera). Acerca de estos últimos, se cuenta principalmente con conocimiento acerca del ciclo de vida y su capacidad de orientación por fuentes de calor provenientes de vertebrados (Davis y Sokolov 1975, Reinouts-Van Haga y Mitchell 1975).

Los mosquitos son organismos de alto interés en el sector de salud pública, ya que son vectores de enfermedades en humanos, como es el caso del dengue, zika y chikungunya en México. Sin embargo, poco se sabe acerca de la ecología de estos animales, como su comportamiento de forrajeo, el cual se ve limitado por ser animales con ciclos de vida cortos y el éxito de obtener alimento resulta crucial para asegurar su reproducción inmediata.

Por tanto, nos interesa conocer los factores que favorecen sus patrones de forrajeo probando para probar la hipótesis de que los mosquitos evitan los colores claros para poder camuflarse con colores oscuros y así evitar la depredación. Además, si los mosquitos tienen visión térmica, probamos la

hipótesis de que se verán atraídos por individuos del sexo con mayor temperatura. De lo anterior se desprende que: (a) el número de visitas de mosquitos será mayor en personas con prendas oscuras que en claras y que (b) los individuos del sexo con mayor temperatura tendrán más visitas.

### MÉTODOS

#### Área de estudio

La Selva Lacandona se ubica al suroeste del estado de Chiapas y, en conjunto con fragmentos de selva de Guatemala y Belice, constituye una de las más grandes áreas de bosque tropical en el Neotrópico (Herrera-MacBryde & Medellín 1997). En México forma parte del remanente más extenso de selva alta perennifolia, con una extensión 1,800,000 ha. Se caracteriza por su alta diversidad de especies, albergando el 25% de la biodiversidad de nuestro país, por lo que ha sido identificada por diferentes entidades nacionales e internacionales como un área prioritaria para la conservación (Muench 1982). El sitio de estudio se ubica en los alrededores del centro ecoturístico "El Canto de la Selva", dentro del municipio de Marqués de Comillas, Chiapas.

#### Trabajo de campo

Realizamos el muestreo al interior de un fragmento de selva donde se presentaba un gran número de mosquitos. Cada uno de nosotros contabilizamos la tasa de visitas de mosquitos durante dos minutos utilizando un círculo de unicel de 14 cm

de diámetro sobre nuestras espaldas como área de muestreo. Replicamos seis veces este procedimiento; primero con ropa oscura y luego con ropa clara, alternando la posición del círculo en tres zonas diferentes de la espalda (centro de la espalda, omoplato izquierdo y omoplato derecho), para reducir un posible efecto de preferencia de los mosquitos a zonas particulares de la espalda. Adicionalmente, nos medimos la temperatura corporal con un termómetro de mercurio durante tres tiempos (al inicio, a la mitad y al final del estudio). Encontramos que los hombres presentaron una temperatura significativamente menor que las mujeres (t-Student,  $t = -3.17$ , g.l. = 10,  $p = 0.02$ ; Fig. 1).

### Análisis estadístico

Para determinar si el color de la ropa, el sexo del individuo o la interacción de ambos factores tenían efecto en la tasa de visitas de los mosquitos, usamos un modelo lineal mixto que considerara como efecto aleatorio la falta de independencia temporal en las observaciones (Crawley 2013).

**Tabla 1.** Distribución de visitas de mosquitos de acuerdo al género y color de ropa en la Selva Lacandona.

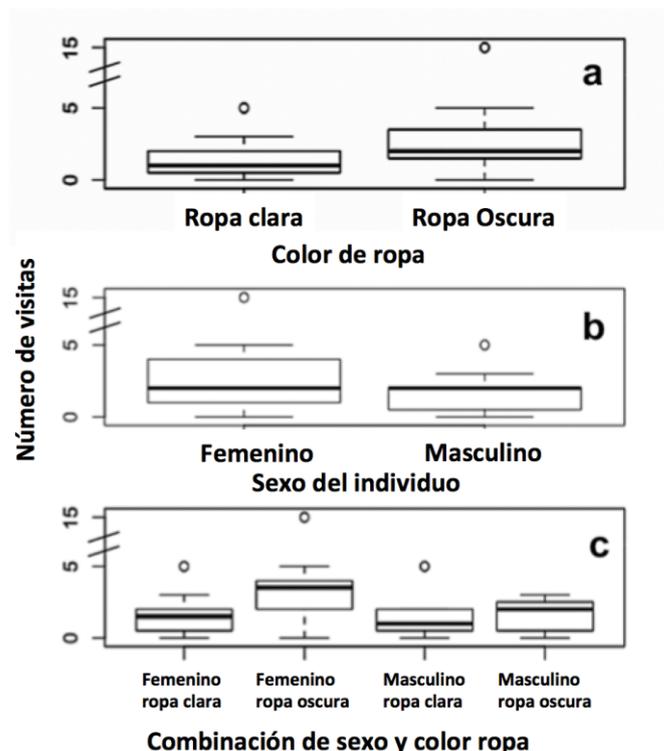
| Sexo     | Color de ropa | Número de visitas | %   |
|----------|---------------|-------------------|-----|
| Mujeres  | Obscuro       | 47                | 46  |
|          | Claro         | 19                | 18  |
| Hombres  | Obscuro       | 20                | 19  |
|          | Claro         | 17                | 17  |
| Totales: |               | 103               | 100 |

## RESULTADOS

Registramos un total de 103 visitas de mosquitos; 66 en mujeres, 37 en hombres, 67 en ropa oscura y 36 en ropa clara (Tabla 1). La frecuencia de visitas en individuos con ropa oscura fue 60% mayor que en aquellas con ropa clara, sin embargo, esta tendencia solo fue marginalmente significativa ( $F_{1,22} = 32.75$ ,  $p = 0.08$ ; Fig. 2a). La frecuencia de visitas de mosquitos en mujeres fue casi dos veces más grande en hombres que en mujeres ( $F_{1,22} = 47.61$ ,  $p = 0.04$ ; Fig. 2b). Asimismo, la sinergia de sexo y el color de ropa tienen un efecto mayor en mujeres que en hombres y explica el 30% de la variación observada, sin embargo, los resultados no son significativos ( $F_{1,22} = 21.3$ ,  $p = 0.15$ ; Fig. 2c).



**Figura 1.** Gráfico de cajas y alambres donde se compara la temperatura corporal entre sexos. La caja está construida con la mediana y el primer y tercer cuartil.



**Figura 2.** Gráfico de cajas y alambres donde se compara la tasa promedio de visitas de mosquitos en dos minutos en función de: a) el color de la ropa; b) el sexo del individuo y c) la combinación de ambos factores. La caja está construida con la mediana y el primer y tercer cuartil.

## DISCUSIÓN

Este trabajo demuestra que algunos de los principales factores que incrementan el número de visitas de mosquitos son el sexo del individuo y en menor medida el color de la ropa. El sexo del individuo puede estar relacionado con que en este estudio se observaron diferencias de temperatura entre sexos. El efecto conjunto del color de ropa y sexo en la tasa de visitas en puede estar relacionado con el efecto indirecto de la temperatura, ya que se sabe que los mosquitos poseen estructuras sensoriales para la detección de calor (Davis & Sokolov 1975, Reinouts-Van Haga & Mitchell 1975), el cual tiende a concentrarse en zonas con venas superficiales. Por lo anterior, áreas de mayor temperatura serían percibidas como zonas donde el recurso es más accesible.

Asimismo, la mayor cantidad de visitas se observó en coloraciones oscuras, principalmente en mujeres. Esto puede deberse a que estos le brindan al mosquito un área segura para posarse y forrajear reduciendo el contraste de color y con ello el riesgo de ser detectado, lo cual coincide con lo propuesto por Sinh (1980). Por otro lado, no podemos descartar el efecto de factores aleatorios relacionados al sexo (e.g. la secreción de feromonas,  $CO_2$  u otros posibles atrayentes).

Además de que los mosquitos evitaron colores de ropa clara, encontramos evidencias adicionales que apoyan la hipótesis de que el miedo de ser depredados o de ser matados por sus presas modifica sus patrones de forrajeo. Por ejemplo, observamos de manera ad libitum que la mayoría de los mosquitos evadían el área donde se colocaba el área de muestreo. Esta evasión nos sugiere que este objeto es percibido

por los mosquitos como una estructura que puede aumentar su probabilidad de muerte.

Para entender mejor qué factores influyen la conducta de forrajeo de los mosquitos, en futuros estudios es necesario evaluar sus respuestas a distintos estímulos (visuales y químicos) en ambientes controlados. El conocimiento de la estrategia de forrajeo de los mosquitos y que factores disminuyen o aumentan el número de visitas son de gran utilidad para aquellas personas que realizan actividades al aire libre ayudando a prevenir el número de picaduras, y de manera indirecta la incidencia de enfermedades. Nuestros resultados sugieren que en lugares de mayor contacto con mosquitos debe usarse ropa clara, principalmente en áreas corporales más cálidas.

## AGRADECIMIENTOS

A Odniel Pérez Marroquin por su ayuda con el registro de datos y guía en campo. Al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM por el apoyo económico para la realización del curso. A David Marroquín y todo el equipo del Canto de la Selva por el apoyo logístico.

## LITERATURA CITADA

- ABRAMS, P.A. 1992. Predators that benefit prey and prey that harm predators: unusual effects of interacting foraging adaptations. *The American Naturalist* 140:573–600.
- CRAWLEY, M.J. 2013. *The R Book*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, Inglaterra.
- DAVIS, E. E. & SOKOLOV, P. G. 1975. Temperature responses of antennal receptors of the mosquito, *Aedes Aegypti*, *Journal of Comparative Physiology* 96:223–236.
- HERRERA-MACBRYDE, O. & MEDELLIN, R.A. 1997. Lacandon rain forest region. En: *Centers of Plant Diversity*, Vol. 3, The Americas. Davis, S.D., Heywood, V. H., Herrera-MacBryde, O., Villalobos, J. & Hamilton, A.C., editores. Information Press, Oxford, Londres, pp. 125-127.
- LIMA, S. L. & BEDNEKOFF, P. A. 1999. Temporal variation in danger drives antipredator behavior: the predation risk allocation hypothesis. *The American Naturalist* 1: 649-659.
- MUENCH, P. 1982. Los sistemas de producción agrícola en la región lacandona (Estudio agronómico preliminar). Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- REINOUTS-VAN HAGA, H. A. & MITCHELL, B.K. 1975. Temperature receptors on tarsi of the tsetse fly, *Glossina morsitans* West. *Nature* 255:225–226.
- SALGADO-NEGRET, B. 2016. La ecología funcional como aproximación al estudio, manejo y conservación de la biodiversidad: protocolos y aplicaciones. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia.
- SIH, A. 1980. Optimal behavior: can foragers balance two conflicting demands? *Science* 210:1041-1043.

## Efecto de la apertura del dosel en la morfología vegetativa y floral de *Costus* sp. en la selva Lacandona

Alonso Bustamante-Zendejas, Alejandro Sánchez-Barradas, Osama bin Jaime Selfa Ratasi

**Resumen:** Al interior de bosques tropicales la escasez de luz limita el crecimiento y desarrollo de plantas. Como respuesta a dicho estrés, las plantas pueden presentar cambios morfológicos que les ayuden a optimizar la obtención del recurso (e.g. reorientación del tallo, distancia entre nudos). Si el recurso es abundante la planta destinará más recursos a reproducirse. Por el contrario, si el recurso es limitado, aumentará su capacidad de captarlo. De lo anterior se desprenden dos predicciones: a) conforme disminuya la apertura del dosel la curvatura del tronco, número de hojas por verticilo y separación entre hojas (medida como ángulo) aumentarán, y b) la producción de inflorescencias estará limitada por la apertura del dosel, aumentando en tamaño conforme aumente la apertura del dosel. Pusimos a prueba esta hipótesis midiendo curvatura del tallo, número de hojas por verticilo, separación entre hojas, y presencia y longitud de inflorescencias en 20 individuos de *Costus* sp. Encontramos que en áreas con menor apertura de dosel los individuos de *Costus* sp. tienden a separar más las hojas y curvar el tallo. Asimismo, el número de hojas por verticilo aumentó significativamente con el aumento en la apertura de dosel. La abundancia de inflorescencias fue independiente de la apertura del dosel, pero a mayor apertura, estas fueron significativamente más grandes. Nuestros resultados sugieren que la apertura del dosel es un factor estresante que obliga a *Costus* a aumentar su tejido fotosintético así como a alterar su morfología para optimizar recursos. Contrario a lo esperado, la planta produce estructuras reproductivas en condiciones estresantes, pero estas fueron de menor tamaño.

## Hipótesis de la moderación del paisaje en los patrones de diversidad: las epífilas como modelo

Diana Cárdenas-Ramos, Maria Noel Hirschfeld, Alejandro Marín

**Resumen:** Entender cómo la composición del paisaje modera la diversidad de especies es crítico para comprender la estructura y dinámica de comunidades en múltiples escalas. Sin embargo, existen pocas evidencias acerca de cómo el paisaje modifica los patrones locales de diversidad. En este trabajo evaluamos cómo la heterogeneidad del paisaje modifica la diversidad de epífilas en un fragmento de bosque tropical. Nuestra hipótesis es que la diversidad gamma modera la diversidad local y que la disimilitud entre las comunidades locales modera la diversidad gamma. Establecimos diez parcelas de 4 m<sup>2</sup> y las consideramos unidades de paisaje. Consideramos la riqueza de forófitos ocupados en cada parcela como medida de heterogeneidad de los paisajes y cada hoja ocupada como parche de hábitat. Estimamos la diversidad alfa promedio por parche, y la diversidad beta y gama de epífilas en cada paisaje. La diversidad gama varió entre 6 y 14 morphoespecies de epífilas y la diversidad alfa promedio por parche varió entre 3 y 7 morphoespecies. No encontramos relación entre la diversidad alfa promedio de cada paisaje y la diversidad gama, ni entre la diversidad beta y la heterogeneidad del paisaje. Los resultados sugieren que la heterogeneidad del paisaje no modera la diversidad alfa local de epífilas. Consideramos que otras características del paisaje como el microclima y sustrato, pueden explicar de forma más adecuada la heterogeneidad y su relación con los patrones de diversidad de las epífilas. Finalmente, atributos del paisaje como cantidad de hábitat pueden ser explorados para comprender la ausencia de correlación entre la diversidad alfa y gama encontradas.

## Efecto del tamaño de fragmento sobre la herbivoría en un bosque tropical

Isabel Briseño-Sánchez, Mariana Hernández-Leal, Ileana Reyes-Ronquillo, Adriana Rivera-Huerta

**Resumen:** La fragmentación y pérdida de hábitat generan cambios en las condiciones de los remanentes de bosque (e.g. incremento en la incidencia de luz, desecación y aislamiento del hábitat), que pueden favorecer el establecimiento de plantas pioneras. Estas especies se caracterizan por tener rápido crecimiento y dominar ambientes perturbados. Además, suelen invertir menos energía y recursos en defensas físicas y químicas, lo que puede beneficiar la comunidad de insectos herbívoros por el aumento de la disponibilidad de alimento. En este trabajo pusimos a prueba la hipótesis de que la herbivoría se favorece en los sitios más perturbados, probando si el porcentaje de área foliar consumida es mayor en un fragmento pequeño (2 ha) que en un fragmento grande (130 ha). En cada fragmento muestreamos cinco transectos de cinco metros, y colectamos 50 hojas al azar para calcular la proporción promedio de área de hojas comida por transecto. Al contrario de lo esperado, no encontramos cambios en el porcentaje de herbivoría entre fragmentos, lo que sugiere que la composición de plantas hospederas puede ser homogénea en ambos sitios. Concluimos que la herbivoría en remanentes de bosques tropicales no está relacionada con el tamaño del fragmento, al menos en paisajes tropicales recientemente fragmentados como el paisaje de estudio en la selva Lacandona, Chiapas, México.

---

## Efecto de la matriz en la diversidad de hongos en un fragmento de bosque tropical húmedo

---

Mitzi A. Fonseca-Romero, Linda M. Martínez-Ramos, Rodrigo Muñoz, Claudia Pineda-Romero

**Resumen:** La deforestación del bosque tropical crea fragmentos sujetos al efecto de borde, cuyo impacto puede variar en magnitud según el tipo de matriz circundante. Poco se sabe del efecto de las matrices agrícolas con distinto manejo sobre grupos susceptibles como los hongos. Es razonable esperar que la comunidad de hongos de los fragmentos responda de manera más intensa a tipos de matriz más contrastantes. Para probar esta idea, comparamos la composición de hongos en bordes de fragmento sujetos a diferentes tipos de matriz que representan un gradiente decreciente de contraste: cultivo con abandono de dos años, palma y maíz. Establecimos tres parcelas de 3 x 3 m en cada borde y registramos la riqueza de hongos mediante la presencia de cuerpos fructíferos. Registramos un total de 37 morfotipos en los tres ambientes pero la riqueza promedio ( $\pm$  desviación estándar) no varió entre tratamientos, siendo  $8.3 \pm 1.6$  especies en el cultivo abandonado,  $8.7 \pm 2.1$  en el palmar y  $11.0 \pm 1.0$  en el maizal. Sin embargo, observamos cambios importantes en la composición de la comunidad de hongos entre el borde con palmar y maizal. Estas diferencias pueden atribuirse a variaciones en las propiedades físico-químicas del suelo (principalmente nutrientes y humedad) hacia el interior del fragmento, que pueden ser un reflejo del manejo agrícola de la matriz. Concluimos que, para este sistema de estudio, el manejo de la matriz puede crear condiciones distintas para el ensamblaje de comunidades de hongos, afectando su composición y su papel en los servicios ecológicos que proveen.

---

## La heterogeneidad ambiental en el mantillo incrementa la diversidad de la macrofauna del suelo en un bosque tropical perennifolio

---

Gerardo Luis Cervantes Jiménez, Jesús Ortega Esquinca, Sally S. Paredes García

**Resumen:** La heterogeneidad ambiental promueve la diversidad biológica en los bosques tropicales. El mantillo formado por diferentes especies puede representar esa heterogeneidad ambiental e influir en la composición de la macrofauna del suelo. El mantillo debajo de árboles que fructifican masivamente, como *Brosimum alicastrum*, tiene más nutrientes debido a la descomposición de sus frutos. Puede albergar más diversidad de macrofauna en comparación con otros mantillos formados sólo por hojas como el de la palma *Bactris* sp. Para evaluar las diferencias en la comunidad de la macrofauna colectamos 10 muestras de cada tipo de mantillo (*B. alicastrum* y *Bactris* sp.). En total, encontramos 181 individuos repartidos en 39 morfotipos de distintos grupos (moluscos, artrópodos, anélidos, nemátodos). Los moluscos dominaron en el mantillo de *Bactris* y los artrópodos en el de *Brosimum*, sugiriendo que distintos tipos de mantillo promueven la diversidad de la macrofauna en bosques tropicales. Por lo tanto, la diversidad de plantas en estos bosques genera heterogeneidad ambiental y mantiene la diversidad de su macrofauna del suelo. Conservar la diversidad de los árboles promueve una mayor diversidad en la macrofauna del suelo, componente poco conocido que desempeña funciones muy importantes en el ciclo de nutrientes de los bosques tropicales.

---

## La agregación de plántulas como mecanismo de defensa contra la herbivoría

---

Isabel Briseño, Alejandro Marín, Claudia Pineda

**Resumen:** Entender los mecanismos que determinan la supervivencia de plántulas es importante para explicar los patrones de distribución de árboles adultos. En animales se ha observado que estar agregado reduce el riesgo de depredación (efecto dilución). Esta estrategia también podría ser considerada en plántulas para reducir la intensidad del daño por herbivoría a nivel poblacional. En este trabajo evaluamos si el patrón de distribución agregado está positivamente asociado con una disminución en la herbivoría. Registramos plántulas de *Brosimum alicastrum* en 8 cuadros de 2 x 2 m en la selva Lacandona, México. Nuestros resultados muestran que a mayor agregación de las plántulas, el porcentaje de herbivoría disminuye, corroborando el efecto de dilución. Concluimos que la distribución agregada también puede ser considerada como un mecanismo de defensa en las plantas.

---

---

## Si me la como me ahogo: protección de óvulos por parte del líquido bracteal de *Heliconia*

---

Alonso Bustamante, Diana Cárdenas-Ramos, Mitzi Fonseca Romero, Sally S. Paredes García

**Resumen:** Existen diferentes mecanismos de defensa contra la herbivoría. La producción de líquido bracteal en especies del género *Heliconia* es un buen ejemplo. Se ha hipotetizado que su función es evitar la depredación de óvulos en las inflorescencias y aumentar así el éxito en la fecundación. Para probar esta hipótesis, evaluamos si el volumen de líquido bracteal aumenta la cantidad de óvulos viables. Colectamos tres brácteas por inflorescencia en 4 individuos de *Heliconia* sp. Medimos el volumen del líquido bracteal y contamos los óvulos viables de cada una. En promedio, encontramos cuatro óvulos viables y secreción de ocho mililitros de líquido por bráctea. Nuestros resultados sugieren que el aumento en el volumen de líquido bracteal incrementa la proporción de óvulos viables, apoyando la hipótesis de que dicho líquido actúa como una barrera física impidiendo el paso de depredadores y patógenos.

---

## ¿La prefieren colgada o erecta? La accesibilidad del recurso no afecta la preferencia del polinizador

---

Gerardo Luis Cervantes-Jiménez, Mariana Hernández-Leal, Linda M. Martínez-Ramos, Jaime S. Ratasi

**Resumen:** El forrajeo óptimo consiste en obtener la mayor cantidad de alimento con el mínimo esfuerzo invertido. Desde esta perspectiva, los polinizadores preferirán plantas con despliegues florales grandes y también con recursos más accesibles. Esperamos que los colibríes visiten con mayor frecuencia las inflorescencias colgadas y aquellas plantas con mayor número de inflorescencias. Registramos el número de visitas de los colibríes en dos especies de *Heliconia* con posiciones florales distintas (erectas y colgadas). No encontramos una preferencia de colibríes entre los dos tipos de inflorescencias pero sí encontramos un mayor número de visitas en plantas con mayor número de inflorescencias. Probablemente, el gasto energético para acceder al recurso en ambas inflorescencias sea similar, lo que conlleva a que sólo se guíen por la cantidad de alimento disponible. Concluimos que para maximizar la obtención de recursos, los colibríes prefieren forrajear en lugares con mayor cantidad de inflorescencias sin importar su disposición.

---

## Ramón y sus Monchitos: el efecto de la planta madre en el establecimiento de las plántulas

---

Rodrigo Muñoz, Jesús Ortega, Ileana Reyes

**Resumen:** La alta diversidad y heterogeneidad de los bosques tropicales ha motivado diversas teorías para explicar este fenómeno. El modelo de Janzen & Connell propone que el establecimiento de plántulas es menor cerca de la planta madre, ya que la acumulación de semillas y plántulas atrae depredadores y patógenos que limitan el reclutamiento. Evaluamos este modelo de denso-dependencia en *Brosimum alicastrum* en la selva Lacandona, México. Calculamos la densidad de reclutas de diferentes estados ontogenéticos (i.e. plántulas, juveniles y adultas) a 5, 10 y 20 m de distancia del parental. Encontramos que a mayor distancia al parental el tamaño de las reclutas aumenta, pero no su densidad. Sin embargo, la abundancia de juveniles y adultos fue proporcional a la distancia al parental, sugiriendo que hay mayor efecto de la denso-dependencia en estos estados ontogenéticos. Lo anterior apoya la teoría de denso-dependencia como principal factor que limita el establecimiento de las plantas.

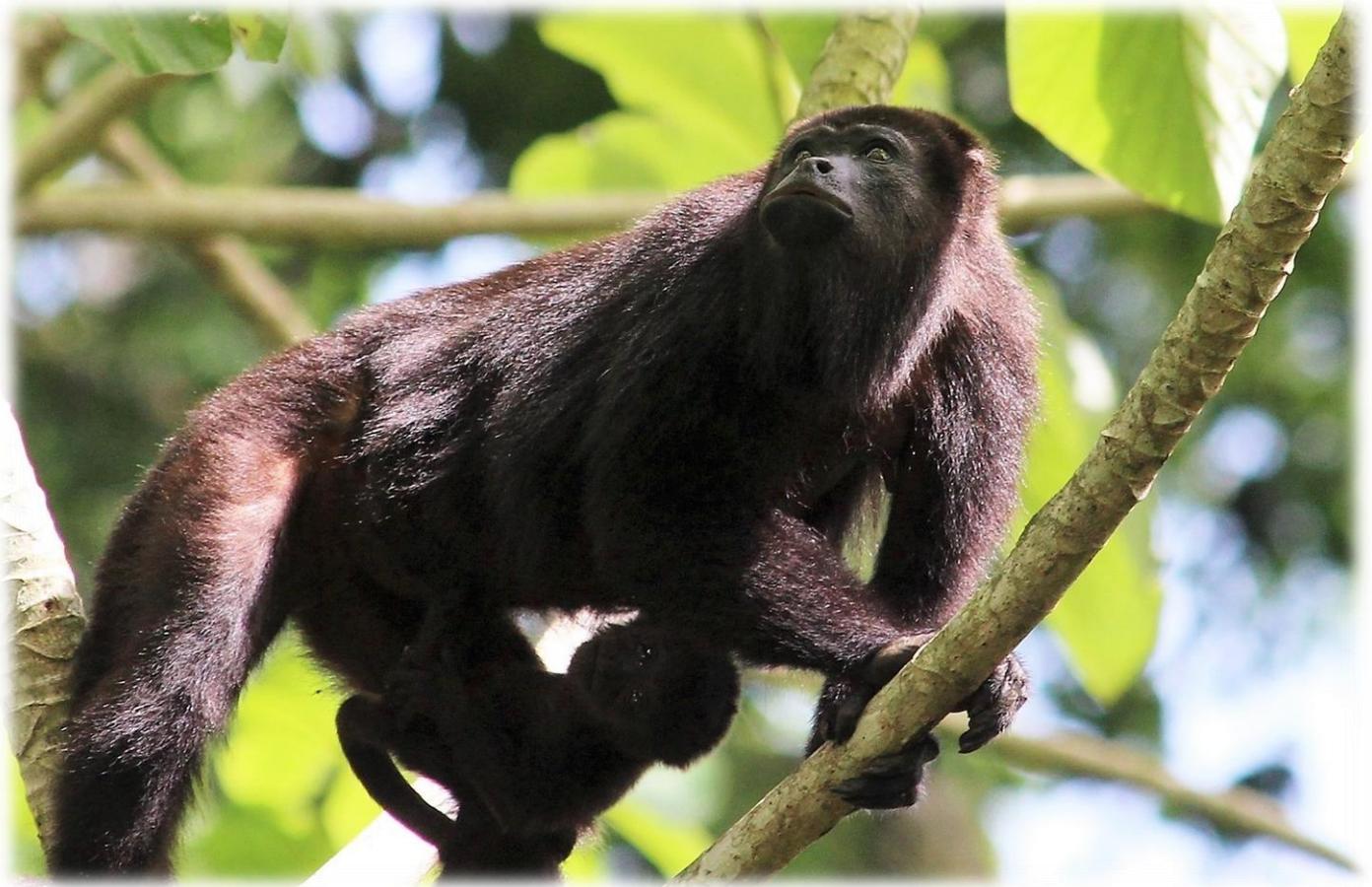
---

## Efecto de la cantidad de hábitat sobre la cobertura de *Raspatroncus* sp.

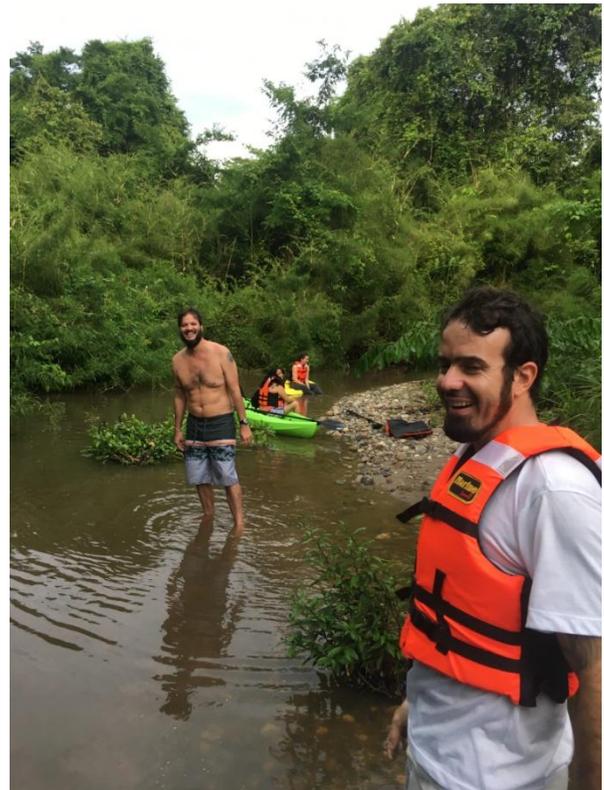
---

María Noel Hirschfeld, Alejandro Sánchez-Barradas, Adriana Rivera-Huerta

**Resumen:** El estudio de la diversidad en paisajes modificados es fundamental para entender los efectos de la fragmentación. En ese escenario, el parche de hábitat se ha asumido como unidad de respuesta ecológica y su tamaño y grado de aislamiento como variables explicativas. Sin embargo, la hipótesis de la cantidad de hábitat propone que la cantidad de hábitat del paisaje es más importante en describir los patrones de diversidad. Pusimos esto a prueba usando como modelo *Raspatroncus* sp., esperando que conforme aumente la cantidad de hábitat aumente la cobertura del líquen independientemente del tamaño del parche muestreado. Establecimos 11 parcelas de 3 m de radio (unidades de paisaje). Cada tronco con presencia del líquen fue considerado parche. Fue medida el área total de los árboles como cantidad de hábitat y el porcentaje de cobertura del líquen de un árbol por paisaje. No encontramos relación entre cobertura del líquen y cantidad de hábitat. Nuestros resultados no sustentan la hipótesis de la cantidad de hábitat, sin embargo resaltamos la importancia de definir correctamente el hábitat y la escala de paisaje.

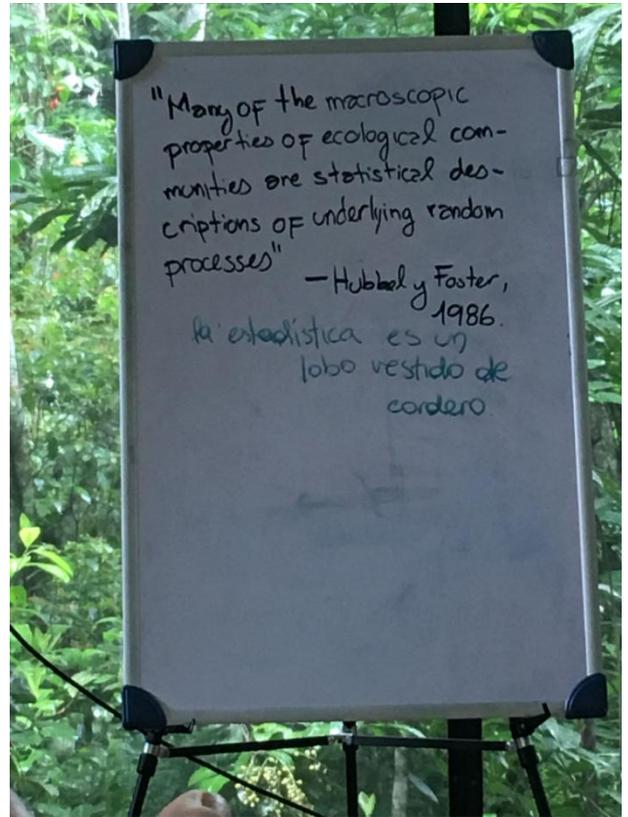
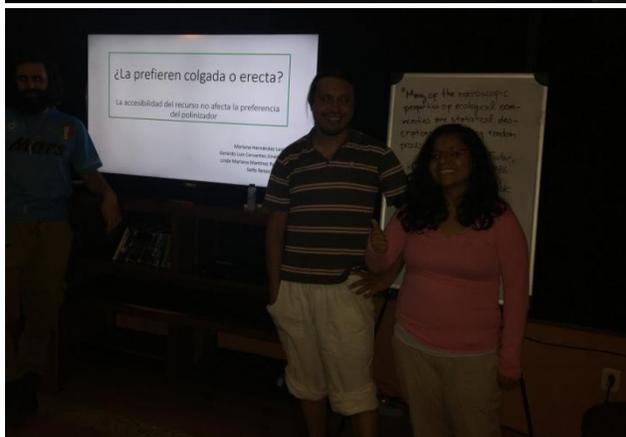
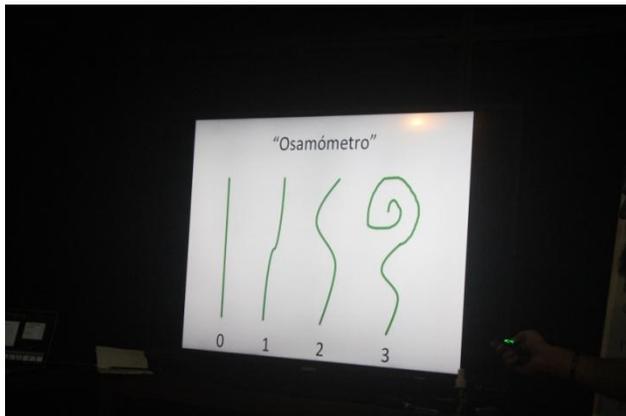


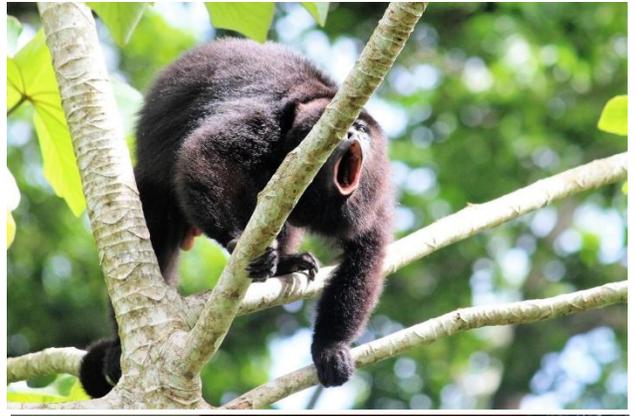














El contenido de cada artículo es responsabilidad de los autores, ya que no siempre refleja la opinión de todos los profesores y estudiantes del curso. El contenido de esta revista puede reproducirse siempre que se citen la fuente y el autor.

**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 (Satita-Bombon, Chubi, Katarrito y Fern-ant-da). Como siempre, les agradezco de todo corazón todo su esfuerzo y sabiduría .... ¡ Son lo máximo ☺ !

A todos los estudiantes del curso ... Elefantito, Osama bin Jaime (el terrorista del amor), Alonsofito, Lindaopuntia, Saidera, El mamey, Sandra, La Sin Apodo, La Ecológa, Peyota, Florívora, Poshamama, Michelada, Marihuana, Cacahual, Maullador, y Coletto!! Espero que hayan disfrutado y que sigan estudiando y conservando los bosques tropicales!

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