

Las flores acústicas de plantas polinizadas por murciélagos

KAERI YUKEI JIMÉNEZ DOMÍNGUEZ

Herbario CICY, Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY). Calle 43, No. 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.

kaeri_yu@hotmail.com

Las flores de muchas especies de plantas son visitadas y polinizadas por murciélagos que se alimentan de néctar. Para encontrar nuevas flores, los murciélagos se guían por su sofisticado sistema de ecolocación y su sentido del olfato. Existen excepcionales casos de plantas que han evolucionado flores con pétalos u hojas modificadas, las cuales reflejan intensamente los ultrasonidos emitidos por los murciélagos para facilitar su detección.

Palabras clave: Acústica, ecolocalización, ecología, murciélagos, polinización.

Las plantas presentan distintivas fragancias y llamativos colores florales, que funcionan como atrayentes a sus polinizadores, como las abejas, aves y mariposas (Spaethe *et al.*, 2001). Es menos conocido el hecho de que las plantas también presentan estructuras especializadas que atraen a otro importante grupo de polinizadores, que para orientarse y forrajear en busca de flores, utilizan principalmente la ecolocación: los murciélagos.

Los murciélagos utilizan la ecolocación, produciendo con su lengua de manera rítmica, chasquidos agudos (ultrasonidos) durante su vuelo (Yovel *et al.*, 2011). Cuando el sonido incide en un objeto sólido, se forma un eco, el cual es reflejado o dispersado en diferentes direcciones dependiendo del tamaño y la geometría del objeto (fenómeno conocido como reflexión). El eco que retorna del objeto, transmite información al murciélago referente a las características físicas (tamaño, forma, textura, ángulo, profundidad, distancia, etc.), que le confieren una distintiva y única “firma acústica”. La clasificación de los ecos es esencial para la vida diaria de los murciélagos, por ejemplo, les

permite usar las firmas acústicas para la navegación y reconocer fuentes de alimento de otros objetos (Yovel *et al.*, 2011).

Se han registrado, en diferentes especies de plantas, estructuras florales y vegetativas reflectoras de ultrasonido. Estas sofisticadas señales acústicas han evolucionado para diferentes propósitos, dos de los cuales se expondrán a continuación:

***Marcgravia evenia* Krug & Urb.** (Marcgraviaceae)

La planta trepadora que crece en las selvas de Cuba, *Marcgravia evenia* es una especie rara, con una distribución irregular debido a su baja abundancia, por lo que atraer a los murciélagos polinizadores desde largas distancias es crucial para su reproducción. Las especies de la familia Marcgraviaceae presentan polinización zoógama (por colibríes, murciélagos y mamíferos trepadores), la mayoría de las especies despliegan adaptaciones a la quiropterofilia (polinización por murciélagos) o pueden reproducirse por autogamia (la flor se autopoliniza con su propio polen) (Dressler, 2000). En esta especie a

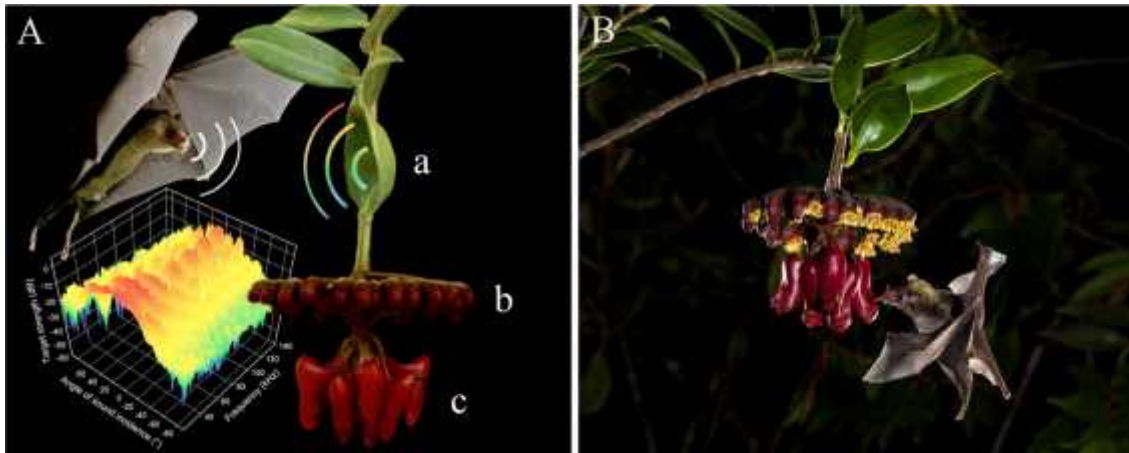


Figura 1A. Inflorescencia de *Marcgravia evenia*. a) Hoja ecoacústica. b) Racimo umbeliforme de flores. c) Nectarios en forma de copa. **B.** Murciélago alimentándose de los nectarios y polinizando las flores de *M. evenia*. (Fotografías: **A.** Ralph Simon. **B.** Merlin D. Tuttle).

diferencia de otras, las inflorescencias no cuelgan en largos pedúnculos y necesitan sobresalir de algún modo de la densa vegetación que las rodea. Esto es logrado por la hoja altamente ecoreflectiva asociada a las flores, que ayuda a los murciélagos a encontrar eficientemente las flores (Figura 1A) (Dressler, 2000; Schöner *et al.*, 2015). Esta hoja especializada difiere de las otras hojas del follaje en la forma y en particular, en la profundidad (Simon *et al.*, 2011).

Ralph Simon y colaboradores (2011) analizaron las propiedades de reflexión acústica mediante la simulación de un sonar en forma de una cabeza de murciélago, tanto de la hoja cóncava como de la hoja del follaje, con fines comparativos. Para este experimento se fabricó una cabeza de murciélago robótica, en la cual se montó un pequeño altavoz ultrasónico y dos receptores. A través de la nariz, disparó una serie de ultrasonidos en dirección a cada una de las hojas y se grabaron los ecos resultantes en las orejas electrónicas del robot.

A raíz del experimento, se demostró que una hoja normal, plana, solo refleja el sonido una vez, cuando éste rebota sobre ella, pero la que tiene forma cóncava actúa como un faro de propagación de ecos

“ideal” que devuelve los ecos de manera potente, múltiples veces y con signos acústicos fácilmente reconocibles e invariables, y así los murciélagos ecolocalizadores detectan las flores.

Posteriormente, registraron el tiempo que los murciélagos tardan en buscar una fuente de alimento escondida dentro de un follaje artificial, presentándola sola, con una hoja del follaje o con la hoja en forma cóncava, resultando una búsqueda por la mitad del tiempo cuando los alimentadores estaban acompañados de la hoja acústica especializada de *M. evenia*, que cuando estaba sin ella.

Esta hoja acústica tiene beneficios para plantas y murciélagos. Por un lado, aumenta la eficacia de la búsqueda de alimento de los murciélagos que se alimentan de néctar, y visitan numerosas flores cada noche para satisfacer sus necesidades energéticas. Por otro lado, los murciélagos al ser polinizadores con gran movilidad, pueden transportar polen a especímenes que están muy apartados, lo cual resulta muy beneficioso para *M. evenia*. (Figura 1B) (Fleming *et al.*, 2009; Simon *et al.*, 2011), promoviendo el flujo genético.

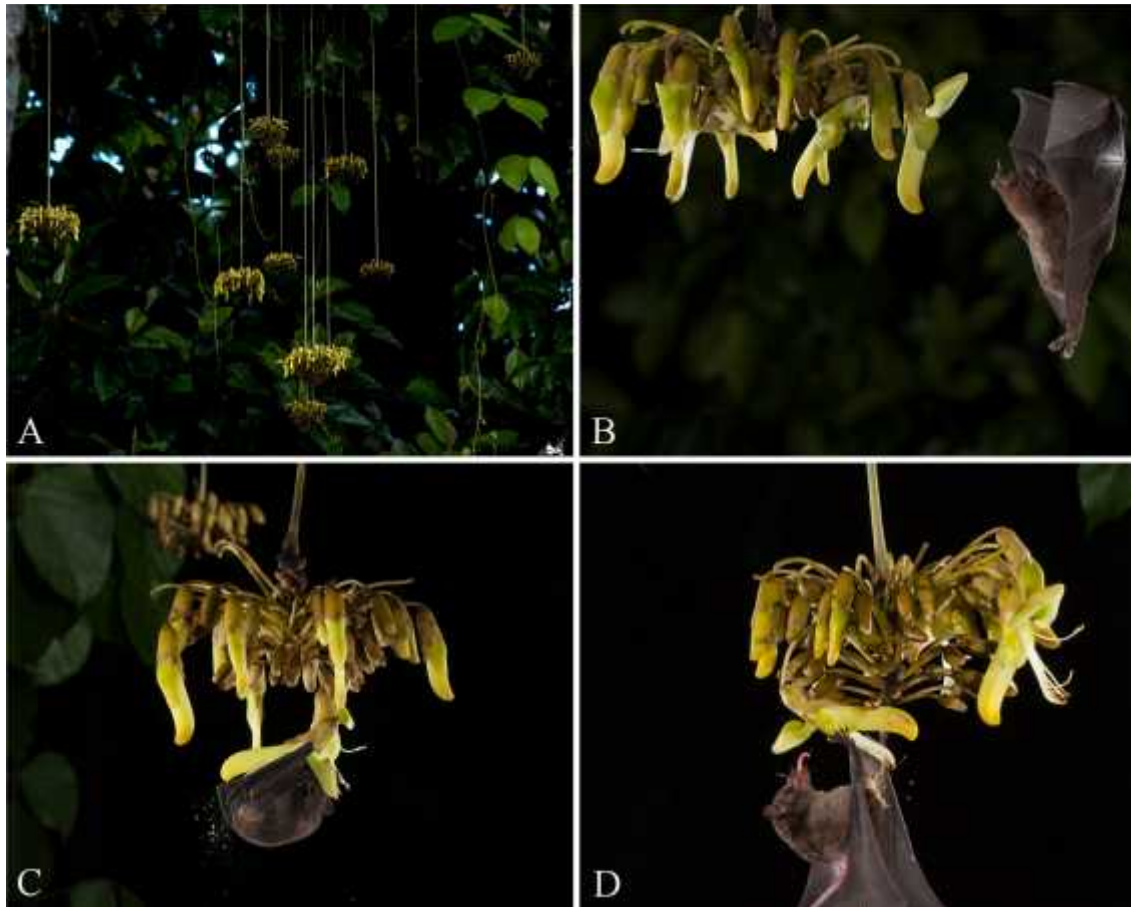


Figura 2A. Pedúnculos largos de *Mucuna holtonii*, con inflorescencias al extremo. **B.** Murciélago inspeccionando a una flor madura de *M. holtonii*, con el pétalo ecoreflectivo en posición vertical. **C.** Murciélago presionando su hocico entre los pétalos laterales para acceder al néctar. **D.** El peso corporal del murciélago desata un mecanismo explosivo de abertura y liberación de los órganos reproductores de la flor, lanzando el polen sobre su cuerpo. (Fotografías: **A-D.** Merlin D. Tuttle).

***Mucuna holtonii* (Kuntze) Moldenke**
(Fabaceae)

Otra planta trepadora que presenta una adaptación ecoacústica para los murciélagos es *Mucuna holtonii*. A diferencia de *Marcgravia evenia*, las inflorescencias de *M. holtonii* son más fáciles de detectar en la vegetación, ya que penden de largos pedúnculos quedando expuestas y accesibles para los murciélagos (Figura 2A) (von Helversen y von Helversen, 1999). Antes del evento de polinización, el pétalo superior especializado que cierra la flor (denominado estandarte), se abre poco a poco en posición vertical y queda erguido a modo de faro. Debajo, los dos pétalos laterales se abren como unas alas, dejando accesible el interior de la flor. De esta

abertura emana un ligero olor a ajo, una señal a larga distancia que atrae a los murciélagos (Figura 2B).

Sin embargo, las flores son difíciles de explotar pues el néctar está escondido y solo se puede acceder a él cuando los murciélagos aterrizan en las flores y presionan sus hocicos entre los dos pétalos laterales (Figura 2C). La presión ejercida por el peso corporal sobre los pétalos laterales y la quilla (se denomina así a los dos pétalos inferiores soldados), activa el mecanismo de liberación de polen sobre el cuerpo del murciélago (Figura 2D) (von Helversen y von Helversen, 2003).

Para coordinar este complejo comportamiento, los murciélagos confían en las propiedades de guía del pétalo ecoreflec-



tor de la flor, el cual recibe los ultrasonidos del murciélago y rebota una señal local. La disposición del pétalo modificado de *M. holtonii* depende de si la flor ha sido visitada para alimentarse o no; los murciélagos buscan preferentemente flores que no han sido explotadas, ricas en néctar, mientras viajan entre las flores. Después de que una flor ha sido visitada, los pétalos toman una diferente disposición, alterando la señal acústica que el murciélago recibe y así, dejándole saber que el néctar de esa flor ha sido consumido.

Los hermanos von Helversen (1999) comprobaron que al remover tal pétalo o modificar su eco, provocaba que la respectiva flor fuera menos visitada que las flores sin modificación en la misma inflorescencia, lo cual demostró que los especializados pétalos de *M. holtonii* son guías acústicas de para que los murciélagos consigan el néctar. Sin embargo, esta estructura no tiene el alcance de las hojas reflectantes de *M. evenia*, ninguno de estos estudios mostró que los ecos florales pudieran atraer a los murciélagos a larga distancia y ayudarlos a encontrar las flores más rápido o, en particular, que estas señales pudieran servir como un faro que destaca entre los ecos de la densa vegetación, más bien actúan como una señal local que indica si la flor está intacta o ya fue visitada previamente.

Como complemento a la capacidad de los murciélagos de “ver” a través del sonido, las plantas han adaptado sus flores para ser “oídas”. Ambas especies aquí mencionadas, despliegan extraordinarias adaptaciones para atraer a los murciélagos, cada una con su propio propósito. La habilidad de *M. evenia* para reflejar una poderosa señal a través de la selva no ha sido descubierta en ninguna otra planta, y el estupendo truco desarrollado por *M. holtonii* para señalar cual flor necesita ser polinizada, y así proporcionar alimento al

murciélago, es una adaptación totalmente diferente que permite a la planta cooperar con el murciélago usando señales acústicas.

Referencias

- Dressler S. 2000.** A new species of *Marcgravia* (Marcgraviaceae) from Amazonia with some notes on the Galeatae Group including a key. *Willdenowia* 30(2): 369-374.
- Fleming T.H., Geiselman C. y Kress W.J. 2009.** The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104: 1017-1043.
- von Helversen D. y von Helversen O. 1999.** Acoustic guide in bat-pollinated flower. *Nature* 398:759–760.
- von Helversen D. y von Helversen O. 2003.** Object recognition by echolocation: a nectar-feeding bat exploiting the flowers of a rain forest vine. *Journal Comparative Physiology A* 189: 327-336.
- Schöner M.G., Schöner C.R., Simon R., Grafe T.U., Puechmaille S.J., Ji L.L. y Kerth G. 2015.** Bats are acoustically attracted to mutualistic carnivorous plants. *Current Biology* 25(14): 1911-1916.
- Simon R., Holderied M.W., Koch C.U. y von Helversen O. 2011.** Floral acoustics: conspicuous echoes of a dish-shaped leaf attract bat pollinators. *Science*, 333(6042): 631-633.
- Spaethe J., Tautz J. y Chittka L. 2001.** Visual constraints in foraging bumblebees: Flower size and color affect search time and flight behavior. *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 98(7): 3898-3903.
- Yovel Y., Franz M.O., Stilz P., Schnitzler H.U. 2011.** Complex echo classification by echo-locating bats: a review. *Journal Comparative Physiology* 197: 475-490.

Desde el Herbario CICY, 8: 151–155 (06-Octubre-2016), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 232, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editor responsable: Ivón Mercedes Ramírez Morillo. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97200, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 06 de octubre de 2016. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.