

ELIXIR URBANO PARA MURCIÉLAGOS: SEÑALIZACIÓN OLFATIVA DE CEIBA

Henry F. Dzul-Cauich

Laboratorio de Ecología Terrestre, Departamento de Ecología Humana, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional, Unidad Mérida. Mérida, Yucatán, México. henry.dzul@investav.mx

Los murciélagos utilizan diversas estrategias para localizar su alimento, y por su parte las plantas utilizan mecanismos para persuadir a sus potenciales polinizadores, durante esta interacción brindan servicios ambientales para la sociedad.

Los murciélagos son unos polinizadores eficaces debido a su capacidad para transportar el polen de las plantas a grandes distancias, lo que permite la fertilización de las flores. Estos mamíferos desempeñan un papel crucial en el funcionamiento de los ecosistemas naturales y agrícolas. En México, son fundamentales para la producción de vainilla, agaves, pitayas y jícaros, entre otros productos.

En el Pacífico y sureste mexicano existe un impresionante acontecimiento nocturno en el que los murciélagos visitan las flores del árbol sagrado de los mayas, la *Ceiba pentandra*. Específicamente, para los mexicanos que viven en el sur del país, resulta imposible no notar la presencia imponente de este árbol majestuoso, con sus amplias ramas, que se encuentra en potreros, selvas, pueblos e incluso en las grandes ciudades. La ceiba (*C. pentandra*) es un árbol destacado perteneciente a la Familia Malvaceae (subfamilia Bombacoideae), y es probablemente la especie más reconocida del género *Ceiba*, desempeñando un papel cultural significativo en el Neotrópico.

Entre las características biológicas más representativas del pochote están su floración masiva con flores que abren de noche (antesis nocturna), y su dependencia de murciélagos para su reproducción. Los árboles de ceiba se encuentran fuera del listado de especies amenazadas, ya que su explotación como madera es limitada dada su baja densidad (0.23 g/cm^3). Sin embargo, el papel que tiene en el ecosistema donde está presente es vital. En el Trópico, reduce la erosión del suelo, en las ciudades disminuyen las islas de calor, pero principalmente proporcionan un recurso alimenticio y refugio a la fauna presente (fauna sinantrópica).



Murciélago frugívoro gigante (*Artibeus lituratus*; Familia Phyllostomidae), forrajeando inflorescencias de ceiba (*Ceiba pentandra*) en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

Durante cuatro años hemos realizado investigaciones para conocer el efecto de la urbanización en los murciélagos que visitan las flores de *C. pentandra*. Hemos destacado el efecto de la contaminación lumínica y acústica en los murciélagos, específicamente en la duración de visitas que estos realizan. Sin embargo, durante todo este tiempo han surgido incógnitas, que nos han encaminado a desarrollar estudios sobre la importancia que tienen los murciélagos en los diferentes componentes de la polinización de ceiba.

Dado el alto contenido de néctar en sus flores (hasta 200 litros por temporada), *C. pentandra* es un recurso alimenticio invaluable para muchas especies como insectos, aves, y mamíferos. En la península de Yucatán, en México, los árboles de ceiba son descritos como autoincompatibles (incapacidad de una planta para fertilizarse a sí misma), en regiones asiáticas y africanas ha sido descrita como autocompatible, y en Panamá se ha descrito con reproducción mixta (puede presentar ambos mecanismos reproductivos). La autoincompatibilidad de *C. pentandra* en la región, está directamente relacionada a la dependencia de los murciélagos para su reproducción.

Se sabe que la identidad y comportamiento de forrajeo de los polinizadores son factores que determinan el éxito reproductivo de las plantas. Para *C. pentandra*, el síndrome de quiropterofilia se ha descrito previamente, es decir, las flores presentan atributos para atraer murciélagos. Las plantas quiropterófilas tienen fenotipos florales especializados para atraer a los murciélagos como antesis nocturna, flores grandes, alta producción de néctar, olores fuertes y colores claros para reflexión de la luz. Las flores de *C. pentandra* son de color rosa y blanco, brillantes, con los órganos reproductivos expuestos, brindando un escenario exitoso para la fecundación de los óvulos de las ceibas. En el Viejo Mundo se ha descrito la polinización de *C. pentandra* por mega-murciélagos (pteropódidos), especialmente del género *Cynopterus* y *Pteropus*. En América, se ha documentado que el néctar de ceiba es un recurso alimenticio importante para murciélagos de los géneros *Artibeus*, *Glossophaga*, *Carollia* y *Sturnira*.

Estudiando el sistema reproductivo de *C. pentandra*, hemos encontrado una alta visita de los murciélagos fruteros (*Artibeus jamaicensis*) y murciélagos fruteros gigantes (*A. lituratus*), especies descritas como frugívoros especialistas. Sin embargo, se ha documentado el aprovechamiento oportunista de néctar y polen en época de floración de *C. pentandra* por los *Artibeus*. Pudiéramos pensar que la polinización de ceiba estaría monopolizada por especies nectarívoras estrictas como las del género *Glossophaga*. Sin embargo, durante las observaciones en campo nos hemos percatado que la presencia de los *Artibeus* limita la visita de los *Glossophaga*, y los árboles visitados por *Glossophaga* no presentaban visitas de *Artibeus*, en este sentido, la presencia de *Artibeus* pudiera estar desplazando a los *Glossophaga* de sus puntos de alimentación, considerando que se ha descrito la dominancia que ejercen los *Artibeus* limitando el comportamiento de forrajeo de otras especies de murciélagos de menor tamaño.



Murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*; Familia Phyllostomidae), "posado" alimentándose del néctar de las flores de ceiba (*Ceiba pentandra*) en la ciudad de Cancún, Quintana Roo. Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

Sin embargo, hay una pregunta que seguimos explorando sobre la interacción ecológica con los murciélagos: ¿qué determina las visitas de murciélagos a las flores de *C. pentandra*? En las últimas décadas, ha habido un notable aumento en el conocimiento acerca de los síndromes de polinización en flores que son visitadas por murciélagos. Se ha observado que las señales visuales, olfativas y las recompensas juegan un papel crucial en atraer a estos mamíferos al néctar de las flores. Sin embargo, factores como el tamaño, la forma y la duración de la flor, así como su ubicación en la planta y el momento de la antesis, son determinantes para que un murciélago pueda acceder a ella y contribuir al éxito en la reproducción.

La apertura de los botones florales al atardecer o por la noche, mejor conocido como "antesis nocturna", es una característica importante de las flores quiropterofílicas. Las flores de muchas plantas polinizadas por murciélagos se abren temprano en la noche y son viables solo por una noche. Pero sin duda alguna, las señales visuales son los rasgos más estudiados. Los colores de las flores visitadas por murciélagos varían desde el blanco, rosa, verde y el amarillo. Sin embargo, las flores blancas destacan dado su contraste en el fondo oscuro, lo que facilita la ubicación en el cielo nocturno.

Por otro lado, las recompensas florales son posiblemente lo determinante en la polinización, las flores son visitadas por su néctar, y opcionalmente por su polen. Las flores visitadas por murciélagos se caracterizan por su alta producción de néctar a comparación de otros síndromes florales. Por ejemplo, para *C. pentandra* hemos registrado una producción de néctar que va de los 20 μ L hasta 80 μ L por flor por noche. Así mismo, el azúcar contenido en el néctar parece ser un elixir para los murciélagos. Además de los azúcares contenidos en el néctar, las proteínas y aminoácidos influyen en el comportamiento de forrajeo de los murciélagos. En el néctar de las flores quiropterofílicas se puede encontrar principalmente tres tipos de azúcares diluidos: glucosa, fructosa y sacarosa. En *C. pentandra* se ha determinado que la concentración de azúcares en el néctar es de un 48 % de fructuosa, 28 % de sacarosa y 23 % glucosa. Dichos azúcares se digieren y/o absorben rápidamente, por lo que son apropiados para alimentar costosos modos de locomoción como el vuelo estacionario como el que realizan murciélagos del género *Glossophaga*.

Pero ¿qué hay sobre el olor?, en los primeros trabajos sobre quiropterofilia, el olor de las flores era considerado una característica fundamental para atraer murciélagos. Las flores visitadas por murciélagos presentan aromas percibidos por los humanos como "desagradables", aromas relacionados a las grandes cantidades de compuestos de



Murciélago frugívoro de Jamaica (*Artibeus jamaicensis*; Familia Phyllostomidae), totalmente cubierto de polen de las flores de ceiba (*Ceiba pentandra*) en la ciudad de Mérida, Yucatán. Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

azufre. En *C. pentandra* se ha descrito el olor a "húmedo", olor propiciado por compuestos de azufre, particularmente el disulfuro de dimetilo. La función de los aromas florales es atraer polinizadores específicos. Esto significa que las señales olfativas son primordiales para la búsqueda de alimento. Un hecho observado en campo directamente es que aquellos árboles de *C. pentandra* con olor "penetrante-intenso", incluso percibido a distancias de hasta 1 km, en ambientes urbanos, presentaron visitas masivas de murciélagos (observaciones en campo). Ciertamente se ha descrito que el fuerte olor de las flores quiropterofílicas es importante para atraer murciélagos a larga distancia. En campo hemos logrado percibir el fuerte olor de las flores de ceiba, a pesar de nuestro débil sentido del olfato como humanos, observamos en campo que aquellos árboles con niveles elevados de olor atraen un mayor número de murciélagos, lo que demuestra que la orientación olfativa permite precisar la localización de las flores en el ambiente.

Sin embargo, algo que nos ha llamado la atención es una alta dominancia de visita de machos a las flores de *C. pentandra*. El disulfuro de dimetilo se ha descrito como importante en el comportamiento social, específicamente reproductivo de mamíferos de talla pequeña como los roedores. En el hámster, el disulfuro de dimetilo está presente en la secreción vaginal y se ha informado que es responsable de una proporción considerable de la atracción de hámster machos. Durante el periodo de floración de *C. pentandra* realizamos capturas con redes de niebla, en donde el 95 % de las capturas correspondía a murciélagos machos, de los cuales el 45 % eran *A. jamaicensis*, seguida de un 50% de *A. lituratus*. Sin embargo, nos queda la incógnita sobre qué estará ocurriendo con las hembras, algunos trabajos hablan sobre la selección específica de cierto recurso relacionada con procesos reproductivos como la gestación y lactancia, lo que podría indicar que posiblemente el néctar de ceiba no sea un recurso potencial para ciertos procesos fisiológicos en hembras de murciélagos.

Desconocemos si el disulfuro de dimetilo se encuentra en fluidos corporales de hembras de murciélagos, estudios a futuro podrían considerar otros mecanismos que podrían determinar la alta tasa de captura de machos en las inmediaciones de los árboles en floración, como es el caso de *C. pentandra*. Es decir, el atractivo de los compuestos derivados de azufre para los murciélagos podría estar reflejando el papel de los olores en su comportamiento alimenticio.

Nuestras observaciones en campo muestran que *C. pentandra*, es polinizada principalmente por murciélagos, alimentándose del néctar y el polen. Pareciera que el olor de las flores es determinante para la atracción de polinizadores

nocturnos como los murciélagos. En general, los murciélagos que visitan las flores de *C. pentandra* varían desde glosófagos, especies morfológicamente adaptadas que usan vuelo estacionario y lenguas extensibles para alimentarse del néctar de las flores, y por otro lado están los nectarívoros oportunistas que son principalmente frugívoros que no pueden revolotear y, por lo tanto, deben aferrarse a flores expuestas y de tamaño prominente. En *C. pentandra* los murciélagos del género *Artibeus* fueron predominantes, la presencia de murciélagos de tamaño mayor puede determinar el amarre de frutos (cantidad de flores que quedan en el árbol después de la polinización) en ciertas especies de plantas. Es decir, el forrajeo que realizan los *Artibeus* "posado" puede ocasionar desprendimiento de las flores, lo que reduciría el número de frutos, en ceiba posiblemente este efecto sea compensado con la infinidad de flores que esta produce. Incluso, el aterrizaje abrupto de los *Artibeus* puede causar pérdidas importantes de néctar, limitando el néctar disponible para otros polinizadores nocturnos y/o diurnos.

En la actualidad, se continúa investigando la importancia de los murciélagos en la reproducción de las plantas, así como la forma en que las plantas mantienen poblaciones de murciélagos en épocas de escasez de recursos en entornos hostiles como las ciudades. Es esencial llevar a cabo estudios futuros que puedan cuantificar la contribución específica de cada especie de murciélago en la reproducción de las plantas. Sin duda, la relación entre los murciélagos y las plantas representa un desafío fascinante que merece ser estudiado, especialmente en ecosistemas urbanos.

Estudiar la polinización urbana es todo un reto, a nivel mundial los trabajos enfocados a polinización por murciélagos en ecosistemas urbanos siguen siendo limitada. Las ciudades son todo un reto para los que buscamos comprender a más detalle la maravillosa interacción entre animales y plantas.



Murciélago lengüetón de Pallas (*Glossophaga mutica*; Familia Phyllostomidae), en vuelo estacionario alimentándose del néctar de las flores de ceiba (*Ceiba pentandra*) en la ciudad de Cancún, Quintana Roo.
Fotografía: Henry F. Dzul-Cauich.

AGRADECIMIENTOS

HF-D agradece al Dr. Miguel Munguía Rosas por las recomendaciones hacia este trabajo; así mismo a Idea Wild por el financiamiento brindado.

Sometido: 04/abr/2024.

Revisado: 24/abr/2024.

Aceptado: 29/abr/2024.

Publicado: 30/abr/2024.

Editor asociado: Dra. Mariana Munguía Carrara.

LITERATURA CONSULTADA

- Bonaccorso, F. *et al.* 2007. Evidence for exploitative competition: comparative foraging behavior and roosting ecology of short tailed fruit bats (Phyllostomidae). *Biotropica* 39:249-256.
- Carter, G. G., y A. B Stewart. 2015. The floral bat lure dimethyl disulphide does not attract the palaeotropical Dawn bat. *Journal of Pollination Ecology* 17:129-131.
- Castro, A. J. A. 2021. La Ceiba: un símbolo en la mitología maya con propiedades farmacológicas. *Naturaleza y Tecnología* 2:13-17.
- Dzul-Cauich, H. F., y M. A Munguía-Rosas. 2022. Negative effects of light pollution on pollinator visits are outweighed by positive effects on the reproductive success of a bat-pollinated tree. *The Science of Nature* 109:12.
- Fleming, T. H., Geiselman, C., y W. J. Kress. 2009. The evolution of bat pollination: a phylogenetic perspective. *Annals of Botany* 104:1017-1043.
- Gribel, R., Gibbs, P. E., y A. L. Queiróz. 1999. Flowering phenology and pollination biology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Amazonia. *Journal of Tropical Ecology* 15:247-263.
- Hopkins, M. J. G., H. F. Hopkins y C. A. Sothers. 2000. Nocturnal pollination of *Parkia velutina* by Megalopta bees in Amazonia and its possible significance in the evolution of chiropterophily. *Journal of Tropical Ecology* 16:733-746.
- Ikyaaqba, E. T., G. Nanen y T. N. Tee. 2023. Effect of tree canopy on urban heat island in Makurdi, Benue State, North-Central Nigeria. *Journal of Research in Forestry, Wildlife and Environment* 15:69-81.
- Kelm, D. H., R. Simon, D. Kuhlow, C. C. Voigt y M. Ristow. 2011. High activity enables life on a high-sugar diet: blood glucose regulation in nectar-feeding bats. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 278:3490-3496.
- Lapune, J., *et al.* 2020. Sustainable peeling of kapok tree (*Ceiba pentandra*) bark by the chimpanzees (*Pan troglodytes verus*) of Comoe National Park, Ivory Coast. *International Journal of Primatology* 41:962-988.
- Mayer, C. *et al.* 2011. Pollination ecology in the 21st century: key questions for future research. *Journal of Pollination Ecology* 3:8-23.
- Macrides, F., P. A Johnson y S. P. Schneider. 1977. Responses of the male golden hamster to vaginal secretion and dimethyl disulfide: Attraction versus sexual behavior. *Behavioral Biology*, 20:377-386.
- MacSwiney, C. *et al.* 2017. Pollen movement by the bat *Artibeus jamaicensis* (Chiroptera) in an agricultural landscape in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Mammal Research*, 62:189-193.
- Muchhala, N., y J. D. Thomson. 2009. Going to great lengths: selection for long corolla tubes in an extremely specialized bat-flower mutualism. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 276:2147-2152.
- Muchhala, N., y M. Tschapka. 2020. The ecology and evolution of nectar feeders: Phyllostomid Bats: A unique mammalian radiation (Fleming TH, *et al* eds.). University of Chicago Press. Chicago 1:273-294.
- Murawski, D. A., y J. L. Hamrick. 1992. Mating System and Phenology of *Ceiba pentandra* (Bombacaceae) in Central Panama. *Journal of Heredity*, 83:401-404.
- Parthiban, K. T., y R. V. Rai. 1994. Effects of a few plant species on soil physical properties. *Journal of Tropical Forest Science* 1:223-229.
- Petrulis, A., y R. E. Johnston. 1995. A reevaluation of dimethyl disulfide as a sex attractant in golden hamsters. *Physiology & Behavior* 57:779-784.
- Primo, L. M., A. Domingos-Melo, L. Galetto y I. C. Machado. 2022. Nectar secretion patterns are associated to nectar accessibility in a guild of crepuscular-nocturnal flowering plants. *Plant Ecology* 223:951-964.
- Quesada, M. *et al.* 2004. Efectos de la fragmentación de los bosques en la actividad de los polinizadores y consecuencias para el éxito reproductivo de las plantas y los patrones de apareamiento en árboles bombáceos polinizados por murciélagos. *Biotropica*, 36:131-138.
- Rieger, J. F., y E. M. Jakob. 1988. The use of olfaction in food location by frugivorous bats. *Biotropica*, 20:161-164.
- Rodríguez-Peña, N. *et al.* 2013. Nitrogen and amino acids in nectar modify food selection of nectarivorous bats. *Journal of Animal Ecology* 82:1106-1115.
- Rodríguez-Peña, N. *et al.* 2016. Factors affecting nectar sugar composition in chiropterophilic plants. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 87:465-473.
- Rodríguez-Peña, N., y C. M. Del Río. 2007. Efectos de la composición y concentración de azúcares en la selección de alimentos por el murciélago de nariz larga de Saussure (*Leptonycteris curasoae*) y el murciélago de lengua larga (*Glossophaga soricina*). *Revista de Mastozoología* 88:1466-1474.
- Singaravelan, N., y G. Marimuthu. 2004. Nectar feeding and pollen carrying from *Ceiba pentandra* by pteropodid bats. *Journal of Mammalogy* 85:1-7.
- Tareau, M. A., A. Greene, G. Odonne y D. Davy. 2022. *Ceiba pentandra* (Malvaceae) and associated species: Spiritual Keystone Species of the Neotropics. *Botany* 100:127-140.
- Tschapka, M., y S. Dressler. 2002. Chiropterophily: On bat flowers and flower bats. *Curtis's Botanical Magazine* 19:114-125.
- Vogel, S. 1958. Fledermausblumen in Südamerika. *Österreichische Botanische Zeitschrift* 104:491-530.
- Von Helversen, O., L. Winkler y H. J. Bestmann. 2000. Sulphur-containing "perfumes" attract flower-visiting bats. *Journal of Comparative Physiology* 186:143-153.
- Winter, Y., J. López y O. Von Helversen. 2003. Ultraviolet vision in a bat. *Nature* 425:612-614.