**Desde el Herbario CICY**
14: 46–50 (10/marzo/2022)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

# Se necesitan tres para bailar tango: los retos de la reproducción en plantas

IVÓN M. RAMÍREZ-MORILLO[1,*], NÉSTOR RAIGOZA[1], ALBERTO E. ESCUDERO AZCORRA[2] Y TANIT TOLEDANO THOMPSON[3]

[1]Unidad de Recursos Naturales-Herbario CICY, [3]Unidad de Energía Renovable. Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C. (CICY). Calle 43 x 32 y 34, No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México
[2] Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán, Periférico Norte, Kilómetro 33.5. Tablaje Catastral 13615. Chuburná de Hidalgo Inn, C.P. 97203, Mérida, Yucatán, México
[*]ramirez@cicy.mx

La reproducción en plantas con flores involucra óvulos, polen y una exitosa fecundación. Esto implica que el polen, contenido en las anteras, debe liberarse y llegar al ovario, donde se encuentran los óvulos a la espera de ser fecundados. Siendo las plantas organismos sésiles, ¿cómo llega el polen a los óvulos? Veamos quien es el tercero que se necesita para bailar tango.

**Palabras clave:**
**Fecundación, néctar, polinizador, síndrome de polinización.**

Existen alrededor de 257,000 especies vivientes de plantas con flores o angiospermas (Judd *et al.* 2002), siendo el grupo dominante de plantas (por encima de los pinos y afines, de los musgos y afines, de los helechos y afines). Las angiospermas tienen sus órganos reproductivos en las flores, es decir, allí están las estructuras que contienen óvulos (los ovarios) y el gameto masculino, que está en los granos de polen, que se encuentran a su vez en las anteras. El óvulo fecundado constituye la semilla (*sperma*), la cual queda encerrada en su ovario (*angio*), de allí el nombre de angiospermas. Ese ovario crece, se modifica y constituye el fruto: piense en un aguacate, en una uva, en una manzana, en un zapote, en una guaya, etc., la semilla rodeada de capas de tejido que son derivadas de las paredes del ovario. Ahora, veamos los pequeños pasos y barreras que hay que tener en cuenta, porque no hay que asumir que siempre un óvulo será fecundado y habrá un "fructífero" final feliz ☺

El óvulo no se mueve, espera que lo fecunden en el ovario, así como en nuestra especie el óvulo espera que entre el espermatozoide a fecundarlo ¿va? De igual manera, el polen debe moverse de la antera hasta el ovario, pero a diferencia de nosotros, las plantas son organismos sésiles (no se mueven), así que la gran mayoría necesitan de algo o alguien que transporte el polen hasta el ovario que contiene óvulos.

Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá

@CICYoficial
GOBIERNO DE MÉXICO
gob.mx

**Desde el Herbario CICY**
14: 46–50 (10/marzo/2022)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

¿Quién o cómo se mueve el polen? Existen dos grupos de vectores o transportadores de polen, el grupo de los abióticos (aire, agua, e inclusive la gravedad), y los bióticos (como hormigas, cucarachas, moscas, mariposas, polillas, murciélagos, tlacuaches, abejas y aves, entre otros). ¿Qué tanto deben mover el polen, cuándo deben moverlo y que se necesita para que finalmente se lleve a cabo la polinización y la fecundación del óvulo? Por ejemplo, las plantas cuyo polen lo mueve el aire, usualmente producen muchos granos de polen para aumentar la probabilidad de fecundar un óvulo, ya que el movimiento es algo errático y depende de la dirección y fuerza del viento. Cuando los pinos y encinos, por ejemplo, están en época reproductiva hay ingentes cantidades de polen en el aire, mismo que lo mueve y con suerte, el polen aterriza en una flor o cono femenino y fecunda los óvulos; mientras eso pasa, ¡nosotros lloramos, pero no de alegría, si no de ¡alergias al polen!

Los vectores bióticos por otro lado son más efectivos, ya que sus movimientos están más dirigidos y responden a una serie de atractivos de las plantas y de sus necesidades energéticas. Este conjunto de características de la planta y el vector constituye lo que llamamos síndromes de polinización, que no son más que hipótesis fundamentadas en como las plantas organizan sus flores y atraen a los polinizadores, y en los hábitos y dietas de dichos organismos. Por ejemplo, las abejas son diurnas, tienen un olfato sensible y pecorean las flores fragantes en busca de polen y néctar, los murciélagos son de hábitos nocturnos y se alimentan de polen y néctar. Entonces, se espera que las abejas visiten flores fragantes, con néctar y polen, que abran en horas del día (síndrome de melitofilia); los murciélagos que salen cuando ya no hay luz y tienen también sentido del olfato desarrollado, requieren flores que abran de noche y tengan néctar y polen con alto contenido energético (ellos requieren mucha energía para volar), y esta combinación de características corresponde al síndrome de quiropterofilia. Esto quiere decir, entre muchas cosas, que viendo las características de las flores podemos proponer, hipotetizar, quien sería el polinizador, ¿va?

Con esto en mente, investigamos en nuestro grupo de estudio, el género *Hechtia* Klotzsch (que pertenece a la familia neotropical Bromeliaceae, la misma del heno y la piña), y que se caracteriza por reunir hierbas terrestres, rosetófilas, espinosas, suculentas y dioicas (plantas con flores femeninas y flores masculinas en individuos separados, como la papaya y la huaya), con flores diurnas y generalmente con fragancia dulce, afrutada, floral, que atraen abejas (sin aguijón y con aguijón). El género *Hechtia* tiene ca. 95% de sus ca. de 100 especies en México, con algunas especies presentes en U.S.A., Guatemala y Honduras. Las flores abren en la mañana, las femeninas producen solo néctar, las masculinas polen y néctar, ambas con pétalos blancos, lila, amarillo o verde, y calzan el síndrome de melitofilia. Sin embargo, hay un pequeño grupo de especies del género *Hechtia* que tienen flores rojas, en forma de tubo, diurnas, pero sin fragancia, ¿quién las poliniza? En general, las flores tubulares, con apertura diurna o crepuscular, rojas, anaranjadas o amarillas, sin fragancia, con néctar, son visitadas y polinizadas por colibríes (síndrome de troquilofilia, al menos en América tropical, ya que no hay colibríes nativos ni en África ni en otro lugar fuera del continente americano), o por mariposas diurnas (síndrome de psicofilia). Tengamos en cuenta que la intervención de vectores del polen es condición *sine qua non* en plantas dioicas como las de *Hechtia*.

Con esta curiosidad en mente, nos dimos a la tarea de observar a los visitantes en especies de *Hechtia*, *H. jaliscana* L.B. Sm., endémica de Jalisco, México (presenta síndrome de melitofilia), y *Hechtia rosea* E. Morren ex Baker endémica de Oaxaca, México (síndrome de troquilofilia o psicofilia), verificando los visitantes y/o polinizadores. Se ha demostrado que el color rojo atrae a colibríes pero no a las abejas (Tadey y Aizen 2001, Lunau *et al.* 2011, Muchhala *et al.* 2014), relacionado con el hecho de que los colibríes tienen visión tetracromática (con cuatro foto receptores sensibles al ultravioleta, azul, verde y longitudes de onda en el rojo) (puede leer más en este enlace: https://www.nationalgeographicla.com/animales/2020/06/colibries-ven-colores-que-los-humanos-no-perciben). Por el otro lado, las abejas tienen foto receptores sensibles a ondas en el espectro ultra-violeta, azul y verde (Lunau *et al.* 2011). Observamos en las flores fragantes de *H. jaliscana*, abejas, en particular, *Apis mellifera*, pero en *H. rosea*, cuyas flores no tienen olor perceptible, la visita de colibríes (Figura 1).

**Desde el Herbario CICY**
14: 46–50 (10/marzo/2022)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

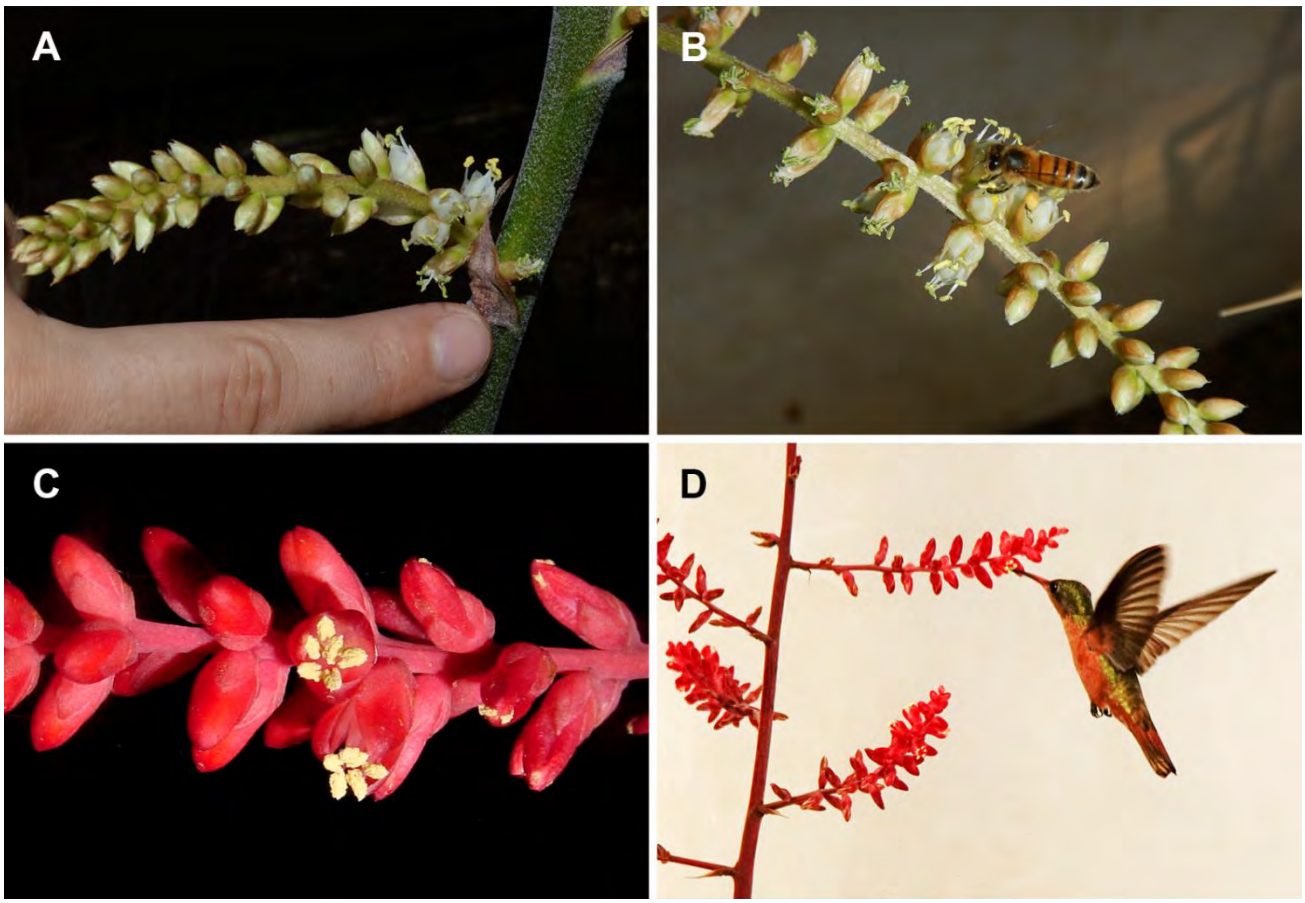


**Figura 1**. Flores masculinas de: (A, B) *Hechtia jaliscana* L.B.Sm. **A**. Flores en antesis. **B**. *Apis mellifera* visitando las flores masculinas en busca de polen y néctar. (C, D). *Hechtia rosea* E. Morren ex Baker. **C**. Flores estaminadas en antesis. **D**. Colibrí libando flores en búsqueda de néctar. [Fotografías: **A**. Claudia Ramírez-Díaz; **B-C**. Ivón Ramírez-Morillo. **D.** Aldo Echevarria (editada por Paola Marfil)].

Las preferencias de la calidad del néctar también es otro factor para considerar. Se sabe que los colibríes, murciélagos, mariposas, polillas y abejas de lengua larga, suelen ser atraídos por néctar rico en disacáridos (sacarosas), mientras que aves de pico corto, abejas de lengua corta y moscas, son atraídos por néctar rico en monosacáridos (fructosa, glucosa; Perret *et al*. 2001, Dupont *et al*. 2004). Por ello, analizamos el néctar mediante una cromatografía líquida de alta resolución o *high performance liquid chromatography* (HPLC), técnica que permite separar e identificar la presencia de diferentes metabolitos en una muestra biológica compleja y conocer sus abundancias relativas, al comparar los cromatogramas obtenidos de la muestra compleja, con aquellos generados al aplicar concentraciones conocidas de estándares de los metabolitos de interés. Comparando los cromatogramas de una mezcla de estándares de fructosa, glucosa y sacarosa (a una concentración de 10 mg/mL), con una muestra de néctares de ambas especies, podemos observar que, en ambas muestras se encuentran presentes los tres carbohidratos, sin embargo, el néctar de *Hechtia rosea* contiene mayor porcentaje de estos carbohidratos estimado como la proporción de la curva debajo del pico), en comparación con la especie melitófita (*H. jaliscana*) (Figura 2).

En el Cuadro 1 podemos observar la composición de carbohidratos individuales de los néctares de cada especie, donde la glucosa es el carbohidrato con mayor porcentaje, seguido de fructosa+sacarosa. Tal como es sugerido por Perret *et al*. (2001) y Dupont *et al*. (2004), existe una ligera tendencia en el tipo de néctar preferido por ciertos polinizadores: el néctar de *Hechtia rosea* (visitada por colibríes) es más rico en sacarosa mientras que el de *Hechtia jaliscana* es más rico en fructosa y glucosa.

**Desde el Herbario CICY**
14: 46–50 (10/marzo/2022)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

| Muestra | Síndrome de polinización | Fructosa (TR* 2.9 min.) Área % | Glucosa (TR* 3.0 min.) Área % | Sacarosa (TR* 3.8 min.) Área % |
|---|---|---|---|---|
| *Hechtia rosea* | Colibríes (Troquilofilia) | 32.37 | 57.53 | 10.11 |
| *Hechtia jaliscana* | Abejas (Melitofilia) | 38.25 | 61.22 | 0.53 |

**Cuadro 1.** Composición individual de los néctares de *Hechtia rosea* y *H. jaliscana* (*Tiempo de retención, TR).

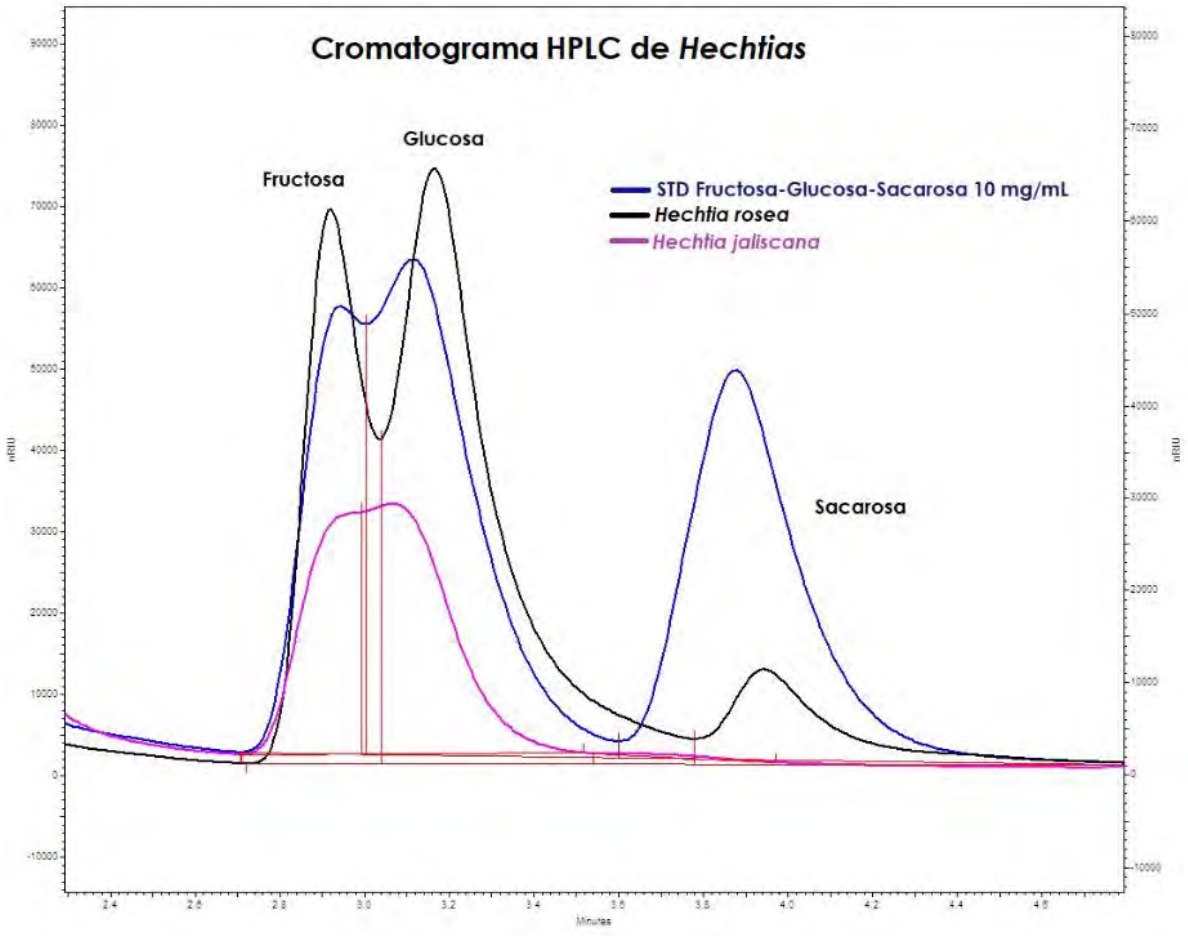


**Figura 2.** Estándares de fructosa-glucosa-sacarosa (en azul) y los porcentajes de los carbohidratos en los néctares de dos especies de *Hechtia*: *H. rosea* E. Morren ex Baker (línea negra) y *H. jaliscana* L.B. Sm. (línea lila).

La evidencia aportada por la morfología floral, hora de apertura floral, por la ausencia/presencia de fragancias florales, por la composición del néctar y de las preferencias por diferentes tipos de néctares (porcentaje de carbohidratos) por los polinizadores, apoyan nuestra hipótesis (los síndromes) propuestos. Por supuesto, necesitamos mayor número de pruebas en especies de ambos grupos, para obtener más apoyo a nuestra hipótesis. Es necesario mencionar que en ambas especies estudiamos flores masculinas, mismas que ofrecen polen y néctar, la historia puede ser diferente si se analizan flores femeninas, que solo ofrecen néctar y por ello, ese tema es el siguiente en investigar.

## Agradecimientos

A la Secretaría de Investigación, Innovación y Educación Superior (SIIES), y al programa Impulso Científico Universitario (edición agosto del 2018 a febrero del 2019), por el apoyo de la estancia de Alberto E. Escudero Azcorra. Al Dr. Felipe Barahona por el uso del HPLC para el análisis del néctar. Al financiamiento otorgado al proyecto titulado "La diversificación de *Hechtia* Klotzsch (Bromeliaceae) y su colonización de Megaméxico: evidencia filogenética, filogeográfica y la exploración de patrones en el espacio geográfico, ecológico y morfológico" (SEP-CONACYT CB-2016; No. 283357). Aldo Echeverría por la fotografía del colibrí en *Hechtia rosea*, a Paola Marfil y Katya Romero-Soler por la edición de las imágenes; al personal del Jardín Botánico Regional "Roger Orellana" por el cultivo de la colección de Hechtias. Finalmente, agradecemos a los revisores anónimos por sus valiosos comentarios que mejoraron la claridad y calidad del escrito.

## Referencias

**Dupont Y.L., Hansen D.M., Rasmussen J.T. y Olesen J.M. 2004.** Evolutionary changes in nectar sugar composition associated with switches between bird and insect pollination: the Canarian bird-flower element revisited. *Functional Ecology* 18: 670 – 676. https://doi.org/10.5167-/uzh-61345

**Judd W.S., Campbell C.S., Kellogg E.A., Stevens P.F. y Donoghue M.J. 2002**. Plant systematics: a phylogenetic approach, Second Edition. Sinauer Axxoc, Estados Unidos de América.

**Lunau K., Papiorek S., Eltzl T. y Sazima M. 2011.** Avoidance of achromatic colours by bees provides a private niche for hummingbirds. *The Journal of Experimental Biology* 214, 1607-1612. doi:10.1242/jeb.052688

**Muchhala N., Johnsen S. y Smith S.D. 2014.** Competition for hummingbird pollination shapes flower color variation in Andean Solanaceae. *Evolution* 68-8: 2275–2286. doi:10.1111/evo-.12441

**Perret M., Chautems A., Spichiger R., Peixoto M. y Savolainen V. 2001.** Nectar sugar composition in relation to pollination syndromes in Sinningieae (Gesneriaceae). *Annals of Botany* 87 (2): 267–273. https://doi.org/10.1006/anbo.2000.1331

**Tadey M. y Aizen M.A. 2001.** Why do flowers of a hummingbird-pollinated mistletoe face down? *Functional Ecology* 15: 782–790. https://doi.org-/10.1046/j.0269-8463.2001.00580.x

**Desde el Herbario CICY, 14: 46–50 (10-marzo-2022)**, es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, **www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx.** Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. 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 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 10 de marzo de 2022. 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.