

ARTÍCULO

CUANDO EL AMOR DOMINA EN LAS RELACIONES ENTRE INDIVIDUOS DE DISTINTAS ESPECIES: POLINIZADORES Y SUS FLORES PREFERIDAS

Cecilia Leonor Jiménez-Sierra y María Loraine Matias-Palafox

Cuando el amor domina en las relaciones entre individuos de distintas especies: polinizadores y sus flores preferidas

Resumen

En este artículo se comentan algunas características de las flores y sus visitantes. Las demandas de las plantas con flor y animales son antagónicas: las plantas buscan recibir el máximo beneficio reproductivo mediante visitantes exclusivos. En cambio, los visitantes (insectos, aves y mamíferos pequeños) quieren aumentar su eficiencia alimentaria a través de conductas generalistas u oportunistas, al consumir el mayor número de flores de diversas especies. En la naturaleza encontramos un balance entre los costos y los beneficios recibidos por los socios involucrados en estas relaciones, sin embargo, no siempre se alcanza. En algunos casos, las flores resultan depredadas sin recibir ningún beneficio; en otros, existe una relación “de amor” en la que tanto plantas como animales reciben beneficios. Finalmente, a pesar de los conflictos de interés, curiosamente se han desarrollado algunas relaciones de “amor extremo”, como es el caso de los higos y sus avispas polinizadoras, en las que se observa un mutualismo resultado de la coevolución.

Palabras clave: antagonismo, coevolución, mutualismo

When love rules in interspecific relationships: pollinators and their preferred flowers

Abstract

All the organisms search the balance between the benefits and the costs; such is the case of the flowering plants and the animals. Flowering plants pursue their maximum benefit by having exclusive visitants that will ensure pollination between the same plant species. Otherwise, the visitants (insects, birds or small mammals) seek to optimize their energetically demands by consuming all reachable flowers without regarding the plant species. This conflict of interest has been solved in different ways. In some cases the visitors consume the flowers without leaving any benefit to the plant. In other cases, the interaction animal-plant has led to a passionate affair where both players optimize their benefits, where sometimes we may find extreme love relationships like the mutualism between figs and wasps.

Key Word: Antagonism, coevolution, mutualism

Introducción

La razón de ser de las flores se encuentra en el mismo ciclo de vida de las plantas que las producen, ya que gracias a ellas se garantiza la permanencia de las especies vegetales. En

su efímera vida, pues algunas flores viven tan sólo unas cuantas horas, deben atraer a los organismos que actuarán como vectores para transportar su polen, con lo que se garantiza la fecundación cruzada y la formación de semillas. Sin embargo, las flores constituyen recursos alimenticios importantes, no sólo para sus polinizadores, sino también para una gran gama de otros organismos, los cuales actúan como depredadores que se acercan a ellas buscando recursos ricos en nitrógeno (óvulos y granos de polen) o simplemente para robar el néctar, el cual es una recompensa de alto contenido calórico para los polinizadores.

¿Son las plantas las que a través de sus flores cautivan a los polinizadores?

La función de las flores es garantizar la atracción de ciertos animales hasta los órganos reproductores, para lograr que los gametos masculinos sean transportados de una flor a otra.

Una flor puede ser visualizada como un tallo vegetal, cuyos entrenudos son muy cortos y sus hojas se han transformado, constituyendo lo que se conoce como verticilos florales. Los verticilos más externos o sépalos son generalmente de color verde y en conjunto constituyen el cáliz. En seguida se encuentran los pétalos, que son verticilos que presentan diversas coloraciones y formas según la especie y que en conjunto constituyen la corola, la cual es la estructura más llamativa de las flores. Hacia el centro de la flor se encuentran los verticilos reproductores: la sección donde se forman los gametos masculinos se conoce como androceo y los verticilos encargados de producir los gametos femeninos o sección femenina conforman el gineceo (Tcherkes 2004). Cada una de estas secciones juega un papel especial para que se lleve exitosamente la reproducción sexual.

¿Cuándo surgieron las primeras plantas con flores?

Las plantas con flores pertenecen al grupo de las Angiospermas. Éste constituye uno de los grupos más rico y diversos del reino vegetal y está conformado por cerca de 400,000 especies (Jarvis, 2007). Se estima que las primeras flores surgieron hace 130 millones de años (Cretácico) y que las especies con flores rápidamente se diversificaron a la par que muchos grupos de insectos, dando origen a lo que Darwin llamó un “abominable misterio” (Sanderson *et al.*, 2004; Bell *et al.*, 2005; Soltis *et al.*, 2008).

¿Por qué las plantas necesitan a los polinizadores? y ¿Cómo sabe un polinizador a cuál flor visitar?

La polinización es el proceso por el cual el polen es transferido de una flor a otra, permitiendo la fertilización de los óvulos y el éxito en la reproducción sexual de las plantas.

Los animales se ven atraídos por ciertas características de las flores. Los síndromes de

polinización describen una serie de adaptaciones florales desarrolladas para atraer a un grupo determinado (gremio) de animales, los cuales no están relacionados entre ellos filogenéticamente y que actúan como vectores de los granos de polen a expensas de ciertos recursos alimenticios que obtienen en las flores. Los animales, por su parte, han desarrollado características morfológicas y conductuales para encontrar ciertas flores y optimizar los beneficios de forrajear sobre las mismas (Faegri y Van der Pijil, 1966).

Darwin consideró que la especialización por polinizadores particulares (o más a menudo por grupos de polinizadores) y la consiguiente mejoría de la eficiencia de la polinización era la base de la evolución de la morfología floral (Thomson, 2003). Por lo anterior se puede inferir que a lo largo del tiempo las plantas han tenido que adquirir diversas características especiales para maximizar las posibilidades de atraer a un grupo de animales y conseguir la polinización exitosa (Glover, 2007).

¿Cuáles estrategias hacen a las flores más atractivas y por lo tanto más visitadas?

A través del estudio de la evolución de las plantas con flores, se ha descubierto que una pieza clave para lograr una polinización exitosa, es la relación estrecha que se mantiene entre la morfología de las flores y las características o rasgos que poseen determinados grupos de polinizadores. A dicha relación se le conoce como **síndrome de polinización** (Faegri y Van der Pijil, 1966).

Según Glover (2007), las flores pueden asociarse en varios grupos en relación a sus características y por el gremio de animales (amantes) que atraen, en:

a) *Flores cantarófilicas* “*amantes de los escarabajos*”. Las flores que presentan este síndrome, tienen forma de tazón con gran contenido de polen, lo cual facilita la manipulación de éste por los escarabajos. Además presentan olores fuertes que sirven como atrayentes. Las flores canterófilicas deben haber aparecido tempranamente en la evolución, ya que los escarabajos constituyen uno de los grupos de insectos más antiguos y diversos del mundo.

b) *Flores miofílicas* o “*amantes de las moscas*”. Estas flores presentan coloraciones que van del crema al amarillo encendido. Las moscas son bastantes visitantes generalistas y no presentan estacionalidad, por lo que pueden polinizar flores que aparecen en condiciones ambientales adversas. La presencia de néctar en las flores es el principal atrayente para estos organismos.

c) *Flores Melitofilicas o “amantes de abejas”*. Estas flores son diurnas, relativamente grandes, de diversos colores, con forma de tazón y alguna plataforma acondicionada para el aterrizaje de sus enamorados. En general presentan grandes cantidades de polen y néctar. Las abejas (Hymenoptera), son animales grandes y requieren de gran cantidad de energía para vivir. Su dieta es especializada y está dirigida al consumo de néctar y polen, el cual es utilizado en la alimentación de las larvas que se desarrollan en las colmenas. Las abejas detectan el color y son capaces de percibir el azul y amarillo, que son los colores de sus flores preferidas. A pesar de que las abejas no tienen receptores para percibir el rojo, algunas polinizan flores rojas o rosas, debido a que estos pétalos cuentan con pigmentos que absorben la luz UV y los modifican en colores llamativos para ellas. Algunas flores cuentan con guías de néctar que no son visibles por nosotros, pero que indica a las abejas en dónde buscar el recurso deseado. Debido a que el néctar se encuentra en el fondo de la flor, las abejas han desarrollado largas lenguas especializadas para alcanzarlo.

d) *Especies psicofilicas o “amantes de las mariposas”*. Estas flores son diurnas, tubulares, de tamaño mediano, con colores brillantes que van del rojo al naranja, con néctar y sin olor y atraen especialmente a las mariposas diurnas. Las mariposas constituyen un grupo importante de polinizadores de las zonas templadas. Tienen buena visión para percibir el color rojo pero no perciben olores. Ellas no alimentan a sus crías, por lo que tienen bajos requerimientos de energía. Se ha descrito que la polinización de las flores psicófilas se produce cuando las mariposas son atraídas por el color de las flores y posan sobre ellas, reduciendo así el gasto energético del vuelo. Las mariposas se alimentan del néctar a través de sus largas lenguas.

e) *Flores esfingofilicas o “amantes de las polillas”*. Las flores polinizadas por esfingidos o mariposas nocturnas, suelen ser nocturnas y en forma de tubo; de colores claros (del blanco al crema); con una gran producción de néctar para satisfacer las necesidades energéticas del vuelo de sus enamorados; de olores fuertes para llamar la atención, y con simetría bilateral para facilitar al esfingido la extracción del néctar. Los esfingidos son insectos que vuelan rápidamente y son capaces de revolotear suspendidos en el aire mientras forrajea el néctar, por lo que tienen altos requerimientos energéticos. Las palomillas son muy susceptibles a los aromas y tienen lenguas largas con las cuales logran extraer el néctar de la base de las flores.

f) *Flores ornitofílicas o “amantes de las aves”*. Las flores polinizadas por aves suelen ser diurnas y de gran tamaño, en forma de tubo y de colores llamativos como rojo, naranja y rosa. Producen grandes cantidades de néctar con bajas concentraciones de azúcares. No tienen guías de néctar visibles para los insectos, por lo que se cree éstos no pueden robar el néctar y así queda para las aves, que son los verdaderos polinizadores de estas flores. Es probable que el néctar sea descubierto por las aves de forma accidental, cuando éstas realizan la caza de pequeños insectos que revolotean alrededor de las flores.

g) *Flores quireptofílicas o “amantes de los murciélagos”*. Estas flores son de gran tamaño, hábitos nocturnos, coloraciones blancas, forma tubular y desprenden fuertes olores. Producen grandes cantidades de néctar con altas concentraciones de azúcar y gran cantidad de polen para abastecer los requerimientos de los murciélagos. El principal atrayente para los murciélagos es el olor. Los murciélagos cuentan con adaptaciones impresionantes, como un hocico alargado y una lengua larga con papilas que le ayudan a obtener néctar y polen.

En el amor y la guerra todo se vale, incluso el engaño

Algunas flores actúan como embusteras, ya que no poseen las recompensas que los visitantes florales esperan encontrar en ellas y sin embargo tienen éxito porque imitan a otras especies que sí otorgan recompensas. Una modalidad de embuste es la sapromiofilia o atracción de moscas carroñeras y escarabajos del estiércol, lo cual se logra mediante la producción de aromas y simulaciones morfológicas de trozos de carne en descomposición o de heces de carnívoros o herbívoros. Las moscas son atraídas a las flores buscando alimento o sitio para ovopositar.

El sistema de polinización por engaño más especializado es el usado por las flores que mimetizan el sexo femenino de algunas especies de insectos e invitan a los machos a intentar aparearse con ellas. Dentro de las características que presentan las flores embusteras se encuentra el color (amarillo, café y morado), el olor que en algunas ocasiones se asemeja al de las feromonas de las hembras de los insectos y, lo más relevante, las simulaciones morfológicas. Las flores de las orquídeas son el caso más conocido de este sistema de polinización.

Extrañas relaciones: mutualismo entre los higos y avispas: a pesar de los conflictos, ni los higos ni sus avispas podrían existir independientemente

Higuerillas o higueras o Ficus es el nombre común asignado al conjunto de 750 especies vegetales productoras de "higos" (Familia Moraceae). Su característica principal es la producción de un fruto singular conocido como sícono o higo, el cual es polinizado por un grupo particular de pequeñas avispas pertenecientes a la familia Agaonidae.

Los síconos son frutos compuestos o múltiples (es decir, que constituyen una infrutescencia). Están formados por un receptáculo en forma de pera, con un hueco en su interior. En la zona distal del mismo, se encuentra una pequeñísima abertura (u ostilo), la cual está protegida por brácteas u hojas pequeñas. Dentro de las paredes del receptáculo se hallan las diminutas flores, las cuales más tarde darán origen a diminutos frutos más o menos duros (aquenios o pepitas), los cuales están soldados en una carnosa masa jugosa azucarada dentro del receptáculo y que constituyen la tan apetitosa masa de los frutos de los higos.

La relación que se presenta entre los ficus y sus avispas polinizadoras, no es un mutualismo típico, es una relación obligada especie-específica, la cual parece haber coevolucionado desde hace más de 60 millones de años.

Para describir la complicada relación que se presenta entre las avispas y los higos (Bronstein, 2001), podemos partir de la frenética atracción que sufren las avispas hembras adultas hacia una especie particular de ficus, en respuesta a un atrayente volátil liberado por las inflorescencias, el cual puede ser detectado a varios kilómetros de distancias.

Una vez que la avispa hembra encuentra la inflorescencia (higo), entra a ella a través del ostilo. La entrada es tan estrecha que muchas hembras pierden sus alas durante la penetración a esta exquisita fruta. La pérdida de alas no resulta muy preocupante, porque finalmente la avispa ya no volverá a salir de esta dulce prisión, donde esparcirá entre las diminutas flores de su interior el polen que acarreó de la inflorescencia en donde se desarrolló.

Al terminar la extasiada danza entre las inflorescencias del higo invadido, las avispas depositan sus huevos en el interior de algunas flores que ellas mismas polinizan. Las hembras son muy cuidadosas y sólo depositan un huevo dentro del ovario de cada diminuta flor. Posteriormente, las hembras ya extenuadas mueren estando dentro de la cavidad de la inflorescencia (o sea que cuando te comes un higo también aprovechas las proteínas de sus polinizadores). Las larvas se desarrollan dentro de las flores durante algunas semanas, consumiendo solamente un óvulo fecundado por individuo. Al emerger los adultos, tanto las hembras como los machos empiezan el vuelo nupcial dentro de la pequeña cavidad de la inflorescencia (higo), la cual actúa como cámara nupcial, ya que aquí mismo se lleva a cabo la fecundación de las

avispa hembras.

Aún en el éxtasis nupcial, las hembras fecundadas realizan una curiosa actividad, pues colectan polen de otras flores de la misma inflorescencia, mientras que los machos, con sus mandíbulas, empiezan a perforar las paredes del higo, creando pequeños huecos por donde saldrán las hembras una vez que hayan colectado suficiente polen.

Los machos extenuados por la actividad reproductora y por la perforación de la pared del higo, mueren al poco tiempo, mientras que las hembras, viendo por primera vez la luz del sol, vuelan atraídas por otras inflorescencias en busca de un higo adecuadas para ovopositar y garantizar el desarrollo exitoso de sus crías.

Este sistema de polinización que se realiza en una inflorescencia cerrada, podría propiciar la autopolinización, lo cual conduciría a problemas de endogamia en la planta. Sin embargo, se ha reportado que cada higuera presenta una gran sincronía en la producción de sus frutos, al mismo tiempo que existe una gran sincronía con respecto a la floración de los otros individuos de la misma población. Esto obliga a que las avispas busquen las inflorescencias de otros individuos, facilitando la polinización cruzada de los ficus.

El beneficio de este mutualismo para el árbol es claro, ya que sin la acción de las avispas no se producirían semillas y, por lo tanto, la especie no podría propagarse a nuevos sitios, ni remplazar a los organismos muertos. Sin embargo, el costo (energético y en adecuación) que pagan las plantas por este servicio es alto, ya que cerca de la mitad o más de las semillas resultarán consumidas por el polinizador.

Tanto los costos como los beneficios varían en relación a la cantidad de avispas que entran en un fruto. La entrada de pocos polinizadores a cada higo confiere un efecto neto positivo, ya que las avispas cargadas de polen fecundarán a un gran número de flores y pocas de estas flores serán consumidas. Mientras más polinizadores entren en una inflorescencia, mayor será la cantidad de óvulos fecundados, pero también mayor será la cantidad de semillas consumidas. Por otro lado las avispas polinizadoras resultan beneficiadas de esta relación mutualista, ya que la inflorescencia representa un hábitat exclusivo para ellas, donde encuentran refugio, lugar para aparearse, sitio para ovopositar y alimento para sus larvas, sin enfrentarse al desgaste debido a la competencia por el recurso con otras avispas. El costo de esta relación es la especialización, que no permite a las avispas usar otros recursos presentes en un momento determinado.

La producción de semillas intactas no es, en escala de tiempo evolutivamente corto, una meta para las avispas, ya que la población de avispas no disminuiría de inmediato por la falta de semillas intactas en los frutos. Más bien, la producción de semillas es una consecuencia accidental del hecho de que las avispas no ovopositen en muchas de las flores fecundadas.

El misterio de esta relación es explicar cómo se ha mantenido el balance adecuado entre costos-beneficios entre ambas especies. Podríamos imaginar lo que sucedería si aparecieran avispas mutantes más eficientes en la explotación del recurso (flores), ya que tendrían una ventaja significativa sobre las otras avispas menos explotadoras y finalmente las desplazarían, lo que a la larga llevaría a la desaparición de las dos especies.

Debido a esto, es muy probable que la selección de linajes ya se haya presentado, por lo cual sólo los sistemas mutualistas ficus-avispa que hoy en día existen, pudieran ser aquellos en los cuales tal evolución hacia la extinción no haya ocurrido o aún no se haya completado.

De depredador a polinizador o de cómo el depredador se transforma en amante

Aún no se tiene claro cómo han evolucionado estas relaciones de interdependencia tan complejas y cómo se han ido salvando los conflictos evolutivos entre las partes involucradas, de tal forma que los depredadores se han convertido en polinizadores exclusivos y, por otro, cómo los mecanismos de defensa y los recursos de reproducción de las plantas se han convertido en los atractivos de las avispas. Para complicar más el panorama, se sabe que los higos son depredados por otras avispas también especie-específicas, las cuales ovopositan dentro de las inflorescencias a través de la pared externa del higo, sin otorgar ningún beneficio a la planta (Herre, 1999). El mutualismo de polinización higo-avispa es inusual, pero no es único y de alguna manera comparte algunas características con el sistema de polinización que se presenta entre las yucas y sus palomillas (*Tegeticula* spp).

Conclusiones

Las relaciones aquí comentadas representan un panorama general de las interacciones que se han desarrollado entre las flores y sus visitantes, algunas de las cuales han transformado el papel de los depredadores en polinizadores, por medio de la acción constante de diversas fuerzas evolutivas. Sin duda, a través de estudios sobre la biología floral de otras especies, así como de la conducta de sus visitantes y el apoyo de la genética de poblaciones, entenderemos más sobre la evolución de estos sistemas. Es importante tener presente que muchas especies se encuentran interactuando y que la desaparición de alguna de ellas, por insignificante que parezca, podría romper el equilibrio de las comunidades bióticas, de las cuales depende la supervivencia de otras especies, incluyendo la del *homo sapiens*.

¡Por favor, si las flores despiertan en ti algún bello sentimiento, no te conviertas en cómplice del fracaso de la aventura amorosa que se desarrolla entre ellas y sus polinizadores, al destruir insectos, aves o murciélagos que suelen frecuentarlas!

Referencias

- Bell C. D., D. E. Soltis, P. S. Soltis. 2005. The age and diversification of the angiosperms re-revisited. *American Journal of Botany* 97:1296-1303.
- Bronstein, J. 2001. Mutualism. En: Ch. W. Fox, D.A. Roff y D.J. Fairbairn (Eds.): *Evolutionary Ecology: Concepts and Case Studies*. Oxford University Press. Oxford.
- Faegri K., L. Van Der Pijl. 1966. *The principles of pollination ecology*. Pergamon Press, New York.
- Glover B. 2007. *Understanding flowers and flowering. An integrated approach*. Oxford University Press. USA.
- Jaramillo-Plitt J. 2006. *La flor y otros órganos derivados*. Universidad de Caldas. Colombia.
- Jarvis C. 2007. *Order out of chaos: Linnaean plant names and their types*. Linnean Society of London and the Natural History Museum, London, UK.
- Sanderson M. J., J. L. Thorne, N. Wikström, and K. Bremer. 2004. Molecular evidence on plant divergence times. *American Journal of Botany* 91:1656-665.
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. (1996). *The Natural History of Pollination*. Timber Press, Portland.
- Soltis D. E., C. D. Bell, S. Kim, P. S. Soltis. 2008. The origin and early evolution of angiosperms. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1133: 3-25.
- Tcherkez G. 2004. *Flowers, Evolution og the Floral Architecture of Angiosperms*. Science Publishers, INC. USA
- Thomson J. N. (2003) *El proceso coevolutivo*. Fondo de Cultura Económica. México.