

BIOTECNOLOGÍA: BENEFICIOS PARA LAS ABEJAS

HOW BEES CAN BENEFIT FROM BIOTECHNOLOGY

Jessica Muñoz, Julieta Muñoz, Vania Castañón

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Facultad de Ciencias Biológicas

Licenciatura en Biotecnología

vania.castanon@alumno.buap.mx

Resumen

La polinización se lleva a cabo cuando el polen se traslada de la antera al estigma de una flor. Las abejas son los agentes polinizadores más importantes de nuestro planeta y, consecuentemente, gran parte de los productos vegetales para el consumo humano se obtienen gracias a la polinización por abejas. Los factores antropogénicos que afectan la calidad de vida de las abejas son los pesticidas y el cambio climático, los cuales contribuyen a la pérdida de sus hábitats y, por lo tanto, a su mortalidad. Sin embargo, la biotecnología puede mejorar la relación simbiótica abeja-flor a través de la sustitución de pesticidas por plantas transgénicas que solamente afecten a los insectos objetivo.

Palabras clave: Abejas, plantas, polinización, pesticidas, biotecnología

Abstract

Pollination occurs when pollen is taken from an anther to the stigma of a flower. Bees are the most important pollinating agents on Earth and, consequently, a great amount of vegetable products for human consumption are obtained as a result of bee pollination. The human factors affecting the bees' quality of life are pesticides and climate change, which contribute to loss of their habitats and, thus, to their mortality rate. However, biotechnology can improve the symbiotic bee-flower relationship by substituting pesticides for transgenic plants that only affect target insects.

Keywords: Bees, plants, pollination, pesticides, biotechnology

Introducción

Las plantas se dividen en dos categorías: angiospermas y gimnospermas. Las primeras se caracterizan por tener flores y frutos con semillas que sirven para su reproducción, mientras que las segundas tienen semillas desprotegidas o desnudas.

La fecundación de las plantas ocurre dentro de las flores y, posteriormente, una parte de la flor se transforma en el fruto que contendrá la semilla. Para que este tipo de reproducción se lleve a cabo, es necesario que el polen se transporte al estigma (Figura 1).

Los granos de polen provienen de la antera. Estos granos son células con su propia dotación de nutrientes además de una cubierta externa muy fuerte que le brinda protección (Curtis y Schneck, 2008).

La polinización es el mecanismo de reproducción de las flores, el cual consiste en el transporte de los granos de polen al estigma de una flor que se puede llevar a cabo gracias a las especies polinizadoras, al agua, al viento e incluso al ser humano de manera manual. Existen dos modalidades para este proceso: la autogamia o autopolinización, que puede ocurrir dentro de una misma flor y la geitonogamia, que ocurre entre flores de la misma planta. En estos procesos, se limita la variabilidad genética y las plantas hijas tienen vidas más cortas (Pattermore, 2017).

Las especies animales de polinizadores incluyen aves, escarabajos,

mariposas, murciélagos, polillas y abejas; estas últimas cuentan con más de 20,000 especies (Miller y Owens 2011) y son consideradas las polinizadoras más importantes debido a que están especializadas para usar el polen y el néctar como fuentes de alimento. Además, algunas especies de abejas benefician al ser humano con su producción de miel (Pattermore, 2017).

Las abejas y las plantas dependen unas de otras para su supervivencia. Debido a esta simbiosis, las flores logran consumir su reproducción con variabilidad genética mientras que las abejas obtienen una fuente de alimento (Abrol, 2012). Cuando las abejas son pequeñas y recolectan polen o néctar de flores muy grandes en comparación con su tamaño sin acercarse al estigma, la polinización no se puede llevar a cabo.

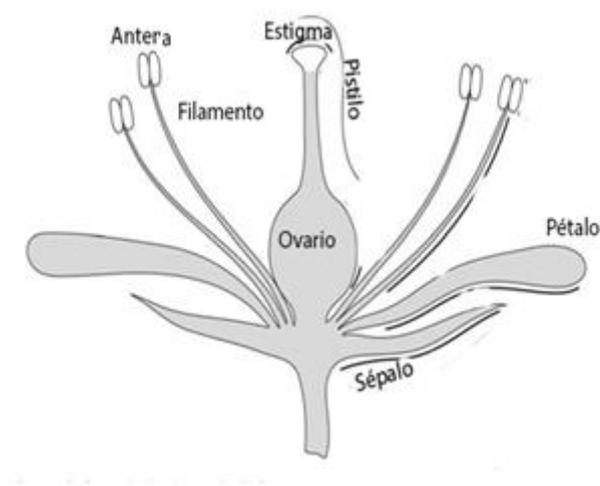


Figura 1. Partes generales de una flor (Pattermore, 2017).

Las abejas polinizadoras generalmente son hembras y tienen un patrón de comportamiento que consiste en visitar flores de la misma especie durante un período de tiempo durante el cual usan el néctar recolectado como fuente principal de carbohidratos. La alimentación de las abejas en estadio larvario consiste en néctar mezclado con polen (Michener, 2007).

Importancia de las abejas en la polinización

La polinización tiene valor tanto comercial como ecológico. Los cultivos polinizados

por viento y las especies de tubérculos representan la principal fuente de energía en la dieta humana, pero los cultivos polinizados por insectos son esenciales para el suministro de proteínas vegetales (soja, aceite de palma, colza, frijol, guisantes), fibras dietéticas (verduras), vitaminas A y C (frutas y verduras) y, en el caso de la dieta animal, la alfalfa o los tréboles aportan forraje verde o heno. Todo esto contribuye indirectamente a nuestra dieta en productos como derivados de la leche, carne de res y de cerdo, entre otros (Abrol, 2012).



Figura 2. Abeja melífera polinizando (Levy, 2011).

A nivel mundial se utilizan tres mil especies de plantas directamente como alimento, por ejemplo, semillas de judías, guisantes y soja, manzanas, peras, almendras, cerezas, tomates, berenjenas y coco. La producción de estos alimentos es resultado directo del acto de la polinización (Arena y Sgolastra, 2014).

En general, los servicios de polinización que ofrecen las abejas tanto

melíferas como silvestres pasan desapercibidos, pero son cruciales para el éxito de algunas formas de agricultura (Abrol, 2012). Un análisis en 2017 reveló la frecuencia de polinizadores en diferentes plantas como *Echium judaeum*, *Linum pubescens*, *Prasium majus*, *Ruta chalepensis* y *Salvia fruticosa*. En primera instancia se encontró a la abeja *Andrade* como el polinizador más frecuente, lo cual

indica que otros insectos no tuvieron la misma frecuencia de visita ni tanta deposición de polen (Ballantyne, Baldock, Rendell y Willmer, 2017).

El valor estimado que se ahorra en la polinización anual de cultivos es de 2 a 3 mil millones de dólares, lo cual se puede atribuir a las actividades de las abejas nativas y otros insectos (Arena y Sgolastra, 2014). Las abejas melíferas (Figura 2) son de vital importancia para la polinización de cultivos en todo el mundo, así que los rendimientos de algunos cultivos de frutas, semillas y nueces podrían disminuir más de 90% sin estos polinizadores (Söderman *et al.*, 2018). En otros casos, aunque la polinización no da como resultado la producción del alimento en sí, el proceso contribuye a la propagación del cultivo (por ejemplo, la producción de semillas utilizadas para cultivar raíces como zanahorias) o la calidad (por ejemplo, el tamaño de los tomates vinculado a la polinización repetida) (Arena y Sgolastra, 2014).

A pesar de estos beneficios, las abejas han disminuido su densidad poblacional como resultado de la intensificación agrícola y la simplificación del paisaje. La pérdida y la fragmentación de los recursos de alimentación, la pérdida de sitios de nidificación y el impacto negativo de los pesticidas son factores que han contribuido al declive de las abejas

tanto silvestres como melíferas en los paisajes agrícolas (Söderman *et al.*, 2018).

La polinización ha sido afectada de manera negativa por esta disminución, así que los agricultores han reportado dificultades para obtener servicios para cultivos como arándanos en Maine, frutas pomáceas en el noreste de los Estados Unidos y Canadá, almendras en California, pepinos de campo en el este de los Estados Unidos y Canadá y producción de semillas híbridas en el oeste de Canadá (Söderman *et al.*, 2018).

Población de abejas en decadencia

Actualmente, se ha observado una reducción en la población de abejas, atribuida a diferentes factores tales como predadores, problemas de alimentación, exposición a pesticidas y enfermedades de diferente índole (Alejandro, Lizeth, Edgardo, Idalia y Rogelio, 2017), la cual tiene grandes consecuencias ambientales y económicas al mismo tiempo que su papel como polinizadores es afectado como ya se ha mencionado anteriormente. A continuación se describen algunos factores que causan este problema.

Pesticidas

La pérdida de hábitats y la intensificación agrícola debido al uso de pesticidas para el control de plagas son dos de los principales impulsores de la disminución de abejas silvestres (Boletín 2014.2 OIE). Estos problemas se han convertido en

componentes esenciales de la agricultura moderna y afectan la población de la abeja melífera y, como consecuencia, la polinización de los cultivos que también es un factor importante en la agricultura. Sin abejas ni polinización, la producción mundial de alimentos podría verse seriamente afectada (Abrol, 2012).

La abeja melífera se considera extremadamente sensible a los pesticidas en comparación con otras especies de insectos (Arena y Sgolastra, 2014). Cuando se expone al uso de pesticidas, esta comienza a morir, así que muchas veces es utilizada como indicador ambiental de la contaminación por plaguicidas. El envenenamiento puede ser resultado de alimentos contaminados, así como de flósculos, hojas, tierra u otro material utilizado por este tipo de abeja en el anidamiento.

Es muy fácil que las abejas se envenenen con los insecticidas por las propiedades fisicoquímicas y la formulación de estos, así como por la anatomía de la abeja misma, factores responsables del riesgo de contaminar el néctar y el polen. Cuando el insecticida es de alta volatilidad (por ejemplo, el fumigante TEPP), entonces el químico puede ser absorbido a través de los espiráculos o el sistema respiratorio de la abeja. La ingestión de polen y néctar

contaminados ofrece otra ruta de entrada (Abrol, 2012).

El grado de daño que presenta la colonia de abejas por una aplicación de pesticida está influenciado no solo por la toxicidad relativa del material, el número y los métodos de aplicación, la hora del día y las condiciones climáticas, sino también por la cantidad de abejas de la colonia que visitan las zonas con flores tratadas, el tipo de alimento (néctar o polen) que están recolectando, el tipo de flores de las que se obtiene el alimento, la estación del año en que ocurre el daño e incluso la influencia del forraje disponible para las abejas durante semanas antes y después de la aplicación (Abrol, 2012).

Cambio climático

El cambio climático también ha sido considerado uno de los posibles impulsores de la disminución de los polinizadores al ser un factor en el debilitamiento de las abejas y afectar la polinización de los cultivos en muchas áreas agrícolas (Abrol, 2012; Giannini *et al.*, 2012). El momento de los eventos fenológicos, como la floración, a menudo está relacionado con variables ambientales como la temperatura. Por lo tanto, se espera que los entornos cambiantes generen alteraciones en los eventos del ciclo de la vida, las cuales se han registrado para muchas especies de plantas (Abrol, 2012).

Se han desarrollado diversas investigaciones sobre la influencia del cambio climático en la disminución de estas poblaciones. El aspecto principal del cambio climático, el aumento de la temperatura media mundial, se asocia con un avance promedio en la fenología de los eventos del ciclo de la vida en muchas especies, incluidos la migración y la reproducción (Abrol, 2012). Estos cambios climáticos pueden proporcionar mejores o peores condiciones para la reproducción, propagación y virulencia de los parásitos y las enfermedades de las abejas melíferas (Switanek, Crailsheim, Truhetz y Brodschneider, 2017).

Se ha demostrado que los períodos particularmente lluviosos influyen en el comportamiento de las abejas en el nido, mientras que las temperaturas más altas aumentan la eficiencia de las tasas de almacenamiento de miel debido a las tasas metabólicas bajas que presentan. La temperatura del aire ambiente también afecta la actividad de vuelo de las abejas melíferas, las reservas de miel, la termorregulación, la frecuencia de barrido y el aprovisionamiento de reinas (Switanek *et al.*, 2017).

En su mayor parte, los valores más altos de temperatura y la radiación global se asocian con una mayor mortalidad (Switanek *et al.*, 2017), pero se ha observado que los ambientes cálidos y las

condiciones de baja humedad están relacionadas con el desarrollo de la cría de cal, permitiendo que las colmenas se mantengan saludables (Alejandro *et al.*, 2017).

Los impactos del cambio climático son tan específicos que también pueden interrumpir la sincronización entre el período de floración de las plantas y la temporada de actividad de los polinizadores, afectando así las interacciones ecológicas y las distribuciones geográficas. La disminución de los polinizadores está en estrecha relación con la extinción de las especies vegetales (Abrol, 2012; Nemésio, Silva, Nabout y Varela, 2016). La disminución de la población de abejas en el medio ambiente dio como resultado una polinización menos eficaz de las especies de plantas nativas y también una disminución de los rendimientos de los cultivos de hasta 30%, demostrando que los cambios climáticos tienen un impacto en los polinizadores nativos de los agroecosistemas (Abrol, 2012).

El cambio climático es uno de los mayores desafíos para la conservación que existen actualmente y sus efectos son visibles, pero se prevé que se vuelvan más evidentes en términos de impacto sobre los ecosistemas naturales, la biodiversidad, la salud humana y los recursos hídricos, así como sobre las abejas mismas, las plantas

que visitan y los servicios de polinización en general (Abrol, 2012; Roberts *et al.*, 2011). La disminución de los polinizadores en todo el mundo se ha convertido en una gran preocupación para la conservación. Los cambios en su distribución se han estudiado detalladamente con el fin de comprender y anticipar posibles pérdidas de personal en las comunidades de especies (Nemésio *et al.*, 2016).

Pérdida de hábitats

Desafortunadamente, las especies de plantas y polinizadores están cada vez más en riesgo de extinción local y global por actividades humanas que inducen de manera directa a la pérdida de hábitats, el uso alterado de la tierra, la introducción de especies exóticas y el cambio climático (Abrol, 2012).

La desaparición de algunos ambientes existentes aumenta el riesgo de extinción para especies con distribuciones geográficas o climáticas estrechas (Nemésio *et al.*, 2016). Tales ambientes son arrasados por diversas actividades como la deforestación, que es un problema importante con fuertes efectos negativos sobre la biodiversidad debido a que a menudo crea una combinación de pérdida de hábitats y fragmentación que generalmente conduce a una disminución en la riqueza de especies y el tamaño de la población de especies dependientes de los bosques (Nemésio *et al.*, 2016).

A pesar de estos problemas, los seres humanos obtienen grandes beneficios de la interacción con las abejas silvestres, especialmente en el nivel de sustento, ya sea mediante la cosecha de productos apícolas, la apicultura o el comercio de miel. Sin embargo, esta interacción impulsa cambios en el sistema salvaje de abejas y seres humanos. La mayoría de los cambios, los cuales ya son bastante evidentes en algunos continentes como África y Asia, se producen por causas socio-ambientales (Matias, Leventon, Rau, Borgemeister y von Wehrden, 2017).

¿Cómo puede ayudar la biotecnología?

Los asuntos sobre la amenaza por parte de los Organismos Genéticamente Modificados (OGM) hacia las abejas salvajes aún necesitan ser completamente resueltas. Pocos autores afirman que los OGM son una causa importante de la mortalidad de las abejas (Amos, 2011), pero es necesario que estas afirmaciones sean corroboradas con muchos más estudios e investigaciones ya que son muchos más los autores que declaran nula afectación de los OGM hacia las abejas.

Biotecnología y pesticidas

Además de los beneficios para la salud y la producción de fármacos en grandes cantidades y a menor costo, la biotecnología ofrece aspectos positivos, como prácticas

agrícolas más sustentables debido a la reducción del uso de pesticidas químicos (Delborne y Kinchy, 2011). También permite disminuir la contaminación en general, los problemas de salud en los agricultores y la mortalidad de las abejas provocada por los pesticidas, por lo que podría ser una opción viable para que en el futuro se omitan las prácticas nocivas con pesticidas.

Existen múltiples evidencias que comprueban la nula afectación de los cultivos transgénicos hacia las abejas.

Con respecto a las proteínas de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*) que tienen propiedades insecticidas en contra de organismos objetivo como escarabajos y orugas, se ha demostrado que no representan ninguna amenaza para las abejas (Abrol, 2012). De la misma manera, ciertos análisis en *Apis mellifera* han confirmado que el polen transgénico de plantas de arroz que expresan las proteínas de los genes Cry2A y Cry1C no representa ningún peligro para esta especie (Wang *et al.*, 2017).

Algunas pruebas de campo realizadas durante uno y dos años

demonstraron diferencias nulas en la supervivencia larval y adulta en *Apis mellifera* entre campos con cultivos de *Brassica napus* transgénicos y no transgénicos (Huang *et al.*, 2004).

Otros beneficios de los transgénicos

El ámbito biotecnológico puede brindar beneficios que permitan facilitar la simbiosis abeja-flor. Uno de estos aspectos es el mejoramiento de la atención de las abejas hacia las flores. Se sabe que las flores ofrecen una “recompensa” (fuente de alimento) a las abejas, a cambio, estas proveen al organismo vegetal un vector de polinización que permite el intercambio genético en su reproducción. Para que esto ocurra, las flores han evolucionado hasta obtener diversos pigmentos que funcionan como mediadores en la interacción con los polinizadores (Ruxton y Schaefer, 2016). Una solución biotecnológica es mejorar las plantas de interés económico o plantas amenazadas para permitir que las abejas las encuentren más rápidamente, lo cual reduciría los tiempos de polinización al estas enfocarse en especies objetivo definidas.



Figura 3. *Brassica napus*. Por Tilo Hauke (<http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html>), CC BY-SA 3.0. Visita más reciente: 17 de noviembre de 2017.

Otra aportación biotecnológica es una línea genéticamente modificada de colza oleaginosa (*Brassica napus*, Figura 3) que logra producir néctar con mayor concentración de azúcar que la línea de control (Abrol, 2012). Este avance causaría una mayor atracción de polinizadores al permitirles obtener más nutrientes para polinizar y mejorar la misma especie durante periodos más largos de tiempo.

Conclusiones

El uso de las abejas es muy variado e importante para el ser humano y el medio ambiente, por lo que su conservación es de gran beneficio. Asimismo, las abejas desempeñan un papel importante en nuestro

sistema de producción de alimentos, ya que sin ellas la producción disminuiría de forma considerable. Por lo tanto, este artículo ha sido un recordatorio de nuestra dependencia, no solo de las abejas, si no de los ecosistemas que nos rodean.

La baja de la densidad poblacional de las abejas se debe a varios factores mencionados anteriormente, de los cuales el más importante y con más impacto es el uso de pesticidas. La biotecnología desempeña un papel importante en la búsqueda de una solución para la eliminación total del uso de estos productos en el futuro.

Referencias

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination Biology: Biodiversity Conservation and Agricultural Production*. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2>.
- Álvarez-Ramírez, Alejandro, Jiménez-González, Lizeth, Ortiz-Muñoz, Edgardo, Ruíz-García, Idalia, & Orozco-Hernández, Rogelio. (2017). Influencia de las condiciones ambientales en la presentación de Ascosferosis (*Ascosphaera apis*) o cría de cal en *Apis mellifera* (abeja). *Abanico veterinario*, 7(3), 37-46. <https://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.73.4>
- Amos, B. (2011). Death of the bees: GMO crops and the decline of bee colonies in North America. Recuperado de <http://www.globalresearch.ca/index.php?context=vaandaid=8436>
- Arena, M. y Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324-334. <https://doi.org/10.1007/s10646-014-1190-1>
- Ballantyne, G., Baldock, K. C. R., Rendell, L. y Willmer, P. G. (2017). Pollinator importance networks illustrate the crucial value of bees in a highly speciose plant community. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-08798-x>
- Boletín 2014-2 OIE. Proteger a las abejas, preservar nuestro futuro. http://www.oie.int/fileadmin/Home/esp/Publications_%26_Documentation/docs/pdf/bulletin/Bull_2014-2-ESP.pdf
- Curtis, H. y Schneck, A. (2008). *Bioogía*. (E. M. Panamericana, Ed.).
- Delborne, J. A. y Kinchy, A. J. (2011). Genetically Modified Organisms, 4, 1450-1465. Recuperado de <http://go.galegroup.com/ps/i.do?id=GALE%7CCX1762600186&v=2.1&u=txshracd2598&it=r&p=GVRL&sw=w&asid=0d636bae954d5512d6b8aa4406d9e7ab%5Cnhttp://go.galegroup.com/ps/downloadDocument.do?inPS=true&prodId=GVRL&userGroupName=txshracd2598&tabID=&documentTitle=Gene>
- Giannini, T. C., Acosta, A. L., Garófalo, C. A., Saraiva, A. M., Alves-dos-Santos, I. e Imperatriz-Fonseca, V. L. (2012). Pollination services at risk: Bee habitats will decrease owing to climate change in Brazil. *Ecological Modelling*, 244, 127-131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.06.035>

- Huang, Z. Y., Hanley, A. V., Pett, W. L., Langenberger, M., Duan, J. J., Jian, A. y Duan, J. (2004). Field and Semifield Evaluation of Impacts of Transgenic Canola Pollen on Survival and Development of Worker Honey Bees. *Source Journal of Economic Entomology J. Econ. Entomol*, 97(975), 1517-1523. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-97.5.1517>
- Matias, D. M. S., Leventon, J., Rau, A. L., Borgemeister, C. y von Wehrden, H. (2017). A review of ecosystem service benefits from wild bees across social contexts. *Ambio*, 46(4), 456-467. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0844-z>
- Michener, C. D. (2007). *The bees of the world* (Segunda Edición). Baltimore: University of Kansas. Recuperado de <http://base.dnsgb.com.ua/files/book/Agriculture/Beekeeping/Thep-Bees-of-the-World.pdf>
- Miller, R., Owens, S. J. y R??rslett, B. (2011). Plants and colour: Flowers and pollination. *Optics and Laser Technology*, 43(2), 282-294. <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2008.12.018>
- Nemésio, A., Silva, D. P., Nabout, J. C. y Varela, S. (2016). Effects of climate change and habitat loss on a forest-dependent bee species in a tropical fragmented landscape. *Insect Conservation and Diversity*, 9(2), 149-160. <https://doi.org/10.1111/icad.12154>
- Pattemore, D. E. (2017). Pollination. *Encyclopedia of Applied Plant Sciences*, 1, 309-320. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394807-6.00044-7>
- Roberts, S. P. M., Potts, S. G., Biesmeijer, K., Kuhlmann, M., Kunin, B. y Ohlemüller, R. (2011). Assessing continental-scale risks for generalist and specialist pollinating bee species under climate change. *BioRisk*, 6(1), 1-18. <https://doi.org/10.3897/biorisk.6.1325>
- Ruxton, G. D. y Schaefer, H. M. (2016). Floral colour change as a potential signal to pollinators. *Current Opinion in Plant Biology*, 32, 96-100. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2016.06.021>
- Söderman, A. M. E., Irminger Street, T., Hall, K., Olsson, O., Prentice, H. C. y Smith, H. G. (2018). The value of small arable habitats in the agricultural landscape: Importance for vascular plants and the provisioning of floral resources for bees. *Ecological Indicators*, 84(Septiembre de 2017), 553-563. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.09.024>
- Switanek, M., Crailsheim, K., Truhetz, H. y Brodschneider, R. (2017). Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Science of the Total Environment*, 579, 1581-1587.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.178>

Wang, Y., Dai, P., Chen, X., Romeis, J., Shi, J., Peng, Y. y Li, Y. (2017). Ingestion of Bt rice pollen does not reduce the survival or hypopharyngeal gland development of *Apis mellifera* adults. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(5), 1243-1248. <https://doi.org/10.1002/etc.3647>