



Figura 1. A la izquierda, colmena de abeja de la miel en un cultivo de sandía y, a la derecha, colmena de abejorro en un cultivo de frambuesa.

Empleo de polinizadores comerciales para la producción de frutos y semillas en cultivos

La cosecha de más de dos tercios de las principales especies de cultivos a nivel mundial depende de polinizadores. Para asegurar la producción y calidad óptima de frutos y semillas, muchos agricultores utilizan polinizadores comerciales en sus cultivos, como la abeja de la miel o los abejorros. Sin embargo, el uso de estos polinizadores no está optimizado y en ocasiones no producen el efecto deseado. Además, gran parte de los polinizadores comerciales se mueven diariamente hacia las zonas adyacentes de los cultivos para recolectar néctar y polen de plantas silvestres. Este proceso puede llegar a perjudicar a la fauna y flora nativa.

**Alejandro Trillo* y
Montserrat Vilà**

Estación Biológica de
Doñana (EBD-CSIC),
Sevilla
*atrilloig@gmail.com

Durante las últimas seis décadas, la agricultura de muchos países se ha vuelto más dependiente de animales polinizadores. Esto ha sido provocado no solo por un reemplazo del tipo de cultivos, sino también por la expansión del área dedicada a estos cultivos en detrimento de los espacios naturales. En España, por ejemplo, la agricultura dependiente de polinizadores ha aumentado en un 2,5%, mientras que en países como Argelia y Argentina hasta en un 10% (Potts y col., 2016).

La polinización animal, en su mayoría por insectos, afecta directamente a la cosecha del 75% de los cultivos más importantes a nivel global. Estos son la mayoría de los que producen frutos y semillas que consumimos, como por ejemplo el café, el cacao, el girasol, la fresa o la manzana. Se estima que los servicios de polinización mediados por animales contribuyen en alrededor de 300 mil millones de euros anuales a la producción global de los cultivos. Pues bien, estos servicios son aportados, por un lado, por polinizadores autóctonos que además de visitar flores silvestres, visitan frecuentemente las flores de los cultivos para recolectar néctar y/o polen, aprovechando los picos de floración. En España, la diversidad de polinizadores es muy alta. Se estima que solo para el grupo de las abejas existen más de mil especies (más de 20.000 en todo el mundo). Por otro lado, los servicios de polinización son también aportados por especies de insectos polinizadores que se crían con fines comerciales. De hecho, el uso de estos polinizadores se ha convertido en una práctica cada vez más común a escala global que ha acompañado al incremento del área dedicada a cultivos dependientes de polinizadores.

Polinizadores comerciales

La especie de polinizador comercial más usada a nivel mundial es la abeja de la miel (*Apis mellifera*). Probablemente es el animal manejado más abundante y extendido en el mundo. La abeja de la miel ha sido utilizada históricamente para la producción de miel y durante las últimas décadas también para la polinización de muchos cultivos. A pesar de la creciente preocupación por el estado de salud de sus poblaciones, al ser un animal manejado, el suministro de colmenas



Figura 2. A la izquierda, una abeja de la miel visita una flor de judía verde y, a la derecha, un sírfido de la especie *Eristalinus aeneus* (polinizador silvestre) visita una flor de fresa.

a nivel mundial ha aumentado en alrededor de un 45% desde las últimas seis décadas. En España, el aumento ha sido aproximadamente de un 250%, pasando de 700.000 colonias a 2,8 millones en la actualidad.

El uso de colonias de abejorros, mayoritariamente de la especie *Bombus terrestris*, para la polinización de cultivos ha crecido en los últimos años, convirtiéndose probablemente en uno de los grupos de polinizadores comerciales más usados después de la abeja de la miel. Los abejorros se empezaron a criar a finales de los 80 en Holanda para su uso en invernaderos de tomate. Antes, la polinización del tomate se realizaba de forma mecánica y el uso de abejorros permitió reducir costes y mejorar el rendimiento y calidad de los frutos. Este éxito, combinado con el manejo fácil de sus colonias, la capacidad de forrajeo en condiciones climáticas adversas y, en ocasiones, una mayor eficacia que la abeja de la miel ha llevado al crecimiento del comercio mundial de abejorros. Hoy en día, se usan colonias de abejorros no solo en cultivos de tomate, sino también en más de veinte tipos de cultivos, como por ejemplo en el pimiento, la sandía y en frutos rojos como la fresa y el arándano. En 2006 se estimó que el número de colonias producidas era de un millón anualmente, aunque todo apunta a que su número se ha ido multiplicando hasta la actualidad (Velthuis y van Doorn, 2006).

Además, existen alrededor de treinta especies de abejas (Garibaldi y col., 2017) y un número no cuantificado de otros insectos que no son abejas, como los dípteros, que son criados para los servicios de polinización, pero que, hasta la fecha, su uso se limita a cultivos y regiones geográficas especí-

ficas. Por ejemplo, en el norte de Estados Unidos se utilizan abejas solitarias de la especie *Megachile rotundata* para la polinización de la alfalfa. En regiones tropicales y subtropicales se emplean varias especies de abejas sociales sin aguijón del género *Melipona* en la polinización de cultivos como el tomate y el pimiento. Varias especies de abejas solitarias del género *Osmia* son usadas para la polinización del almendro, la manzana y la pera. Y como curiosidad, en el sur de España (Almería) se está empezando a criar dípteros de la especie *Eristalinus aeneus* para la polinización del pepino y la calabaza, entre otros.

Eficacia de los polinizadores comerciales

En general, el empleo de polinizadores comerciales suele tener un efecto positivo en el rendimiento y calidad de la mayoría de cultivos, debido a un déficit de polinización generalizado en la agricultura actual caracterizado en muchas regiones por extensas plantaciones de producción intensiva. Sin embargo, su uso está poco optimizado e incluso en ocasiones se desconoce el papel que juegan en la polinización del cultivo donde son empleados. Además, su eficacia va a depender de multitud de factores, incluidos los propios del medio ambiente en los que se localiza el cultivo.

En cultivos impermeables para los polinizadores silvestres, tipo invernaderos, el empleo de polinizadores resulta esencial para la cosecha. Veamos algunos ejemplos. En un estudio realizado en Brasil en cultivos de tomate vieron que el uso de colmenas de abejas sociales tipo *Melipona quadrfasciata* aumentaba el peso medio de la fruta

transferencia tecnológica

| hortícolas |

en 26 gramos (32%) comparado con el empleo de colmenas de abeja de la miel y en 42 gramos (65%) en ausencia de polinizadores (Dos Santos y col., 2009). En otro estudio en cultivos de melocotón en China observaron que el uso de colonias de abejorros de la especie *Bombus patagiatus* incrementaba el cuajado de frutos en un 15% y en un 56% en comparación al empleo de colonias de abeja de la miel o en ausencia de polinizadores, respectivamente (Zhang y col., 2015). En otro estudio en Canadá se ha visto que el uso de dípteros como por ejemplo la especie *Eristalis tenax* mejora la forma y aumenta el peso de los pimientos (Jarlan, De Oliveiray Gingras, 1997).

Tal y como hemos podido ir viendo en los ejemplos anteriores, el papel que desempeñan los polinizadores comerciales en cultivos de invernadero es muy importante. No obstante, tanto el tipo de forrajeo que realizan las distintas especies de polinizadores como la morfología floral del propio cultivo van a ser clave para que su combinación resulte en un mayor rendimiento de la cosecha. Por ejemplo, en un estudio realizado en fresa se observó que el comportamiento de varias especies de abejas solitarias difiere del de la abeja de la miel. Mientras las abejas solitarias se movían de forma circular sobre los estambres (órgano masculino de la flor) y con frecuencia se paraban para restregar sus patas sobre las anteras (parte terminal del estambre donde se produce el polen), las abejas de la miel se movían más desde el exterior de la flor hacia la zona central del estigma (parte que recibe el polen durante la polinización). Por tanto, ambos grupos de polinizadores parecían tener un papel complementario en la polinización de la fresa, aunque el comportamiento de la abeja de la miel resultó ser más eficiente (Chagnon, Gingras y De Oliveira, 1993).

En el caso de cultivos permeables para los polinizadores silvestres, tipo invernaderos abiertos por sus extremos y campos de cultivo, la eficacia de los polinizadores comerciales va a depender no solo de su propia identidad y la del cultivo, sino también de factores que medien la presencia de polinizadores silvestres. De hecho, el mayor rendimiento y calidad de la cosecha se suele relacionar con la abundancia y riqueza de polinizado-



Figura 3. Cultivo de fresa bajo plástico en la provincia de Huelva.

res silvestres en los cultivos, en lugar de con la abundancia de la especie introducida, como puede ser la abeja de la miel (Garibaldi y col., 2013). Esto se debe, en parte, a lo que comentábamos anteriormente acerca de una función de polinización complementaria entre distintas especies. Sin embargo, algo que resulta contradictorio es que a medida que aumenta el área de cultivo en detrimento de los espacios naturales o las plantas de cultivo están más alejadas de estos espacios, la presencia de polinizadores silvestres suele disminuir debido a que muchos no sobreviven en estos sistemas agrícolas puesto que necesitan una dieta rica de flores y hábitats naturales para la nidificación (Kennedy y col., 2013).

Como comentábamos al principio de esta sección, una de las soluciones frente a la falta de polinizadores silvestres es suplementar los cultivos con especies comerciales para intentar paliar hasta cierto punto el déficit polínico. Por ejemplo, en Israel en cultivos de girasol se ha visto que el uso de polinizadores comerciales, específicamente colonias de abeja de miel, es vital para la producción de semillas, ya que las densidades que presentan los polinizadores silvestres no cubren los servicios de polinización requeridos (Pisanty, Klein y Mandelik, 2014). Pero también existen casos en los que a pesar de que se emplean polinizadores comerciales de forma generalizada, esto no resulta en un beneficio para el agricultor. Por ejemplo, en Huelva, en cultivos de fresa, hemos visto que el empleo de colonias de abejorros no se tradu-

ce en un mayor peso o calidad de la fresa. Los servicios de polinización necesarios para la producción de fresas del mayor peso ya los proporcionan la comunidad de visitantes florales silvestres. Hay que tener en cuenta que estos campos de fresa estaban ubicados en zonas adyacentes a hábitats naturales (Trillo, Herrera y Vilà, 2018). Incluso, hay algún estudio en el que se encuentran efectos negativos cuando las visitas a las flores son excesivas. Por ejemplo, en Argentina, en cultivos de frambuesa se vio que una tasa de visitas excesivas a las flores, sobre todo de abejorros pero también de abeja de la miel, provocaba daños en el estilo (prolongación del ovario) y por tanto, perjudicaba la formación de los frutos (Sáez y col., 2014).

Pero entonces, ¿necesito emplear polinizadores en mis cultivos? Si es así, ¿cuántas colmenas o pupas hay que poner de cada especie de insecto?, ¿su rendimiento es igual para todo tipo de cultivos ya sean en invernaderos o en campos abiertos? Pues bien, para saber si realmente necesitamos polinizadores, la ayuda de un experto en polinización va a ser clave. A pesar del impacto que tiene este proceso en la economía del sector agrícola, carecemos en gran medida de expertos (en ocasiones subestimados) que evalúen de una forma fina las necesidades polínicas de los cultivos. Una de las medidas más adoptadas, y con esto enlazamos con la segunda pregunta, es el empleo de un número considerable de colonias o pupas para intentar alcanzar densidades elevadas de poliniza-

Andermatt Iberia,

nueva filial del grupo

ANDERMATT



SOLUCIONES DE BIOCONTROL

NeemPro[®] Helicovex[®] Littovir[®]

Madex[®] Twin

Madex[®] Top

Curatio[®]

VitiSan[®]



Andermatt

• • • • • Iberia

Andermatt Iberia S.L.
C/ Miguel Íscar 3 – 5D
47001 Valladolid
Tlf.: 669774572
info@andermattiberia.com

transferencia tecnológica

| hortícolas |

dores en los cultivos, práctica fomentada en parte por las empresas que crían estas especies, a pesar de que se ha visto que esta acción puede no ser beneficiosa (incluso negativa) para la cosecha (Rollin y Garibaldi, 2019). En general, el número de colmenas o pupas recomendadas por hectárea varía muchísimo, incluso para el mismo tipo de cultivo, y además, enlazando con la tercera pregunta, no tiene en cuenta la presencia de otros polinizadores en el medio. Por ejemplo, el número de colmenas de abeja de la miel para polinizar una hectárea de fresa oscila entre dos y 25; sin embargo, no existen datos sobre su éxito en la polinización. El número de colmenas de abejorros recomendadas para este mismo cultivo oscila entre cuatro y seis por hectárea, pero tampoco hay datos sobre su función en la polinización. Finalmente, el número recomendado de insectos que no son abejas, tipo dípteros, para, de nuevo, cultivos de fresa, es de diez a veinte individuos por metro cuadrado, al igual que para muchos otros cultivos, aunque, y ya no sorprende, tampoco sabemos nada sobre su eficacia. Por tanto, podemos decir que, a pesar de las recomendaciones, hay pocos estudios fehacientes sobre la "capacidad de carga" de los polinizadores comerciales.

Además, hay que tener en cuenta que el grado de dependencia de polinizaciones para la producción de frutos y semillas es distinto entre variedades de un mismo tipo de cultivo. En fresa, se ha visto que para una variedad llamada "K" el efecto de una polinización por insectos supone un aumento del 80% en el peso del fruto, mientras que para una variedad llamada "H", este efecto resulta en un incremento del 25% (Klatt y col., 2014).

También, en función de las características del paisaje, muchos polinizadores comerciales no van a forrajear en las flores de los cultivos donde se pretende que vayan, sino que lo harán en flores silvestres que les resulten mucho más atractivas.

Riesgos ambientales asociados al uso de polinizadores comerciales. Los polinizadores comerciales son especies generalistas capaces de volar distancias de hasta 2 km para satisfacer sus necesidades dietéticas. Es por tanto que gran parte de los polinizadores usados en los cultivos se

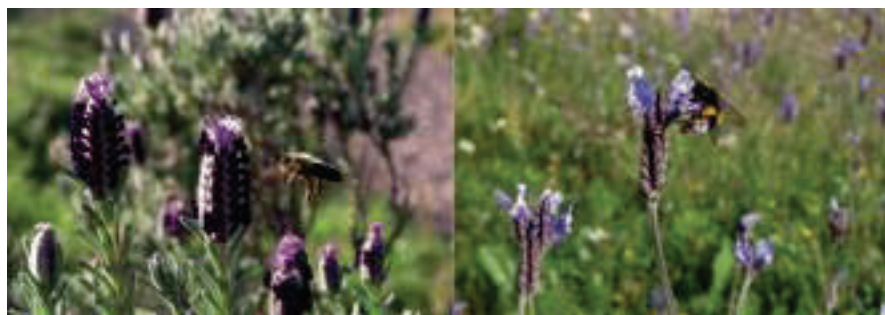


Figura 4. A la izquierda, abeja de la miel aproximándose a las flores del cantueso (*Lavandula stoechas*) en el parque natural de Doñana, cerca de cultivos de frutos rojos. A la derecha, abejorro visitando flores de espliego de hoja dividida (*Lavandula multifida*), en el parque natural de Cabo de Gata-Níjar, cerca de cultivos de tomate.

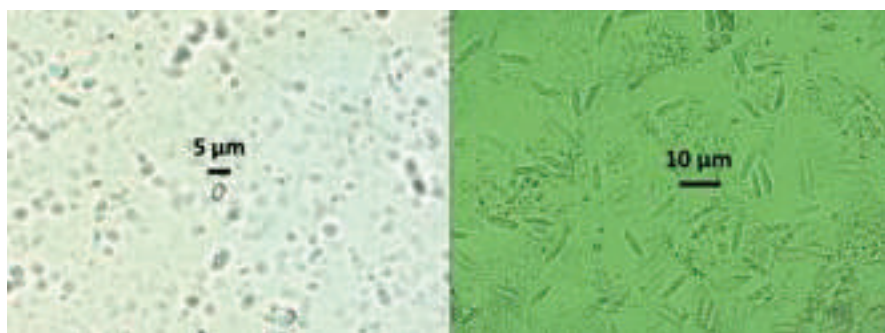


Figura 5. A la izquierda, espora de parásito del género *Nosema* y, a la derecha, esporas de la especie *Apicystis bombi*, procedentes del tejido graso de un abejorro producido de forma comercial, vistas al microscopio óptico (amplificación de 400x).

mueven diariamente hacia las zonas naturales adyacentes a los cultivos para recolectar néctar y polen. Este movimiento de polinizadores comerciales hacia las zonas adyacentes de los cultivos se ha asociado a una serie de riesgos indeseados para los insectos y flores silvestres (Goulson, 2003) que se describen a continuación:

Competencia por los recursos florales. Una elevada abundancia de polinizadores comerciales en el hábitat natural puede reducir la disponibilidad de néctar y polen de las flores para los polinizadores silvestres. Por ejemplo, en Japón, el uso de abejorros comerciales para la polinización de tomate ha ocasionado que varias especies de abejorros nativos hayan desaparecido de las zonas adyacentes a estos cultivos. Esto indica una fuerte competencia por los recursos florales con los abejorros introducidos (Ishii y col., 2008).

Transmisión de parásitos. Los polinizadores comerciales albergan parásitos que pueden ser transmitidos a los polinizadores silvestres a través de las flores que visitan. Por ejemplo, en Irlanda se ha encontrado una mayor prevalencia de parásitos en polinizadores en zonas adyacentes a cultivos donde se usan abejorros comerciales

en comparación con zonas alejadas (Murray y col., 2013).

Hibridación. El uso de polinizadores comerciales de taxones filogenéticamente próximos (es decir, congénéricos o intraespecíficos) a los nativos puede resultar en un apareamiento entre ellos. En el sur de España hay indicios de que la subespecie comercial de abejorro *B. t. terrestris* hibride con la subespecie nativa *B. t. lusitanicus* (Cejas y col., 2018).

Cambios en la producción de semillas. El aumento en la tasa de visitas de polinizadores comerciales a las plantas silvestres puede repercutir de manera positiva pero también negativa en la reproducción de las plantas silvestres. Por ejemplo, en los matorrales de Huelva se ha visto que una tasa muy elevada de visitas de la abeja de la miel disminuye la producción de semillas de dos especies de cistáceas (Magrach y col., 2017).

Conclusiones

Se necesitan más estudios diseñados para encontrar un nivel óptimo de polinización con el fin de mejorar el empleo de polinizadores comerciales en los cultivos. No solo debe de ha-

ber una mayor inversión pública que permita desarrollar este tipo de trabajos, sino que deberíamos exigir a las empresas y cooperativas que se involucren. Esto resultaría en un mayor beneficio para el agricultor, ya que permitiría optimizar, por un lado, el desembolso que tienen que hacer para asegurar los servicios de polinización de sus cultivos, y por otro, la producción del mismo.

En general, todo apunta a que si queremos mantener nuestra forma actual de producción agrícola, es decir, producción intensiva ocupando extensas áreas de cultivo, necesitaremos emplear polinizadores comerciales que suplementen la función de polinización por insectos silvestres. Con el fin de minimizar el impacto que su uso puede

ocasionar en el ecosistema, se debería apostar por especies autóctonas y asegurar que durante su producción y manejo estén libres de parásitos. A la vez, hay que priorizar la conservación de la biodiversidad de polinizadores, no solo porque ésta es fundamental para salvaguardar la producción de los frutos y semillas de la mayor calidad y de manera gratuita, sino porque frente al cambio climático, una elevada diversidad de polinizadores silvestres puede mejorar y estabilizar la sincronía fenológica entre la floración de los cultivos y sus polinizadores nativos (Bartomeus y col., 2013).

Por tanto, se necesita una estrategia política sobre polinizadores que sea holista. Las políticas de manejo y conservación de polinizadores deben

considerar ambos tipos de polinizadores, los comerciales y los silvestres. Es importante, por ejemplo, la creación de áreas dentro de los cultivos que permitan la nidificación de polinizadores y el acceso a recursos florales más diversos que puedan garantizar su supervivencia en el tiempo. Además, hay que tener en cuenta que la aplicación masiva de plaguicidas, un tema que requiere de un artículo aparte, ponen en riesgo la supervivencia de todos los polinizadores (Whitehorn y col., 2008).

Agradecimientos

Gracias a la Ayuda Fundación BBVA a Equipos de Investigación Científica 2018 que financia el proyecto ABEJORROS continuamos investigando este tema.

Bibliografía

- Bartomeus, I. y otros autores** (2013). Biodiversity ensures plant-pollinator phenological synchrony against climate change. *Ecology Letters*, 16: 1331–1338.
- Chagnon, M.; Gingras, J. & De Oliveira, D.** (1993). Complementary aspects of strawberry pollination by honey and indigenous bees (Hymenoptera). *Journal of Economic Entomology*, 86: 416–420.
- Dos Santos, S. A. y otros autores** (2009). Pollination of tomatoes by the stingless bee *Melipona quadrifasciata* and the honey bee *Apis mellifera* (Hymenoptera, Apidae). *Genetics and Molecular Research*, 8: 751–757.
- Cejas, D. y otros autores** (2018). Searching for molecular markers to differentiate *Bombus terrestris* (Linnaeus) subspecies in the Iberian Peninsula. *Sociobiology*, 65: 558–565.
- Garibaldi, L. A. y otros autores** (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339: 1608–1611.
- Garibaldi, L. A. y otros autores** (2017). Towards an integrated species and habitat management of crop pollination. *Current Opinion in Insect Science*, 21: 105–114.
- Goulson, D.** (2003). Effects of introduced bees on native ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34: 1–26.
- Ishii, H. S. y otros autores** (2008). Habitat and flower resource partitioning by an exotic and three native bumble bees in central Hokkaido, Japan. *Biological Conservation*, 141: 2597–2607.
- Jarlan, A.; De Oliveira, D. y Gingras, J.** (1997). Pollination by *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae) and seed set of greenhouse sweet pepper. *Journal of Economic Entomology*, 90: 1646–1649.
- Kennedy, C. M. y otros autores** (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters*, 16: 584–599.
- Klatt, B. K. y otros autores** (2014). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281: 20132440.
- Magrath, A. y otros autores** (2017). Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success. *Nature Ecology and Evolution*, 1: 1299–1307.
- Murray, T. E. y otros autores** (2013). Pathogen prevalence in commercially reared bumble bees and evidence of spillover in conspecific populations. *Biological Conservation*, 159: 269–276.
- Pisanty, G.; Klein, A. M. y Mandelik, Y.** (2014). Do wild bees complement honeybee pollination of confection sunflowers in Israel? *Apidologie* 45: 235–247.
- Potts, S. G. y otros autores** (2016). Safeguarding pollinators and their values to human well-being. *Nature*, 540: 220–229.
- Rollin, O. y Garibaldi, L. A.** (2019). Impacts of honeybee density on crop yield: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 56: 1152–1163.
- Sáez, A. y otros autores** (2014). Extremely frequent bee visits increase pollen deposition but reduce drupelet set in raspberry. *Journal of Applied Ecology*, 51: 1603–1612.
- Trillo, A.; Herrera, J. M. y Vilà, M.** (2018). Managed bumble bees increase flower visitation but not fruit weight in polytunnel strawberry crops. *Basic and Applied Ecology*, 30: 32–40.
- Velthuis, H. H. W. y van Doorn, A.** (2006). A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie*, 37: 421–451.
- Whitehorn, P. R. y otros autores** (2008). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*, 336: 351–352.
- Zhang, H. y otros autores** (2015). Managed bumblebees outperform honeybees in increasing peach fruit set in China: different limiting processes with different pollinators. *PLoS One*, 10: e0121143.