

El declive de las abejas

Peligros para los polinizadores
y la agricultura de Europa

Nota técnica de la Unidad
Científica de Greenpeace
Revisión 1/2013

GREENPEACE

El declive de las abejas

Peligros para los polinizadores y la agricultura de Europa

Nota técnica de los laboratorios de Greenpeace. Revisión 1/2013

Resumen 3

1. Importancia de las abejas y otros polinizadores para la agricultura y la conservación de ecosistemas 13

2. Situación europea y global de las abejas y otros polinizadores 17

3. Principales factores que afectan a la salud de las abejas 23

4. Insecticidas 29

5. ¿Qué podemos hacer para proteger a las abejas y otros polinizadores? 37

6. Conclusiones y recomendaciones 43

Referencias 44

Para más información enviar un mensaje a: info@greenpeace.org

Autores

Reyes Tirado, Gergely Simon y Paul Johnston
Unidad Científica de Greenpeace, Universidad de Exeter, Reino Unido

Fotografías de la portada y contraportada

© Greenpeace / Pieter Boer

Fotografía de fondo de panel de abeja

© Greenpeace / Pieter Boer

JN446

Publicado en abril de 2013 por **Greenpeace Internacional**
Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
Amsterdam (Países Bajos)
Tel: +31 20 7182000
greenpeace.org

Resumen

La próxima vez que una abeja zumbe a tu alrededor, recuerda que muchos de nuestros alimentos dependen en gran medida de la polinización natural intermediada por insectos: un servicio clave que abejas y otros polinizadores prestan al ecosistema.

Sin la polinización entomófila (realizada por insectos) aproximadamente un tercio de los cultivos que consumimos tendrían que ser polinizados por otros medios o producirían una cantidad de alimento significativamente menor. Bajaría la productividad de hasta un 75% de nuestras cosechas. Sin duda, los cultivos más nutritivos e interesantes para nuestra dieta –entre ellos, muchas frutas y verduras, así como ciertos cultivos forrajeros utilizados para la producción de carne y lácteos– se verían afectados de manera grave por un descenso en las poblaciones de insectos polinizadores; sufriría, en particular, la producción de manzanas, fresas, tomates y almendras.

El cálculo más reciente del beneficio económico global de la polinización arroja un resultado de unos 265 mil millones de euros correspondientes al precio de las cosechas que dependen de la polinización natural. No se trata de una suma “real”, por supuesto, ya que oculta el hecho de que, si la polinización natural se viese seriamente perjudicada o cesase, podría resultar imposible de sustituir; algo que, en la práctica, hace que su valor tienda al infinito.

¿Y cómo se puede cuantificar, por ejemplo, el color de un hermoso día de primavera? Además de los cultivos, la mayor parte de la flora silvestre (hasta un 90%) precisa de la polinización por intermedio de animales para reproducirse y, por lo tanto, otros servicios ecológicos y los hábitats naturales que los proporcionan dependen también –directa o indirectamente– de los insectos polinizadores.

Las abejas –incluyendo las melíferas utilizadas en la apicultura y muchas especies silvestres– son el grupo de polinizadores predominante y principal desde el punto de vista económico en la mayoría de regiones geográficas. Las abejas melíferas, sin embargo, se han visto cada vez más castigadas en los últimos años, aun cuando el mundo avanza hacia el cultivo de variedades que dependen de la polinización. De forma similar, el papel de los polinizadores silvestres –abejas y otros insectos– gana relevancia a nivel mundial e interesa cada vez más a los investigadores. Por otra parte, las abejas silvestres también se ven amenazadas por muchos factores medioambientales, incluyendo la falta de hábitats naturales y seminaturales, así como una mayor exposición a sustancias químicas manufacturadas.

En términos sencillos, el número de abejas y otros polinizadores –silvestres y manejados– parece estar reduciéndose en todo el mundo, pero en especial en Norteamérica y Europa. La falta de programas regionales o internacionales sólidos, diseñados para vigilar el estado actual y las tendencias de los polinizadores, supone una considerable incertidumbre en cuanto a la escala y la extensión de este descenso. Sin embargo, solo las pérdidas conocidas son ya notables. En los últimos inviernos, la mortalidad de las colonias de abejas melíferas en Europa ha sido del 20% de media (con un amplio rango entre el 1,8% y el 53% de unos países a otros).

Se pueden identificar tres preocupaciones fundamentales en cuanto a la salud global de los polinizadores:

1

No se dispone, en la actualidad, de datos precisos que permitan alcanzar conclusiones firmes sobre el estado de los polinizadores globales en términos de abundancia y diversidad.

2

Puesto que la demanda de polinizadores –a nivel local y regional– crece a más velocidad que la oferta, podríamos estar enfrentándonos a una polinización restringida, ahora y en el futuro inmediato. Esto se debe a que el aumento de los cultivos de gran valor que dependen de la polinización está superando el crecimiento de la población mundial de abejas melíferas, a la vez que los polinizadores silvestres disminuyen en abundancia y diversidad.

3

Las poblaciones de abejas melíferas son muy desiguales entre regiones agrícolas: crecen en algunos países productores de miel, pero disminuyen en el resto, incluyendo regiones con gran producción agrícola en EE. UU., Reino Unido y muchos otros países de Europa occidental.

En determinadas regiones de Norteamérica, Asia oriental y Europa, el valor de la polinización puede alcanzar los 1.500 dólares por hectárea (1.170,50 euros), dinero que los agricultores –y la sociedad en general– perderán si se reducen las poblaciones de polinizadores. En grandes zonas de Italia y Grecia, se vinculan valores excepcionalmente altos a los beneficios de la polinización; lo mismo que en amplias regiones de España, Francia, Reino Unido, Alemania, Países Bajos, Suiza y Austria, donde existen también sitios donde la polinización asume un alto valor.

El aumento de precios entre 1993 y 2009 para algunos cultivos dependientes de polinización se puede interpretar como “señal de alarma” de las tensiones entre la merma de polinizadores y los rendimientos de las cosechas. Si deseamos evitar más restricciones en la producción alimentaria y más deforestación para ampliar la tierra cultivable, debemos trabajar para hacer frente a los factores que ponen en riesgo la polinización, centrándonos en los impactos en las abejas melíferas y los polinizadores silvestres.

Ningún factor por sí solo es culpable del descenso general en la población mundial de abejas, o del empeoramiento de la salud de éstas: no hay duda de que este declive es el producto de varios factores, algunos conocidos y otros no, que actúan por separado o combinados.

Dicho lo cual, los factores más importantes que afectan a la salud de los polinizadores están relacionados con enfermedades y parásitos; y con prácticas agrícolas industriales más amplias, que afectan a muchos aspectos del ciclo de vida de una abeja. Sin olvidar el cambio climático, que también supone una creciente amenaza para la salud de los polinizadores.

Enfermedades y parásitos

Muchos apicultores están de acuerdo en que el ácaro ectoparásito invasivo *Varroa destructor* es un peligro serio para la apicultura en todo el mundo. Otros parásitos, como el *Nosema ceranae*, han demostrado ser extremadamente dañinos para las colonias de abejas melíferas en algunos países del sur de Europa. Asimismo es probable que otros patógenos y virus nuevos estén afectando también a las colonias de abejas.

La capacidad de estas para resistir enfermedades y parásitos parece estar influida por varios factores, en especial, su estado nutricional y su exposición a sustancias químicas tóxicas. Algunos plaguicidas, por ejemplo, parecen debilitar a las abejas melíferas, que se hacen más sensibles a la infección y los parásitos.

Agricultura industrial

El conjunto de los polinizadores no puede escapar de los distintos impactos de la agricultura industrial. Sufre la destrucción de su hábitat natural causada por la agricultura y, al volar sobre explotaciones agrícolas, los efectos nocivos de las prácticas intensivas.

También acusan la fragmentación de los hábitats naturales y seminaturales, la expansión de los monocultivos y la falta de diversidad. Las prácticas destructivas que limitan la capacidad de anidación de las abejas, y el uso de herbicidas y plaguicidas convierten la agricultura industrial en una de las mayores amenazas para las comunidades de polinizadores en todo el mundo.

Por otro lado, los sistemas agrícolas que se basan en la biodiversidad y no utilizan sustancias químicas peligrosas, como los de cultivo ecológico, pueden beneficiar a las comunidades de polinizadores, tanto manejados como silvestre, aumentando la heterogeneidad de hábitats para las abejas. Como por ejemplo, los sistemas ecológicos multicultivo, que ofrecerán recursos florales adicionales a los polinizadores.

Cambio climático

Muchas de las consecuencias predichas para el cambio climático, como el aumento de temperaturas, las modificaciones de pautas de precipitación y fenómenos meteorológicos más erráticos o extremos, tendrán impacto en las poblaciones de polinizadores, afectándolos individualmente y, en última instancia, como comunidad, y reflejándose en tasas de extinción más altas para las especies polinizadoras.

Insecticidas

En particular, los insecticidas suponen el riesgo más directo para los polinizadores. Como su nombre indica, se trata de sustancias químicas diseñadas para matar insectos. Por lo general, se aplican ampliamente en el medio ambiente en torno a los cultivos. Aunque el papel relativo de los insecticidas en el descenso global de las poblaciones de polinizadores sigue estando poco definido, es cada vez más evidente que algunos, en concentraciones aplicadas hoy en día de forma rutinaria en la agricultura intensiva, ejercen claros efectos negativos en la salud de los polinizadores, a nivel individual y de colonia.

Los efectos subletales observados para dosis bajas de insecticidas en las abejas son varios y diversos. Se pueden clasificar en:

1) Efectos fisiológicos de distintos niveles. Por ejemplo, se han medido en términos de tasas de desarrollo (es decir, el tiempo requerido para alcanzar la edad adulta) y malformaciones (como en las celdillas de los panales).

2) Alteración del patrón de pecoreo. Por ejemplo, efectos evidentes en el aprendizaje y la orientación.

3) Interferencias en el comportamiento alimentario, mediante efectos repelentes, que inhiben la alimentación o de reducción de la capacidad olfativa.

4) Impacto de los plaguicidas neurotóxicos en los procesos de aprendizaje. Por ejemplo, se han constatado problemas en el reconocimiento de flores y colmenas, de orientación espacial, que son muy relevantes y han sido estudiados y ampliamente identificados.

Estos efectos negativos sirven como advertencia de los impactos inesperados que los plaguicidas tóxicos para las abejas podrían tener en el conjunto de polinizadores. Y son un recuerdo de la necesidad de aplicar el principio de precaución para protegerlos.

Las restricciones aplicadas solo a los cultivos atractivos para las abejas melíferas aún podrían exponer a otros polinizadores al peligro de los plaguicidas tóxicos para éstas.

El grupo de insecticidas conocido como neonicotinoides tienen como característica que son sistémicos. Es decir, al aplicarlos no se mantienen en el exterior de la planta, sino que entran en su sistema vascular y se distribuyen por ella. Algunos neonicotinoides se utilizan para revestir las semillas (semilla en píldoras) y protegerlas al plantarlas. Cuando la semilla en píldoras comienza a germinar y crecer, los neonicotinoides se distribuyen por los tallos y las hojas de la planta, y pueden finalmente alcanzar el agua de gutación (las gotitas que exuda el plantón en el extremo de los cotiledones) y más tarde el polen y el néctar. Un mayor uso de neonicotinoides significa más posibilidades de exposición de los polinizadores a estas sustancias químicas durante periodos más largos, pues los insecticidas sistémicos se pueden encontrar en diversos lugares durante el ciclo de vida de una planta.

El polen recolectado por las abejas –su principal fuente de proteínas, con un papel crucial en su nutrición y la salud de la colonia– puede contener altos niveles de varios residuos de plaguicidas. Cuando hay tantos residuos diferentes de plaguicidas en el medio que les rodea, es lógico pensar en que va a haber interacciones que van a afectar a la salud de las abejas. En palabras de un investigador: “Parece probable que sobrevivir a base de polen con una media de siete plaguicidas diferentes tenga consecuencias” (Mullin et ál., 2010).

Se podría elaborar una lista de estos plaguicidas tóxicos para las abejas, con el fin de centrar la acción en sus posibles riesgos inmediatos para la salud de los polinizadores. Sobre la base de las pruebas científicas actuales, Greenpeace ha identificado siete insecticidas prioritarios cuyo uso debería restringirse, y que deberían

eliminarse del medio ambiente para evitar la exposición de las abejas y otros polinizadores silvestres. Se trata de: **imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, fipronil, clorpirifos, cipermetrin y deltametrin.**

El uso de estas sustancias está muy extendido en Europa y, en concentraciones altas, ha demostrado tener efectos graves en las abejas, principalmente en las melíferas, su objetivo en los modelos de investigación, pero también en otros polinizadores. Preocupa, asimismo, el hecho de que se hayan identificado impactos como resultado de la exposición crónica y a dosis bajas subletales. Los efectos observados incluyen trastorno de la capacidad pecoreadora (las abejas se pierden al volver a la colmena tras pecorear y son incapaces de orientarse con eficacia), trastorno de la capacidad de aprendizaje (memoria olfativa, esencial para el comportamiento de la abeja), mayor mortalidad y desarrollo disfuncional, incluyendo en larvas y reinas (la Tabla 1 contiene un resumen de los daños potenciales de las siete sustancias químicas prioritarias).

La ciencia es clara y contundente al respecto: el daño potencial de estos plaguicidas parece exceder en mucho a todo presunto beneficio de la mayor productividad agrícola que pudiere resultar de su papel en el control de plagas. De hecho, es probable que cualquier ventaja percibida sea totalmente ilusoria. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, en sus siglas en inglés) ha confirmado los riesgos de algunos de estos plaguicidas –en particular, de los tres neonicotinoides–, mientras que se acepta de manera amplia que las ventajas económicas de los polinizadores son, por su parte, muy significativas.

		LD ₅₀ ORAL (µg por abeja)	LD ₅₀ CONTACTO (µg por abeja)	Países de la UE dónde se utiliza*	¿Se utiliza para recubrimiento de semillas?	¿Es una sustancia química sistémica?	Principales cultivos donde se utilizan en Europa	Razones fundamentales para prohibir los distintos plaguicidas y así proteger la salud de las poblaciones de abejas
Clase	IMIDACLOPRID	0,0037	0,081	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	Sí	Sí	Arroz, cereal, maíz, patatas, hortalizas, remolacha, frutales, algodón, girasol y áreas ajardinadas. Acción de modo sistémico cuando se usa para tratamiento de semilla o tratamiento del suelo	<p>Tratamiento de semillas con neonicotinoides a dosis bajas de toxicidad y efectos sub-letales para las abejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra en el agua de gutación en plantas cultivadas a partir de semillas tratadas con concentraciones tóxicas para las abejas (Girolami et al, 2009). - Posibles efectos sinérgicos con el parásito <i>Nosema</i> (Pettis et al, 2012; Alaux et al, 2010). - Repele la polinización de potenciales fuentes de alimentación de moscas silvestres y escarabajos (Easton y Goulson, 2013). <p>En concentraciones sub-letales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Deterioro de la memoria a medio plazo y del metabolismo de la actividad cerebral de las abejas melíferas (Decourtye et al, 2004).
Clase	Neonicotinoide							
Fabricante	Bayer y otros							
Nombre comercial	Gaucho, Confidor, Imprimo y muchos otros							
Clase	TIAMETOXAM	0,005	0,024	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	Sí	Sí	Arroz, cereal, maíz, patatas, hortalizas, remolacha, frutales, algodón, girasol y áreas ajardinadas. Acción de modo sistémico cuando se usa para tratamiento de semilla o tratamiento del suelo	<p>Tratamiento de semillas con neonicotinoides a dosis bajas de toxicidad y efectos sub-letales para las abejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra en el agua de gutación en las plantas cultivadas a partir de semillas tratadas con concentraciones tóxicas para las abejas (Girolami et al, 2009). <p>En concentraciones sub-letales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las abejas obreras se desorientan y pierden después del pecoreo, haciendo que la colonia sea más débil y un mayor riesgo de colapso (Henry et al, 2012). - Afecta la memoria olfativa a medio plazo. (Aliouane et al, 2009). - Deterioro de la función cerebral y del intestino medio, así como la reducción de la esperanza de vida de la abeja africanizada (Oliveira et al, 2013).
Clase	Neonicotinoide							
Fabricante	Syngenta y otros							
Nombre comercial	Cruiser, Actara y otros							
Clase	CLOTIANIDINA	0,00379	0,04426	AT, BE, BG, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	Sí	Sí	Maíz, colza, remolacha, azucarera, girasol, cebada, algodón y soja	<p>Tratamiento común de semillas con neonicotinoides a dosis bajas de toxicidad y efectos sub-letales para las abejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se encuentra en el agua de gutación en las plantas cultivadas a partir de semillas tratadas con concentraciones tóxicas para las abejas (Girolami et al, 2009). <p>En concentraciones sub-letales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reducción de la actividad de pecoreo de las abejas melíferas y empleo de más tiempo en los vuelos de pecoreo (Schneider et al, 2012).
Clase	Neonicotinoide							
Fabricante	Bayer, Sumitomo Chemical Takeda y otros							
Nombre comercial	Poncho, Cheyenne, Dantop, Santana y otros							
Clase	FIPRONIL	0,00417		BE, BG, CY, CZ, ES, HU, NL, RO, SK	Sí	De forma moderada	Recubrimiento de semilla de maíz, algodón, alubias, arroz, soja, sorgo girasol, canola, arroz y trigo. Otros usos como el control de pulgas, termitas, cucarachas y atrayente para la mosca de la fruta	<p>Tratamiento común de semillas con neonicotinoides a dosis bajas de toxicidad y efectos sub-letales para las abejas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En abejas melíferas se han observado efectos sinérgicos negativos con otros pesticidas (tiacloprid) y con el parásito <i>Nosema</i>. (Vidau et al., 2011). <p>En concentraciones sub-letales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - En abejas melíferas afecta a la movilidad, incrementa el consumo de agua y deteriora la capacidad olfativa (Aliouane et al, 2009). - Se reduce la capacidad de aprendizaje de las abejas. Es uno de los plaguicidas que más afecta al aprendizaje.
Clase	Fenilpirazol							
Fabricante	BASF							
Nombre comercial	Regent							
Clase	CLORPIRIFOS	0,25	0,059	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FR, HU, IE, IT, LU, MT, NL, PL, PT, RO, SI, SK, UK	Sí	No	Maíz, algodón, almendras, y árboles frutales como cítricos y manzanos. Otros usos como el control de pulgas, hormigas, termitas, mosquitos, etc	<p>Uno de los plaguicidas más usados en el mundo. Alta toxicidad para las abejas.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Especies de abejas uruguayas resultaron aproximadamente 10 veces más sensibles que las abejas con las que se probó en Europa. (Carrasco-Letelier et al, 2012). Esto destaca el potencial de variabilidad en las diferentes respuestas de las especies polinizadoras. <p>- A bajas concentraciones afecta a la fisiología y reduce la actividad motora de las abejas melíferas (Williamson et al, 2013).</p>
Clase	Organofosforado							
Fabricante	Bayer, Dow Agrosience, y otros							
Nombre comercial	Cresus, Exaq, Dursban, Reldan y muchos otros							
Clase	CIPERMETRIN	0,035	0,02	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PT, RO, SE, SK, UK	Sí	No	Frutas y cultivos de hortalizas, algodón. Como biocida para uso doméstico e industrial (es decir, en escuelas, hospitales, restaurantes, fábricas de procesamiento de alimentos, ganado).	<p>Plaguicida muy utilizado en todo el mundo.</p> <p>A concentraciones subletales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La exposición a largo plazo a niveles bajos conlleva efectos negativos en la salud de la colonia de abejas melíferas, incluida la salud de las larvas (Bendahou et al, 1999).
Clase	Piretroide							
Fabricante	Muchos, incluyendo SBM DVLPT Francia y CPMA							
Nombre comercial	Demon WP, Raid, Cyper, Cynoff, Armour C, Signal y muchos otros							
Clase	DELTAMETRIN	0,079	0,0015	AT, BE, BG, CY, CZ, DE, EE, EL, ES, FI, FR, HU, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, UK	Sí	No	Árboles frutales (manzanos perales, ciruelos, brassicas (familia de las coles), guisantes. Cultivos de invernadero, como pepinos, tomates, pimientos, y plantas ornamentales	<p>Plaguicida utilizado ampliamente a nivel global.</p> <ul style="list-style-type: none"> - En la aplicación de campo/niveles de residuos reduce los viajes de pecoreo y afecta a las capacidades de aprendizaje en las abejas melíferas (Ramirez-Romero et al, 2005). - Impactos en la fecundidad, crecimiento y desarrollo de las abejas a nivel individual (Dai et al, 2010).
Clase	Piretroide							
Fabricante	Muchos							
Nombre comercial	Cresus, Decis, Deltagrain, Ecail, Keshet, Pearl expert y muchos otros							

Tabla 1. Siete pesticidas que deben eliminarse por completo del medio ambiente, en base a su peligrosidad potencial para las abejas.

Nota: LD₅₀: (Dosis Letal 50%) es la dosis requerida para matar a la mitad de los miembros de una población en estudio, después de un tiempo determinado.

*** Leyenda de países**

País	Código del país
Bélgica	BE
Bulgaria	BG
Chequia	CZ
Dinamarca	DK
Alemania	DE
Estonia	EE
Irlanda	IE
Grecia	EL
España	ES
Francia	FR
Italia	IT
Chipre	CY
Letonia	LV
Lituania	LT
Luxemburgo	LU
Hungría	HU
Malta	MT
Países Bajos	NL
Austria	AT
Polonia	PL
Portugal	PT
Rumanía	RO
Eslovenia	SI
Eslovaquia	SK
Finlandia	FI
Suecia	SE
Reino Unido	UK

Referencias para los valores de LD₅₀

LD Imidacloprid: <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/3068.pdf>

LD Tiametoxam http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=399

LD Clotianidina http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=368

LD Fipronil: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/316.htm>
Acute 48 hour LD₅₀

LD Clorpirifos: http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=138

LD Cipermetrin: http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=143

LD Deltamethrin: http://ec.europa.eu/sanco_pesticides/public/index.cfm?event=activesubstance.ViewReview&id=60
Acute 48 hour LD₅₀

¿Qué podemos hacer?

Cualquier progreso en la transformación del actual sistema agrícola químicamente intensivo, de carácter destructivo, en uno ecológico tendrá muchos beneficios asociados en otras dimensiones del medio ambiente y la seguridad alimentaria humana; además, por supuesto, de claras ventajas en la salud global de los polinizadores.

A corto y medio plazo, hay asuntos específicos que la sociedad puede abordar sin tardanza por el bien de la salud global de los polinizadores. Los beneficios podrían ser evidentes casi de inmediato. Basándose en el análisis de las evidencias científicas actuales sobre la salud global de los polinizadores, Greenpeace cree que eliminar la exposición a plaguicidas potencialmente tóxicos para las abejas es un paso fundamental para salvaguardar no solo a las abejas silvestres y comerciales, sino también el alto valor ecológico y financiero de la polinización natural.

Se pueden dividir en dos grupos los distintos ejemplos de acciones con base científica (a corto y largo plazo) para revertir el descenso en las poblaciones globales de los polinizadores:

1) evitar el daño a los polinizadores (por ejemplo, eliminando la exposición a sustancias potencialmente nocivas); y

2) fomentar su salud (por ejemplo, cambiando otras prácticas en los ecosistemas agrícolas existentes).

Muchas prácticas que aumentan la diversidad vegetal a distintas escalas pueden mejorar los recursos florales disponibles para los polinizadores, tanto en el espacio como en el tiempo.

La expansión de las técnicas de gestión integrada de plagas (GIP) y de la agricultura ecológica, en particular en Europa, demuestra que el cultivo sin plaguicidas es totalmente viable, rentable y medioambientalmente seguro.

Agricultura ecológica

Se ha demostrado repetidamente que la agricultura ecológica, que mantiene una alta biodiversidad sin aplicar plaguicidas o fertilizantes químicos, estimula la abundancia y la riqueza de polinizadores. Lo que a su vez, favorece la polinización de los cultivos y su rendimiento potencial. Los métodos de producción ecológicos tienen como resultado muchos otros beneficios aparte de los relacionados con los polinizadores. Por ejemplo, pueden mejorar también el control de “malas hierbas”, de enfermedades y de plagas de insectos, además de aumentar inherentemente la resistencia general de los ecosistemas.

A pesar de ello, estos enfoques han recibido mucha menos financiación pública para la investigación centrada en mejores prácticas y gestión agrícola que las técnicas convencionales, químicamente intensivas. Esta falta de apoyo es sorprendente, dado que los sistemas de cultivo ecológico pueden producir más o menos la misma cantidad de alimento –y beneficio económico– que la agricultura convencional, generando muchos menos daños medioambientales y sociales. En consecuencia, se precisa más financiación pública y privada para investigar y desarrollar mejores prácticas agrícolas ecológicas. En última instancia, dichos métodos representan la mejor opción para maximizar los servicios ecológicos, la producción alimentaria y la protección medioambiental, a la vez que ayudan a promover un desarrollo económico y social sostenible.

Políticas agrícolas europeas

Las políticas agrícolas europeas, principalmente la Política Agrícola Común (PAC), deberían partir de la incorporación de las evidencias científicas actuales sobre los beneficios de las poblaciones de abejas melíferas y polinizadores silvestres, y de los peligros que las amenazan. Se requiere una acción inmediata para proteger el servicio ecológico esencial que es la polinización. En las políticas agrícolas se deberían incluir las herramientas mencionadas para proteger los polinizadores, como medio de fomentar prácticas que protejan a las abejas.

Además, deberían establecerse en la Unión Europea (UE) normativas estrictas sobre el uso de sustancias potencialmente tóxicas para las abejas, según el principio de precaución, incorporando pruebas científicas actuales sobre los daños a las abejas melíferas y la vulnerabilidad de éstas. La precaución debería ampliarse, asimismo, a otros polinizadores silvestres, debido al papel crucial que desempeñan para asegurar la polinización ahora y en un futuro incierto.

Greenpeace reclama

Las abejas melíferas y los polinizadores silvestres cumplen un papel crucial en la agricultura y la producción alimentaria. No obstante, el modelo actual de agricultura químicamente intensiva pone a ambos en peligro y, con ellos, el suministro alimentario europeo.

Este informe muestra que hay evidencias científicas contundentes que sugieren con claridad que los neonicotinoides y otros plaguicidas tienen un papel importante en el descenso actual en las poblaciones de abejas. Como consecuencia, los responsables políticos deberían:

1) Prohibir el uso de plaguicidas tóxicos para las abejas, comenzando por las sustancias más peligrosas autorizadas actualmente en la UE, es decir, los siete productos químicos prioritarios: **imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, fipronil, clorpirifos, cipermetrin y deltametrin** (ver Tabla 1).

2) Apoyar y promover las prácticas agrícolas que benefician los servicios de polinización en los sistemas agrícolas, mediante la adopción de campañas nacionales a favor de los polinizadores. Por ejemplo, la rotación de cultivos, las superficies de interés ecológico a nivel de explotación y las técnicas de cultivo ecológico.

3) Mejorar la conservación de hábitats naturales y seminaturales en (y alrededor de) explotaciones agrícolas. Además de aumentar la biodiversidad en los campos de cultivo

4) Aumentar la financiación de investigación, desarrollo y aplicación de prácticas agrícolas ecológicas que se alejen de la dependencia del control químico de plagas hacia el uso de herramientas basadas en biodiversidad para controlar plagas y mejorar la salud del ecosistema. Los responsables políticos europeos deberían dirigir más fondos a la investigación de soluciones agrícolas ecológicas bajo el auspicio de la PAC (pagos directos) y Horizonte 2020 (programa marco de investigación de la UE).

Importancia de las abejas y otros polinizadores para la agricultura y la conservación de ecosistemas

“Las abejas están alcanzando un punto crítico porque se espera que cumplan su propósito en un mundo cada vez más inhóspito”

– Spivak et al, 2010

El bienestar humano se sostiene y mejora gracias a varios servicios ecológicos (funciones proporcionadas por la naturaleza) que apoyan la vida de la especie humana en la Tierra. A menudo se da por sentado que servicios como la depuración de agua, el control de plagas o la polinización (por nombrar solo algunos) existen para nuestro beneficio, aunque no siempre sean evidentes en nuestras vidas diarias, dominadas por la tecnología.

La próxima vez que una abeja zumbe a tu alrededor, recuerda que muchos de nuestros alimentos dependen en gran medida de la polinización entomófila: un servicio clave que abejas y otros polinizadores prestan al ecosistema. Sin esta función esencial, llevada a cabo por insectos que transportan con eficacia el polen de una flor a otra, aproximadamente un tercio de los cultivos que consumimos tendrían que ser polinizados por otros medios o producirían una cantidad de alimento significativamente menor (Kremen et ál., 2007). Además, una gran cantidad de la flora silvestre (se calcula que entre un 60 % y un 90 %) precisa de la polinización por intermedio de animales para reproducirse y, por lo tanto, otros servicios ecológicos y los hábitats naturales que los proporcionan dependen también –directa o indirectamente– de los insectos polinizadores.

El arroz, cereales como el trigo, y el maíz, que suponen una gran parte de la dieta humana en el mundo, se polinizan en su mayoría gracias al viento, y no parecen tan afectados por el declive de los insectos polinizadores. Sin embargo, los cultivos más nutritivos e interesantes para nuestra dieta –como la fruta, la verdura y algunos cultivos forrajeros utilizados para la producción de carne

y lácteos– se verían, sin duda, gravemente afectados por un descenso en las poblaciones de insectos polinizadores (Spivak et ál., 2011).

Los organismos silvestres implicados en la polinización incluyen las abejas, muchas mariposas, polillas, moscas, escarabajos y avispas, además de algunos pájaros y mamíferos. Las especies “domésticas” de abejas (esencialmente, la melífera, *Apis mellifera*) son, asimismo, importantes polinizadores. De hecho, las abejas son el grupo de polinizadores predominante y principal desde el punto de vista económico en la mayoría de las regiones geográficas. En los últimos años, no obstante, las abejas melíferas se han visto afectadas, cada vez más, por varias enfermedades, plaguicidas y otras presiones medioambientales. En consecuencia, las contribuciones a la polinización de cultivos de los polinizadores silvestres (incluidas muchas otras especies de abejas, además de otros insectos) parecen haber aumentado su relevancia (Kremen y Miles 2012; Garibaldi et ál., 2013).

En este informe, nos centramos fundamentalmente en las abejas. La mayor parte de la información científica sobre polinización se refiere a las abejas melíferas, si bien incluye a los abejorros en menor medida. Aunque nos referimos a menudo a las abejas como polinizadores paradigmáticos, no dejamos de reconocer el papel esencial de otros insectos y animales. En muchos casos, lo que afecta a las poblaciones de abejas se puede aplicar también a otros insectos polinizadores (mariposas, moscas, etc.), a pesar de que muchos factores específicos y complejos hacen arriesgadas las generalizaciones. Se precisa mucha más información científica para evaluar por completo el estado y la salud de las comunidades de insectos polinizadores.

La gran mayoría de plantas de la Tierra requiere polinización intermediada por animales para producir

semillas y fruto. Solo unas pocas especies vegetales pueden prescindir de la transferencia de polen de otras plantas para reproducirse, es probable que estas especies podrían evitar los efectos de los cambios en la salud de las poblaciones de abejas. Pero de las especies vegetales que sí requieren la transferencia de polen de plantas vecinas para la producción de semillas y fruto, muchas podrían sufrir un impacto dramático cuando cambien las poblaciones de abejas. Incluso cuando no es un requisito esencial para su reproducción, muchas tienden a producir más semillas y frutos más grandes cuando las abejas transportan polen entre ellas.

“Algunas plantas comerciales, como las almendras o los arándanos, no producen fruto sin polinizadores. Para muchas, una flor bien polinizada contendrá más semillas, con mayor capacidad para germinar, lo que llevará a frutos más grandes y mejor formados. Una mejor polinización también puede reducir el tiempo entre la floración y la fructificación, lo que reduce el riesgo de exposición del fruto a plagas, enfermedades, mal tiempo, sustancias agroquímicas, y permite ahorrar agua.”

– UNEP, 2010

Un cálculo reciente arroja que un 87,5% de las plantas de florecimiento se polinizan gracias a animales (Ollerton et ál., 2011). Esto incluye tanto especies cultivadas como silvestres y subraya la importancia crucial de las abejas (como uno de los principales polinizadores globales) en el mantenimiento de la producción alimentaria y los ecosistemas de flora silvestre. La polinización animal supone un incremento en frutas o semillas en un 75% de los principales cultivos alimentarios en el mundo (Klein et ál., 2007). El cálculo más reciente del beneficio económico global de la polinización asciende a un total de 265 mil millones de euros en productividad debida a polinización. Por supuesto, como en cualquier valoración de un servicio ecológico, si éste se ve comprometido, su valor tiende a infinito al resultar irremplazable.

“La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) calcula que, de unas 100 especies de cultivo que proporcionan el 90 % del alimento en el mundo, 71 se polinizan gracias a las abejas. Solo en Europa, el 84% de 264 especies de cultivo depende de la polinización intermediada por animales, y 4.000 variedades vegetales existen gracias a la polinización llevada a cabo por las abejas.”

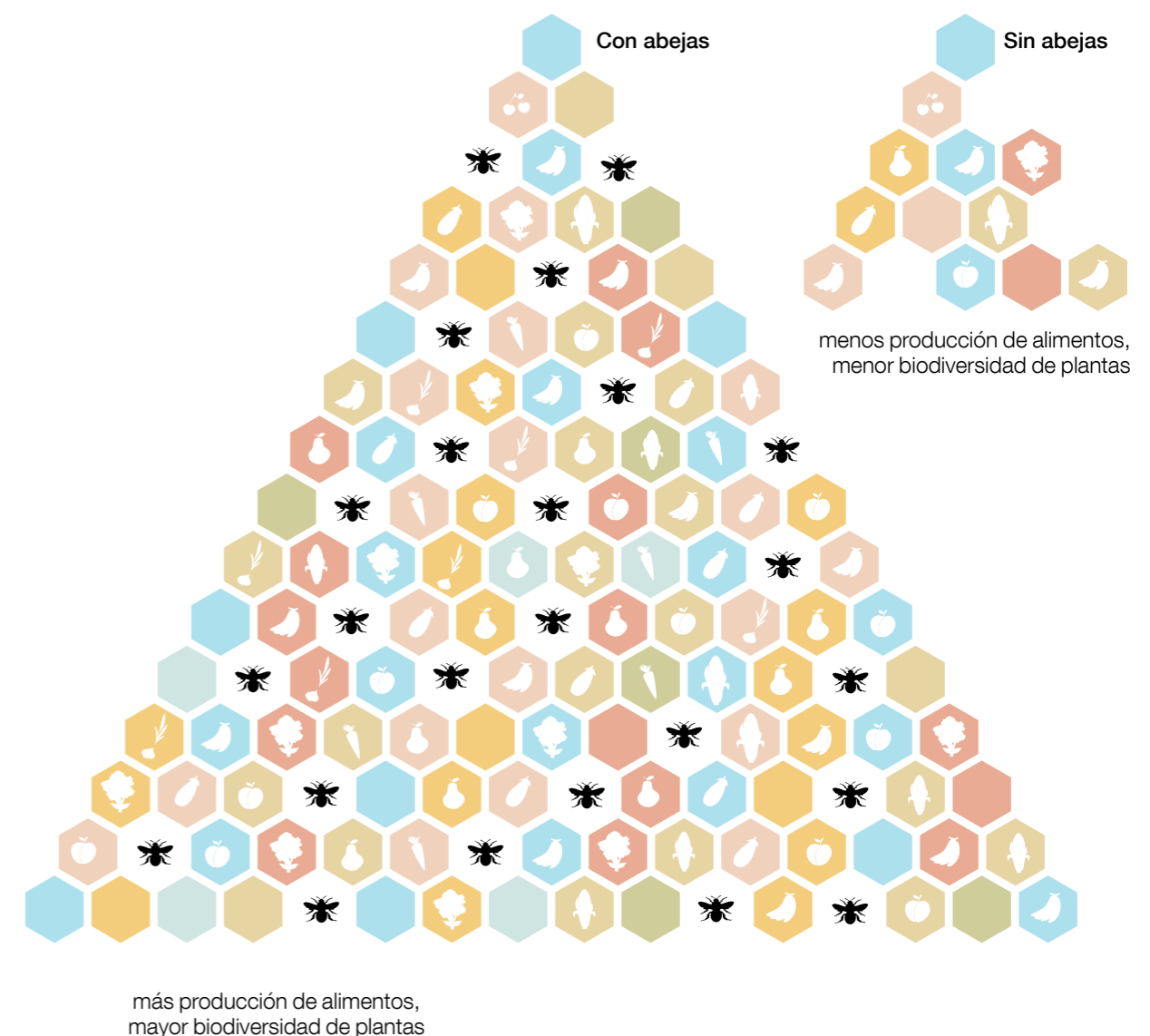
– UNEP, 2010

“El valor de producción de una tonelada de cultivo dependiente de polinizadores es aproximadamente cinco veces mayor que el de los cultivos clasificados como no dependientes de insectos.”

– UNEP, 2010

“En algunas regiones europeas no existen poblaciones viables de abejas melíferas silvestres porque no son capaces de sobrevivir a la presión de las prácticas agrícolas industriales (monocultivos, herbicidas, plaguicidas). Tampoco pueden sobrevivir a varios parásitos y enfermedades naturales sin que se realice una gestión humana de estas enfermedades. En España, por ejemplo, solo las abejas melíferas domésticas sobreviven en colonias muy manipuladas, a las que se proporciona alimento complementario y medicamentos”. (Mariano Higes, Asesor de Investigación del Centro Apícola Regional de Marchamalo, comunicación personal).

Los seres humanos ya han ocupado amplias zonas de terreno potencialmente cultivable para la producción agrícola, pero en las últimas décadas parece haberse dado un aumento relativo del área dedicada al cultivo de variedades que dependen de los polinizadores, tanto en países desarrollados como en desarrollo: del 16,7% en los primeros; mientras que en los países en desarrollo fue del 9,4% entre 1961 y 2006 (Aizen y Harder, 2009; Aizen et ál., 2009). La abundancia de servicios de polinización, sin embargo, no ha mantenido el ritmo de este aumento en los cultivos que los requieren. Esto sugiere que podrían acusarse consecuencias indeseadas (e indeseables), en forma de reducciones en la producción agrícola global. Lo que, a su vez, podría favorecer la conversión compensatoria de tierras para la producción agrícola.



Situación europea y global de las abejas y otros polinizadores

“Si continúa el declive de los polinizadores silvestres, corremos el riesgo de perder una proporción sustancial de la flora mundial”

– Ollerton et al, 2011

El número de abejas y otros polinizadores, tanto silvestres como manejados, parece estar disminuyendo en todo el mundo; en especial, en Norteamérica y Europa (Potts et ál., 2010). No obstante, el debate sobre esta reducción percibida es considerable, en su mayor parte debido a la falta de programas regionales o internacionales sólidos, diseñados para monitorizar el estado actual y las tendencias de los polinizadores (Lebuhn et ál., 2013). A pesar de ello, donde se han documentado, la escala y la extensión de las pérdidas son sorprendentes.

En Estados Unidos se relacionó la pérdida desde 2006 de entre el 30% y el 40% de las colonias manejadas de abejas melíferas con el “colapso de colonias”, un síndrome caracterizado por la desaparición de abejas obreras (ver referencias en Lebuhn et ál., 2013). Desde 2004, las pérdidas de colonias de abejas melíferas han dejado Norteamérica con menos polinizadores comerciales que en cualquier momento de los últimos 50 años (UNEP, 2010).

China cuenta con 6 millones de colonias de abejas. Unos 200.000 apicultores de la región crían abejas melíferas occidentales (*Apis mellifera*) y orientales (*Apis cerana*). En los últimos años, los apicultores chinos se han enfrentado a pérdidas de colonias en ambas especies, en su mayor parte, inexplicables y con síntomas extremadamente complejos. Los apicultores egipcios con base a lo largo del Nilo también han informado de síntomas de colapso de colonias (UNEP, 2010).

En Europa central los cálculos apuntan a un 25% de pérdida de colonias de abejas melíferas desde 1985, con un 54% de pérdidas en Reino Unido (Potts et ál., 2010).

“Desde 1998, distintos apicultores en Europa han informado de debilidad y mortalidad inusuales en las colonias, en particular, en Francia, Bélgica, Suiza, Alemania, Reino Unido, Países Bajos, Italia y España. La mortalidad ha sido enormemente alta cuando la actividad se reanuda al final del invierno y el principio de la primavera.”

– UNEP, 2010

En los últimos inviernos, la mortalidad media de las colonias en Europa ha sido del 20% (con un amplio rango de entre el 1,8% y el 53% de unos países a otros)¹. Durante el invierno de 2008-2009, las pérdidas de abejas melíferas en Europa estuvieron entre el 7% y el 22%; y durante 2009-2010, entre el 7% y el 30%. Para países que participaron en las encuestas de ambos años, las pérdidas invernales parecieron aumentar significativamente de 2008-2009 a 2009-2010.²

Además de las colonias de abejas melíferas, se ha informado ampliamente también de un descenso en las poblaciones de polinizadores silvestres locales en determinados lugares de todo el mundo (Cameron et ál., 2011; Potts et ál., 2010). Hay ejemplos bien conocidos en Reino Unido y Países Bajos (Biesmeijer et ál., 2006).

Frente a estas observaciones, está el hecho de que la producción global de miel parece haber crecido durante las últimas décadas. Esto ha llevado a sugerir que las reducciones del número de abejas melíferas están muy localizadas, en su mayor parte en Norteamérica y Europa, y que se compensan con aumentos en los principales países productores de miel (China, España y Argentina)

¹ Actas de la cuarta conferencia COLOSS, Zagreb (Croacia), 3-4 de marzo de 2009, disponibles en www.coloss.org/publications, citadas en Williams et ál., 2010.

² <http://www.ibra.org.uk/articles/Honey-bee-colony-losses-in-Canada-China-Europe-Israel-and-Turkey-in-2008-10>

(Aizen y Harder, 2009). No obstante, la mayoría de los científicos que trabajan sobre el terreno está de acuerdo en que hay tres preocupaciones primordiales en cuanto a la salud global de los polinizadores:

1) Actualmente no se dispone de datos precisos que permitan alcanzar conclusiones firmes en cuanto al estado de los polinizadores del mundo en términos de abundancia y diversidad (Lebuhn et ál., 2013; Aizen y Harder, 2009). De hecho, la variabilidad potencial en los intentos de censar especies animales es tan alta que “las poblaciones podrían reducirse en casi un 50% antes de que fuese posible detectar la disminución” (Lebuhn et ál., 2013).

2) Puesto que la demanda de polinizadores a nivel local y regional crece a más velocidad que la oferta, podríamos estar enfrentándonos a una polinización restringida, ahora y en el futuro inmediato. Esto se debe a que el aumento del cultivo de cosechas de gran valor dependientes de polinización está superando el crecimiento de la población mundial de abejas melíferas (Garibaldi et ál., 2011; Lautenbach et ál., 2012). Las abejas silvestres también proporcionan servicios de polinización significativos, en especial, donde hay limitaciones en la polinización por intermedio de abejas melíferas (p.e., en Reino Unido). Pero la mayor intensificación agrícola sigue presionando a los polinizadores silvestres mediante la destrucción y reducción de la diversidad de su hábitat (Kremen et ál., 2007, Lautenbach et ál., 2012). Además, es poco probable que un posible aumento en el número de colmenas de abejas melíferas satisfaga la mayor demanda de polinización agrícola o mitigue la pérdida de polinizadores locales (Aizen y Harder, 2009).

3) A pesar de los aumentos globales, la abundancia de abejas melíferas es muy desigual entre regiones agrícolas. Ha crecido en países productores de miel, como España, China y Argentina, pero ha disminuido en el resto del mundo, incluidas regiones con gran producción agrícola de Estados Unidos, Reino Unido y muchos otros países de Europa occidental (Aizen y Harder, 2009; Garibaldi et ál., 2011; Lautenbach et ál., 2012).

Sin embargo, no existen programas de supervisión regionales, nacionales o internacionales, para documentar si realmente están descendiendo las poblaciones de insectos polinizadores. Es, por lo tanto, difícil cuantificar el estado de las comunidades de abejas o calcular la magnitud de su disminución (Lebuhn et ál.,

2013). Se requiere con urgencia el establecimiento de dichos programas, que permitirían hacer un seguimiento del estado y las tendencias globales de las poblaciones de polinizadores, así como ofrecer un sistema de alerta temprana de su descenso. El coste de dicho sistema (calculado en 2 millones de dólares) representa una inversión mínima en comparación con el coste económico probable de una reducción masiva en el número de polinizadores. Tales programas “permitirían mitigar las pérdidas de polinizadores y evitar la crisis financiera y nutricional que podría resultar de un colapso rápido e imprevisto de sus comunidades” (Lebuhn et ál., 2013).

En resumen, parece claro que, con el tiempo, la agricultura –y, por lo tanto, la producción alimentaria– depende cada vez más de los polinizadores. A la vez, hay claros indicios de pérdidas significativas de polinizadores silvestres y domésticos. El aumento de precios entre 1993 y 2009 para algunos cultivos dependientes de polinización se puede interpretar como “señal de alarma” de las tensiones entre la merma de polinizadores y los rendimientos de las cosechas (Lautenbach et ál., 2012). Si deseamos evitar más restricciones en la producción alimentaria y más deforestación para ampliar la tierra cultivable, debemos trabajar en las causas subyacentes, con hincapié en la polinización, incluyendo los impactos en las abejas melíferas y los polinizadores silvestres.

Es más, es obvio que la demanda de productos agrícolas y la correspondiente necesidad de polinización no pueden crecer hasta el infinito. Un sistema de agricultura sostenible equitativo debería limitar su producción absoluta –y el correspondiente estrés al que somete al planeta– apoyando dietas globales justas, con variedades cultivadas en su mayoría como alimento humano, no animal, y con menos consumo de proteínas animales. Esto permitiría, asimismo, preservar más zonas naturales y seminaturales; y librar, posiblemente, a los polinizadores silvestres de algunas limitaciones.

Valor económico de la polinización

El primer cálculo global llevado a cabo concluyó que se asociaba un valor económico de 117 mil millones de dólares (88 mil millones de euros) a la polinización considerada como servicio ecológico global (Costanza et ál., 1997). Más tarde, Gallai et ál. (2009) lo revisaron, utilizando una metodología mejorada, para alcanzar un valor de 153 mil millones de dólares (115 mil millones de euros) (Gallai et ál., 2009). El cálculo más reciente, teniendo en cuenta los aumentos en la importancia relativa de los cultivos dependientes de polinizadores en el suministro alimentario global, valora la polinización en 265 mil millones

de euros (Lautenbach et ál., 2012). Esta tendencia al alza subraya la forma en que nuestra dependencia de los polinizadores aumenta en el sistema alimentario global, así como las considerables incertidumbres asociadas con este tipo de valoración financiera de la naturaleza y los sistemas naturales.

Como en muchos casos de valoración contingente³, el valor económico de la polinización depende también del punto de vista. Para un agricultor, podría ser solo el precio a pagar por disponer de abejas “domésticas” en ausencia de otros polinizadores. Para otros, podría ser el valor de rendimientos predeterminados en explotaciones que carecen de servicios de polinización natural. En el norte de Canadá, la colza de explotaciones cercanas a zonas no cultivadas tenía la ventaja de disponer de abejas silvestres más abundantes y diversas; y, por lo tanto, de mayor polinización y más rendimiento de las semillas (Morandin and Winston, 2006). El análisis coste/beneficio puede complicarse. Estos autores sugieren, por extrapolación, que los agricultores podrían maximizar sus beneficios no cultivando el 30 % de su terreno, de forma que reciban mayores rendimientos del 70 % restante y ahorren los costes de cultivo del 30 % en barbecho (Morandin y Winston, 2006).

Dos ejemplos de pérdidas de rendimiento de cultivos por falta de polinización y las respuestas institucionales relacionadas se resumen en Kremen et ál., 2007:

- “Siguiendo aplicaciones masivas del plaguicida fenitrotion en Canadá (utilizado para el control de polilla gitana en bosques cercanos) se redujeron tanto las comunidades de polinizadores como la producción de arándanos (Kevan y Plowright, 1989). Las pérdidas económicas de los productores de arándanos influyeron en la política gubernamental, lo que provocó una prohibición casi total del uso de fenitrotion para el control de polilla gitana, y tanto los polinizadores de arándanos como la producción de estos se recuperaron” (Tang et ál., 2006).
- “La escasez de colonias de abejas melíferas en 2004 para la polinización de la almendra movió al Departamento de Agricultura de Estados Unidos a modificar las políticas de importación de abejas melíferas para permitir la llegada de colonias desde Australia” (National Research Council of the National Academies [Consejo Nacional de Investigación de las Academias Nacionales de Ciencias en EE. UU.], 2006).

La dificultad de valorar con exactitud la polinización animal viene de que su contribución trasciende la simple polinización de cultivos o plantas silvestres. Al promover la

producción de fruto en la flora silvestre, aumenta también el alimento disponible para muchos insectos, aves, mamíferos y peces, lo que contribuye directamente al mantenimiento de la biodiversidad. Además, al ayudar a mantener la productividad de la flora y la capa vegetal, colabora también en muchos servicios ecológicos (protección contra inundaciones, prevención de erosión, control de sistemas climáticos, depuración de agua, fijación de nitrógeno y absorción de carbono) (Kremen et ál., 2007). Por tanto, es un servicio ecológico clave. Al favorecer la producción vegetal, las abejas resultan decisivas para muchos otros servicios ecológicos, aparte de la mera producción alimentaria, que contribuyen al bienestar de los seres humanos en el planeta.

En un estudio reciente, Lautenbach et ál. (2012) se demostró la distribución de los beneficios de polinización y sus vulnerabilidades en una serie de mapas del mundo, basados en la importancia agrícola de la polinización para diferentes regiones. El análisis consistía en calcular el valor de la parte de producción agrícola que depende de la polinización animal, relacionada, a su vez, con el cultivo de cualquier “cuadrícula” de 5' x 5' (aprox. 10 x 10 km en el ecuador) en la red latitud/longitud. Estos mapas arrojaron luz sobre los sitios donde la polinización asume un alto valor, así como sobre regiones con grandes vulnerabilidades en cuanto a cualquier declive en estos servicios ecológicos (Lautenbach et ál., 2012).

El mapa de servicios de polinización (Imagen 1) destaca en colores más oscuros las regiones en las que dichos servicios, en dólares por hectárea, son mayores: partes de Norteamérica, Asia oriental y Europa contienen regiones en las que el valor de la polinización puede llegar a 1.500 dólares/ha (Lautenbach et ál., 2009). Ésta es la cantidad de dinero que los agricultores –y la sociedad en general– perderán si el número de polinizadores disminuye en dichas regiones.

Muchas tierras de Europa tienen un alto valor económico relacionado con los beneficios de polinización por hectárea (ver Imagen 1). Grandes zonas de Italia y Grecia muestran valores excepcionalmente altos de beneficios de polinización; lo mismo que amplias regiones de España, Francia, Reino Unido, Alemania, Países Bajos, Suiza y Austria. Polonia, Hungría y Rumanía cuentan, asimismo, con regiones en las que los valores de polinización son significativos. Es más, los sistemas agrícolas de Italia y España tienen una dependencia relativamente alta de los servicios de polinización natural (Lautenbach et ál., 2009).

³ El método de valoración contingente (MVC), consiste en averiguar los cambios en el bienestar de las personas ante cambios hipotéticos (contingentes) de un bien o un servicio ambiental. Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lec/lea_l_r_cl/capitulo2.pdf

Imagen 1. Beneficios globales de la polinización a nivel subnacional. “Los valores se dan en USD/ha para el año 2000. Han sido corregidos para reflejar la inflación (al año 2009), así como la paridad del poder adquisitivo. La zona a la que se vinculan los rendimientos es el área total de la cuadrícula de la trama”. Reproducida de Lautenbach et al. (2012): “Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit” (Tendencias espaciotemporales de los beneficios globales de la polinización). PLoS ONE 7(4): e35954, en Creative Commons Attribution License.

Globalmente, países como Brasil, China, India, Japón y EE. UU. también obtienen grandes beneficios económicos de los servicios de polinización. En África, los más altos se dan en Egipto, a lo largo del Nilo. En China, los beneficios hipotéticos de la polinización aumentaron un 350% entre 1993 y 2009, lo que refleja un impulso de la producción de fruta para satisfacer las demandas de la creciente clase media urbana y los mercados de exportación. China por sí sola recibe entre un 30% y un 50% del total de los beneficios económicos globales que resultan de la polinización (Lautenbach et al., 2009).

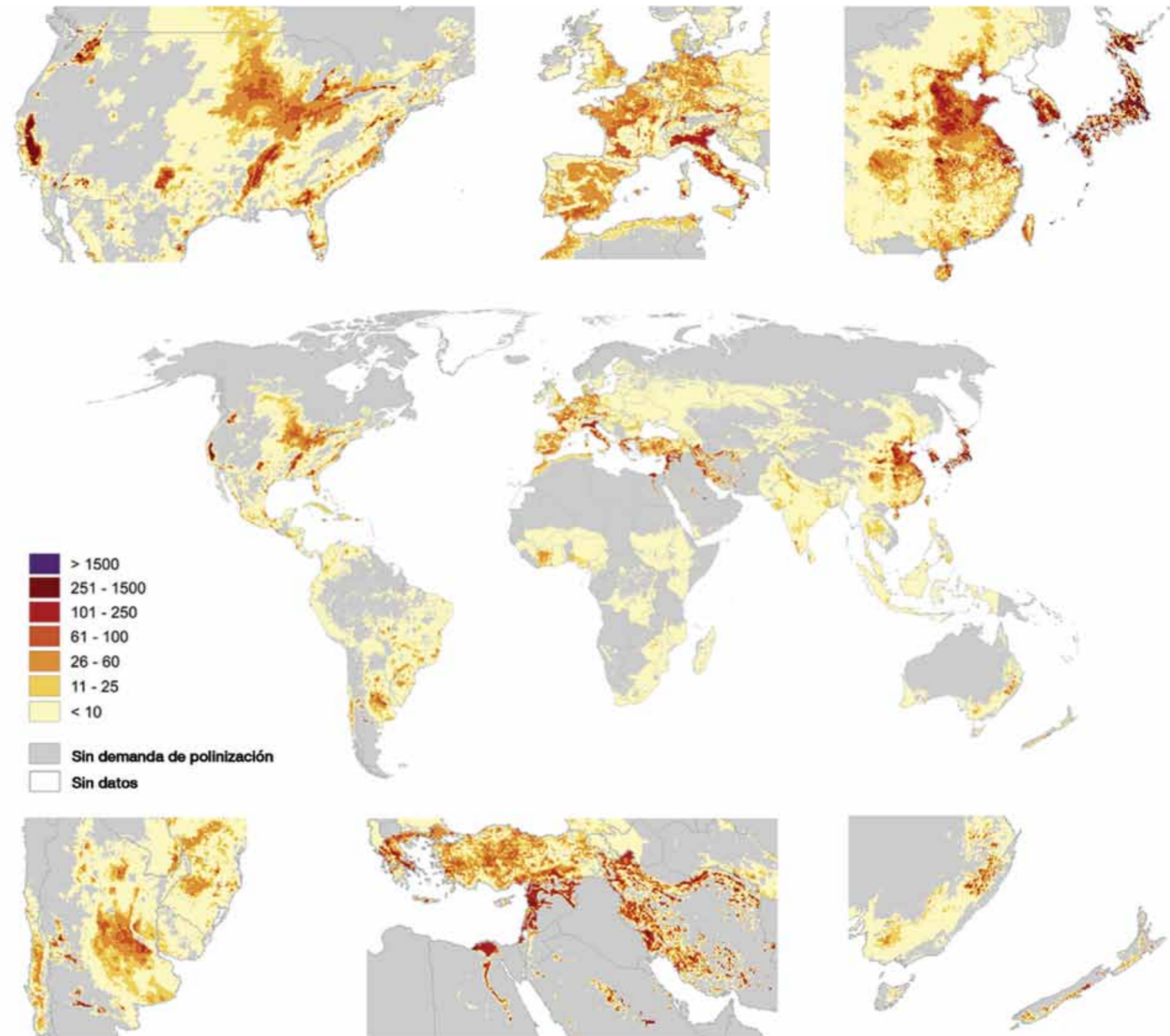
En general, la investigación científica subraya la necesidad urgente de proteger nuestros insectos y los servicios de polinización esenciales que llevan a cabo: “Dado el valor monetario de los beneficios de polinización, los responsables políticos deberían poder comparar costes y beneficios de las políticas agrícolas centradas en la diversidad estructural. Por eso, deberían utilizar la información proporcionada en el mapa a la hora de considerar modificaciones en las políticas agrícolas, como la Política Agrícola Común en la UE” (Lautenbach et al., 2009).

“El beneficio de la polinización es lo bastante alto en gran parte del mundo como para afectar seriamente las estrategias de conservación y las decisiones de uso del suelo si se tuviesen en cuenta estos valores.”

– Lautenbach et al, 2012

“Desde 2001, los costes de producción de los cultivos dependientes de polinización han crecido también significativamente; en realidad, a ritmo mucho más rápido que los precios de los cultivos no dependientes de polinización, como el arroz, los cereales o el maíz. Para los investigadores, esto es un indicio de que la intensificación de la agricultura se refleja en un aumento del precio global de los cultivos dependientes de polinización. Cuando los campos se fumigan con más plaguicidas, se aplican más fertilizantes y elementos agrícolas estructurales valiosos como setos y montes de árboles se convierten en campos, los insectos desaparecen.”

– Helmholtz Centre for Environmental Research (UFZ), 2012⁴



Fuente: Lautenbach, S., R. Seppelt, et al. (2012). “Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit” (Tendencias espaciotemporales de los beneficios globales de la polinización) PLoS ONE 7 (4): e35954.

Creative Commons Attribution License.

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0035954>

Los valores se dan en USD/ha para el año 2000. Han sido corregidos para reflejar la inflación (al año 2009), así como la paridad del poder adquisitivo. La zona a la que se vinculan los rendimientos es el área total de la cuadrícula de la trama.

⁴ Comunicado de prensa de 27 de abril de 2012 sobre el estudio de Lautenbach et al. (2012). <http://www.ufz.de/index.php?en=30403>

Principales factores que afectan a la salud de las abejas

Parece existir un acuerdo general sobre el hecho de que el descenso en las poblaciones de abejas y la merma de su salud global (colapso de colonias y otros fenómenos) son producto de múltiples factores, unos conocidos y otros no, que pueden actuar por separado o combinados (Williamset ál., 2010).

En general, la disminución en el número de abejas puede deberse a tres factores estresantes generales:

Abejas enfermas:

Las abejas tienen sus propios **parásitos y enfermedades**, que las debilitan y, a menudo, las matan. La mayor parte de dichos parásitos y enfermedades son especies invasivas que las abejas locales no pueden combatir mediante adaptación natural o inmunizándose a ellos. Las abejas enfermas o con parásitos pueden, a su vez, ser más vulnerables a otros factores, como una mala nutrición o la exposición a sustancias químicas tóxicas.

Abejas hambrientas:

Las abejas se alimentan de flores, de las que requieren un suministro estable tanto en el tiempo como en el espacio. Las abejas melíferas reciben de los apicultores alimento suplementario, cuando es necesario, que complementa su nutrición, pero aún así necesitan flores para recolectar polen, su principal alimento y fuente de proteínas, alrededor de las colmenas. Cuando no hay suficientes plantas en flor durante la temporada de abejas, como sucede, por ejemplo, en monocultivos que producen una única clase de flores durante un tiempo determinado, las abejas no pueden alimentarse ni alimentar a su prole. Pueden pasar hambre como resultado de diversos factores, la mayoría relacionados con **prácticas de agricultura industrial:** herbicidas que reducen la diversidad de las plantas silvestres en las tierras de cultivo y alrededor; y la expansión de la agricultura eliminando los lindes de los campos, sus límites, los setos y demás, que mantienen la diversidad vegetal alrededor de las tierras cultivadas. Además, **el cambio climático** puede modificar los patrones de floración, desplazar plantas que eran importantes fuentes de alimento para las abejas de una zona determinada o causar un “desplazamiento de las estaciones”, en el que la floración ya no coincide con el surgimiento de abejas en primavera.

Abejas envenenadas

Muchas flores, ubicaciones de colmenas y en general, el medio ambiente en torno a las abejas (incluido el polvo de las actividades agrícolas) se contaminan a menudo con sustancias químicas, en su mayoría, plaguicidas. Estos **insecticidas, herbicidas y fungicidas** se aplican a los cultivos, pero llegan a las abejas a través del polen, el néctar, el aire o el agua y el suelo. Estos plaguicidas, por sí solos o en combinación, pueden ser tóxicos para las abejas. A corto plazo lo son de manera grave o en dosis bajas tener efectos crónicos que las debilitan y pueden llegar a matarlas (ver los apartados de más adelante).

Diferentes factores específicos que han provocado poblaciones de abejas con mala salud

Enfermedades y parásitos: especies invasivas

Muchos apicultores están de acuerdo en que el ácaro ectoparásito *Varroa destructor* es un peligro serio para la apicultura en todo el mundo. Parece que se originó en Asia, pero ahora se ha extendido por casi todo el planeta. El *Varroa* es un ácaro del tamaño de una cabeza de alfiler, que se alimenta de la sangre de la abeja y se contagia de una colmena a otra. Además de debilitar a las abejas, el *Varroa* también puede propagar enfermedades virales y bacterias. Sus efectos son graves y, si no se controlan, suelen llevar a la muerte temprana de colonias en menos de tres años (UNEP, 2010).

Se ha asociado el *Varroa* y otros patógenos con la pérdida invernal de colonias de abejas melíferas; aunque, en general, siempre hay múltiples factores implicados. Por ejemplo, en Alemania se encontró que una gran plaga de *Varroa*, la infección con ciertos virus y, adicionalmente, la edad de la reina y la debilidad de la colonia en otoño, estaban todos relacionados con pérdidas invernales observadas en las colonias de abejas melíferas (Genersch et al., 2010).

Otro patógeno de las abejas melíferas es el microsporidio *Nosema ceranae*, que se encuentra prácticamente en todo el mundo, pero es más frecuente y dañino en los países mediterráneos (se puede encontrar una revisión actual en Higeset et al., 2013). Se ha demostrado que es muy nocivo para las colonias de abejas melíferas en España y otros países del sur de Europa, pero su impacto parece menos grave en las regiones septentrionales del continente. El *Nosema* provoca una alta tasa de mortalidad en las pecoreadoras, lo que afecta, a su vez, al desarrollo de la colonia y podría, posiblemente, terminar en el despoblamiento y el colapso de ésta. A pesar de los avances en el conocimiento del *Nosema* en los últimos años, su papel en la pérdida de colonias es aún controvertido, al parecer por su alta variabilidad de unas regiones geográficas a otras (Higeset et al., 2013).

La capacidad de las abejas para inmunizarse contra parásitos y enfermedades parece estar influida por varios factores. En particular, su nutrición y su exposición a sustancias químicas tóxicas.

Por ejemplo, la exposición simultánea de las abejas melíferas al plaguicida neonicotinoide imidacloprid y al parásito *Nosema* ha demostrado debilitarlas

significativamente (Alaux et al., 2010). Los efectos combinados de ambos agentes causaron estrés y una alta mortalidad de individuos, lo que bloqueó la capacidad de las abejas para esterilizar la colonia y su alimento; y, por lo tanto, debilitó la colonia en su conjunto.

En otra investigación reciente, se halló que las abejas criadas en panales con altos niveles de residuos de plaguicidas se infectaban con *Nosema ceranae* a edad temprana en mayor proporción que las criadas en panales con bajos niveles de residuos (Wuet et al., 2012).

“Estos datos sugieren que la exposición durante el desarrollo a plaguicidas en los panales de cría aumenta la sensibilidad de las abejas a la infección por Nosema ceranae.”

– Wu et al, 2012

Los autores concluyeron: “Este estudio sugiere que existe una mayor sensibilidad a la infección por *Nosema ceranae* en abejas tratadas, que puede deberse al estrés añadido de desarrollarse en panales cargados de plaguicidas y al posible uso de enzimas depuradores y recursos energéticos críticos. Aunque se conocen la cantidad y la identidad de los residuos de plaguicidas que se mezclan en los panales Y y G, no podemos señalar con seguridad los agentes activos. No obstante, los efectos interactivos entre la exposición a plaguicidas y la infección por *Nosema ceranae* requieren mayor investigación, en especial, si se tienen en cuenta los niveles de residuos de plaguicidas encontrados en el panal de cría”.

Otro análisis mostró que la exposición a dosis subletales de los plaguicidas fipronil y tiacloprid causó mayor mortalidad en abejas melíferas infectadas previamente por *Nosema ceranae* que en las que no lo estaban (Vidauet et al., 2011).

A la luz de estas y otras interacciones, existe la clara necesidad de llevar a cabo más investigaciones cuyo fin sea separar los múltiples factores que afectan negativamente a la salud de los polinizadores. Además, estos estudios se centraron únicamente en abejas melíferas. Otros polinizadores, como los abejorros, comparten una sensibilidad parecida a los plaguicidas, parásitos similares al *Nosema*, y sus poblaciones también están disminuyendo (Williams y Osborne, 2009; Alaux et al., 2010; Winfree et al., 2009; Cameron et al., 2011). Se precisan más estudios, así como acciones más estrictas basadas en el principio de precaución, para limitar factores que están potencialmente interrelacionados, como la posibilidad de una mayor sensibilidad a enfermedades con exposición a plaguicidas, y, por lo tanto, proteger la salud general de los polinizadores a nivel mundial.



Agricultura industrial

La agricultura, tanto en tierras de labor como en pastos, ocupa alrededor del 35% de la superficie libre de hielo en la Tierra, y es uno de los ecosistemas más amplios del planeta, rivalizando con los bosques extensivos (Foley et ál., 2007). Además, la agricultura se ha industrializado rápidamente durante el pasado siglo, lo que ha supuesto un mayor uso de fertilizantes, más sustancias químicas tóxicas, más monocultivos y la expansión de la agricultura a nuevas tierras. Todo esto hace que el impacto de la agricultura actual en el medioambiente sea enormemente perjudicial (Tilman et ál., 2001; Foley et ál., 2011; Rockstrom et ál., 2009).

Los polinizadores, manejados o silvestres, no pueden escapar a los variados impactos masivos de la agricultura industrial. Sufren simultáneamente la destrucción de sus hábitats naturales por la agricultura y los efectos nocivos de las prácticas intensivas cuando sus áreas de vuelo naturales se superponen, inevitablemente, con las explotaciones agrícolas.

La agricultura industrial afecta a las abejas y otros polinizadores de diversas formas. En concreto:

La intensificación de la agricultura provoca la pérdida y la fragmentación de valiosos hábitats naturales y seminaturales perennes para los polinizadores: sistemas agroforestales, praderas, campos antiguos, zonas de matorral, bosques y setos, entre otros; lo que se considera la causa principal del descenso en las poblaciones de polinizadores silvestres, aunque con menores efectos en las abejas melíferas manejadas (Brown and Paxton, 2009; Winfree et ál., 2009).

Los monocultivos industriales, y en general la falta de biodiversidad vegetal de los cultivos, limitan la cantidad de alimento a que tienen acceso los polinizadores, tanto en el espacio como en el tiempo. Se ha demostrado una disminución paralela de la diversidad de la flora a escala local y del número de abejas y otros polinizadores en Reino Unido y Países Bajos (Biesmeijer et ál., 2006). Aunque posiblemente se trata de un fenómeno mucho más extendido.

Prácticas como la roturación, la irrigación y la eliminación de vegetación leñosa destruyen lugares de anidación de los polinizadores (Kremen et ál., 2007).

La aplicación a gran escala de herbicidas reduce drásticamente la diversidad de plantas no cultivadas y su abundancia. Y con ello, limita la disponibilidad de alimento para las abejas en cualquier momento dado.

La destrucción química de hábitats mediante la aplicación masiva de herbicidas puede tener consecuencias a largo plazo, en particular, en la distribución de polinizadores en ambientes agrícolas (UNEP, 2010).

Por último, el uso extendido y continuo de plaguicidas, común en los actuales sistemas de agricultura intensiva, puede provocar mortalidad y/o el trastorno de la capacidad pecoreadora de las abejas, tanto silvestres como manejadas (este elemento se trata en detalle en el siguiente capítulo). Determinar el papel específico de los plaguicidas en la salud de los polinizadores se complica aún más porque los emplazamientos en que su uso es más intensivo se corresponden, a menudo, con lugares en los que escasean los recursos florales y los lugares de anidación (importante para muchos polinizadores silvestres) (Kremen et ál., 2007). Distinguir el peso relativo de los diferentes impactos sigue siendo un reto importante.

Por lo general, la intensificación de la agricultura de la escala local a gran escala se relaciona con una disminución en la abundancia y la riqueza de polinizadores silvestres y, por lo tanto, en los servicios ecológicos que proporcionan a los cultivos (Kremen et ál., 2007). La intensificación tendrá también, probablemente, un impacto en la salud y la estabilidad de las poblaciones de abejas melíferas.

En contraste con estos efectos negativos generales, algunos estudios muestran ciertos efectos positivos de la agricultura en las comunidades de polinizadores. Por ejemplo, al aumentar los recursos florales en fragmentos de hábitats naturales (Winfree et ál., 2006, en Kremen et ál., 2007). No obstante, es significativo que estos efectos positivos parezcan darse en regiones en las que el tipo de agricultura aumenta, en vez de disminuir, la heterogeneidad de hábitats para las abejas (como pequeñas explotaciones, multicultivos, setos, etc.) (Tscharntke et ál., 2005, en Kremen et ál., 2007). Algo que incide en el papel benéfico potencial de las técnicas de agricultura ecológica.

Además, que la agricultura en sí misma puede sufrir por la limitación de la polinización. Esto refleja la dificultad en que coexistan la agricultura industrial con los polinizadores de los que depende en parte.

Cambio climático

Muchas de las consecuencias predichas para el cambio climático, como el aumento de temperaturas, la modificación de pautas de precipitación y los fenómenos meteorológicos extremos, tendrán impacto en las poblaciones de polinizadores. Les afectarán individualmente y, en última instancia, como comunidad, lo que se reflejará en tasas de extinción más altas (UNEP, 2010).

Por ejemplo, se ha documentado que las abejas melíferas en Polonia están respondiendo a los cambios en el clima adelantando la fecha de su primer vuelo de invierno (el despertar tras el invierno), como parte de un fenómeno a menudo conocido como “desplazamiento de las estaciones”. El primer vuelo de invierno se ha adelantado más de un mes durante 25 años de observaciones, y esto se atribuye a las temperaturas más altas (Sparks et al, 2010).

Además de los efectos a nivel de especie, el cambio climático afectará con gran probabilidad a la interacción entre los polinizadores y sus fuentes de alimento. Es decir, a las plantas en flor, ya que cambian, entre otras cosas, las fechas y los patrones de floración. Análisis recientes han sugerido que entre el 17% y el 50% de las especies polinizadoras sufrirán escasez de alimento en escenarios realistas de cambio climático que prevén modificaciones en los patrones de floración de las plantas (Memmott et ál., 2007). Los autores de este estudio concluyeron que el resultado que se puede esperar de estos efectos es la posible extinción de algunos polinizadores de algunas plantas. Por lo tanto, corrobora la idea de que la alteración de sus interacciones son cruciales (Memmott et ál., 2007).

En resumen, además de los impactos del cambio climático en forma de extinción de especies, éste podría llevar también a “la extinción a gran escala de interacciones responsables de un servicio ecológico clave como es la polinización” (Memmott et ál., 2007).

Insecticidas

Los insecticidas son una clase particular de plaguicidas, diseñados específicamente para matar a las plagas de insectos en cultivos y ganado, o en entornos domésticos. Matan o repelen en dosis lo bastante altas (letales), pero también pueden tener efectos no intencionados (subletales) a dosis bajas en insectos que no son su objetivo, entre ellos se encuentran los enemigos naturales de las plagas y los polinizadores (Desneux et al, 2007). A causa de su función y su naturaleza intrínseca, los insecticidas son el grupo de plaguicidas que supone el riesgo más directo para los polinizadores.

Aunque el papel relativo de los insecticidas en la disminución global de las poblaciones de polinizadores sigue estando poco claro, ahora es más evidente que nunca que algunos muestran efectos negativos patentes en su salud, tanto a nivel individual como de colonia (Henry et al, 2012; Whitehorn et al, 2012; Easton y Goulson, 2013; Mullin et al, 2010). Algo obvio incluso cuando la mayor parte de los estudios de impactos de insecticidas se centran, por lo general, en los efectos graves de niveles de exposición relativamente altos. No se han analizado de modo sistemático, ni convertido en materia de estudios de toxicidad, los efectos más sutiles a largo plazo de la exposición a dosis bajas. Además, la mayor parte de las investigaciones se han centrado en la abeja melífera (y, en menor medida, en el abejorro), descuidando los posibles impactos en otras de las muchas especies de polinizadores silvestres claramente importantes para la polinización de cultivos y el mantenimiento de la biodiversidad (Potts et al, 2010; Brittain et al, 2013a; Easton y Goulson, 2013).

Los insecticidas, a dosis altas o bajas, pueden afectar negativamente a los polinizadores, incluso cuando estos no son su objetivo específico. La exposición química tiende a ser continua por varias razones:

1. Actualmente, la agricultura a nivel global utiliza un mayor volumen de plaguicidas que en ningún otro momento de la historia (Tilman et al, 2001).
2. Los residuos de insecticidas pueden alcanzar muchos lugares alrededor de los cultivos tratados, hábitat de numerosas especies polinizadoras, y quizá persistir en ellos. Por ejemplo, pueden, permanecer en suelos de labor, moverse con el polvo y el aire tras operaciones de siembra o fumigación, alcanzar cursos de agua alrededor de las explotaciones agrícolas, o estar presentes en el polen y el néctar de plantas cultivadas y malas hierbas próximas. En última instancia, se pueden también encontrar en la cera de las colmenas (Mullin et al, 2010).
3. Algunos insecticidas son sistémicos, es decir, al aplicarlos, no se mantienen en el exterior de la planta, sino que entran en su sistema y se distribuyen por ella. Por ejemplo, algunos insecticidas neonicotinoides, de acción sistémica, se utilizan para recubrir las semillas (semilla en píldoras) y protegerlas al plantarlas. Cuando la semilla en píldoras comienza a germinar y crecer, los neonicotinoides se distribuyen por los tallos y las hojas de la planta, y pueden finalmente alcanzar el agua de gutación (las gotitas que exuda el plantón en el extremo de los cotiledones). Las abejas suelen beber esta gutación en los cultivos que utilizan semillas recubiertas y, por lo tanto, estarán expuestas a dichas sustancias químicas (Girolami et al, 2009). Además, cuando una planta crecida de una semilla recubierta de neonicotinoides florece, también pueden encontrarse residuos de las sustancias químicas en el polen y el néctar. Las abejas que se alimentan de dichas flores estarán también así potencialmente expuestas. El mayor uso de neonicotinoides significa que hay más posibilidades de que los polinizadores estén expuestos a estas sustancias químicas durante periodos más largos, pues los insecticidas sistémicos se pueden encontrar en varios lugares durante todo el ciclo de vida de la planta, desde que crece de la semilla recubierta hasta el agua de gutación, y en el polen y el néctar durante toda la temporada de floración (Ellis, 2010).

Imagen Febrero 2013. Activistas de Greenpeace y apicultores locales llevan una petición con 80.000 firmas al Gobierno Suizo para pedir que se protejan las abejas y se prohíba el uso de los plaguicidas tóxicos.

Los efectos de insecticidas en los polinizadores se pueden describir como *inmediatos* o *letales* cuando son graves y veloces, y causan una rápida mortalidad; y *subagudos* o *subletales* cuando no provocan mortalidad en la población experimental, pero pueden causar efectos fisiológicos o de comportamiento más sutiles a largo plazo. Por ejemplo, trastornos en la capacidad de aprendizaje, en el comportamiento o en otros aspectos neurofisiológicos (Desneux et al., 2007).

Históricamente, se ha prestado mucha más atención al impacto letal de las sustancias químicas en las abejas melíferas. Y se han estudiado y entendido menos los problemas de efectos subletales que, sin embargo, podrían perjudicar seriamente la salud de los polinizadores y reducir la producción agrícola. Aun así, hay abundantes ejemplos de efectos subletales documentados (Desneux et al., 2007), que se pueden clasificar en cuatro grandes grupos según su naturaleza:

- 1) Efectos fisiológicos**, a diversos niveles. Se han medido, por ejemplo, en términos de tasas de desarrollo (el tiempo requerido para alcanzar la edad adulta) y en malformación, por ejemplo, en las celdillas de los panales.
- 2) Alteración del patrón de pecoreo.** Con efectos evidentes, por ejemplo, en el aprendizaje y la orientación.
- 3) Interferencias en el comportamiento alimentario**, mediante efectos repelentes, que inhiben la alimentación o de reducción de la capacidad olfativa.
- 4) Impacto de los plaguicidas neurotóxicos en los procesos de aprendizaje.** Por ejemplo, se ha constatado problemas en el reconocimiento de flores y colmenas, de orientación espacial muy relevantes y que han sido estudiados y ampliamente identificados en la abeja melífera.

Ejemplos de efectos subletales:

Efectos fisiológicos y en el desarrollo

Análisis de laboratorio han demostrado que el piretroide deltametrin afecta a una gran variedad de funciones celulares de las abejas melíferas. Por ejemplo, causando notables disfunciones en las células del corazón, con cambios en la frecuencia y la fuerza de las contracciones cardíacas. Además, asociado con procloraz, ha demostrado afectar a la termorregulación y provocar hipotermia en las abejas melíferas, aunque este efecto no se observa si el deltametrin se utiliza por sí solo (Desneux et al., 2007).

La exposición a bajas concentraciones subletales del neonicotinoide tiametoxam puede causar en la abeja africanizada deficiencias en las funciones cerebrales e intestinales, y contribuir a acortar su ciclo de vida (Oliveira et al., 2013).

El neonicotinoide imidacloprid ha demostrado efectos nocivos, incluso en dosis muy bajas, en el desarrollo de colonias de abejorros y, especialmente, en sus reinas (Whitehorn et al., 2012). Los abejorros que se nutren de alimentos contaminados con pequeñas cantidades de imidacloprid crecen peor y, como resultado, sus colonias son menores (entre el 8% y el 12% más pequeñas). Lo que es más importante, esto se traduce en un descenso desproporcionado en el número de reinas: una o dos, en comparación con las catorce encontradas en colonias sin plaguicidas. Las reinas son fundamentales para la supervivencia de la colonia, pues son los únicos individuos que sobreviven al invierno y pueden fundar colonias la primavera siguiente (Whitehorn et al., 2012).

Un estudio de laboratorio publicado recientemente (Hatjina et al., 2013) ha demostrado que la exposición a dosis subletales del neonicotinoide imidacloprid resultó en notables cambios en el patrón respiratorio de las abejas, y también en las glándulas hipofaríngeas, que no crecieron tanto como en las abejas no tratadas. Los investigadores concluyeron que era importante incluir los impactos fisiológicos de la exposición a imidacloprid entre otras mediciones, pues tenían implicaciones tanto a nivel individual como en términos de toda la colonia.

Movilidad

La observación en laboratorio demostró que el neonicotinoide imidacloprid afectaba a la movilidad de las abejas melíferas en dosis bajas. Este efecto dependía de la dosis y cambiaba con el tiempo (Suchail et al., 2001; Lambin et al., 2001), lo que revela que el periodo de observación podría ser crucial para detectar algunos de los efectos más sutiles de los insecticidas.

En otro experimento de laboratorio, dosis subletales de imidacloprid provocaron reducciones significativas de la movilidad. Las abejas eran menos activas que las no tratadas, aunque el efecto fue transitorio. Las abejas también demostraron una pérdida de la capacidad de comunicación, lo que podría tener profundos efectos en su comportamiento social (Medrzycki et al., 2003).

Navegación y orientación

Para algunos polinizadores, el aprendizaje visual de puntos de referencia es importante para la orientación espacial. Por ejemplo, las abejas melíferas utilizan referencias visuales para volar hasta una fuente de alimento, así como para comunicar con precisión al resto de la colonia la distancia y la dirección en la que se encuentra. Los plaguicidas podrían afectar tanto al aprendizaje de patrones visuales durante el pecoreo como a la comunicación de dicha información.

El piretroide deltametrin ha demostrado alterar los viajes de retorno de las pecoreadoras tratadas tópicamente con dosis subletales, reduciendo su número de vuelos de vuelta a la colmena (Vandame et al., 1995).

Un estudio reciente muy complejo, llevado a cabo en condiciones seminaturales con abejas melíferas, mostró que aquellas que se alimentan de polen o néctar contaminados con el neonicotinoide tiametoxam, incluso en dosis muy bajas, pueden perderse de vuelta a la colmena. Como resultado, tienen el doble de probabilidades de morir en un día, lo que debilita la colonia y la pone en mayor peligro de colapso (Henry et al., 2012).

También se ha demostrado el impacto de concentraciones bajas del neonicotinoide imidacloprid en el pecoreo de las abejas melíferas, que se retrasan en los vuelos de alimentación y se pierden más cuando se les suministran dosis subletales del plaguicida (Yang et al., 2008).

El pecoreo de las abejas melíferas se redujo entre el 20% y el 60% al exponerlas al neonicotinoide imidacloprid o el piretroide deltametrin. El deltametrin también ocasionó cambios en la capacidad de aprendizaje (Ramirez-Romero et al., 2005).

Comportamiento alimentario

“En el caso de las abejas melíferas, los trastornos en el comportamiento alimentario pueden provocar drásticos descensos en la población de la colmena. En la mayor parte de las zonas agrícolas a gran escala, en las que los recursos alimentarios se reducen a los cultivos, el efecto repelente de los plaguicidas puede reducir la recolección de polen y néctar, lo que podría llevar a un descenso demográfico de la colonia.”

– Desneux et al., 2007

Probablemente, los piretroides son el caso mejor conocido de insecticidas que repelen los polinizadores. Este comportamiento de evitación se asumió en muchos casos como una adaptación para reducir el riesgo de exposición (Desneux et al., 2007). Sin embargo, se demostró más tarde que las aplicaciones de piretroides durante el pico de la actividad pecoreadora (a plena luz del día) resulta en altos niveles de exposición (ver la discusión en Desneux et al., 2007).

“Por lo tanto, un efecto repelente no debe malinterpretarse como protección contra la exposición a plaguicidas.”

– Desneux et al., 2007

La exposición a plaguicidas también puede reducir la capacidad de las abejas para detectar fuentes de alimento. Por ejemplo, el fipronil aplicado tópicamente en bajas concentraciones a las abejas melíferas disminuyó su capacidad para notar las bajas concentraciones de sacarosa en un 40% respecto de las abejas no tratadas (El Hassani et al., 2005).

El imidacloprid repele algunos polinizadores (escarabajos y moscas), por lo que la exposición de estos podría ser menor. Pero, como resultado, podrían morir de hambre si los únicos alimentos disponibles fuesen cultivos tratados con imidacloprid en regiones agrícolas. Además, si los insectos evitan visitar flores de cultivos tratados, esto podría afectar negativamente al rendimiento de los cultivos, según la fuerza de la repuesta y la abundancia de polinizadores (Easton y Goulson, 2013).

Capacidad de aprendizaje

Los efectos de los plaguicidas en los procesos de aprendizaje han sido objeto de varios estudios sobre las abejas melíferas, dada la importancia del aprendizaje para la eficacia del pecoreo, y porque estas ofrecen un sistema razonablemente bien conocido (Desneux et ál., 2007). El aprendizaje y la memoria olfativos en las abejas melíferas tienen un papel fundamental en su estrategia de alimentación y la eficacia del pecoreo, tanto a nivel individual como de colonia. Por eso, el impacto de la exposición a largo plazo a bajas concentraciones de plaguicidas podría ser crítico para la salud de las colonias.

En condiciones de laboratorio, el neonicotinoides tiametoxam y el fipronil en dosis subletales redujeron la memoria olfativa de las abejas. Las abejas melíferas fueron incapaces de discriminar entre un odorizante conocido y uno desconocido. Las abejas tratadas con fipronil también pasaron más tiempo inmóviles (Aliouane et al, 2009).

En bioensayos con diferentes plaguicidas, las abejas melíferas que sobrevivieron a la exposición oral a imidacloprid, fipronil, deltametrin y endosulfan mostraron menor capacidad de aprendizaje a largo plazo (Decourtye et al, 2004; Decourtye et al, 2003; Decourtye et al, 2005). Así mismo, su exposición a bajas dosis de imidacloprid parece perjudicar la memoria olfativa a medio plazo (Decourtye et al, 2004). Las consecuencias de estos efectos crónicos en el comportamiento de pecoreo son todavía inciertos (Desneux et ál., 2007).

Impactos de los efectos subletales de plaguicidas en otras comunidades de polinizadores

Los efectos subletales de los plaguicidas parecen afectar a múltiples funciones implicadas en la salud de las comunidades de abejas melíferas y abejorros, como el pecoreo, la fecundidad o la movilidad. Por lo tanto, aunque es posible que afecten también a otras comunidades de polinizadores, sigue sin entenderse en gran medida su implicación para el ecosistema de muchos de ellos (Desneux et ál., 2007). Además, la mayoría de ejemplos de la forma en que los insecticidas afectan a los polinizadores se dan a nivel de especie y hay poca información sobre impactos en los polinizadores silvestres a nivel de comunidad.

Lo habitual ha sido utilizar abejas melíferas como organismo modelo para estudiar los efectos subletales de los plaguicidas en las comunidades de polinizadores. Pero se cree que no representan demasiado bien los efectos en otras especies, incluidas las demás abejas. De hecho, las abejas son un grupo muy diverso, con diferencias significativas en su vulnerabilidad ante la exposición a plaguicidas.

“En las abejas melíferas, los plaguicidas pueden afectar a la organización social (reducción del alimento recolectado o de la población de obreras/cría), pero estos efectos se pueden compensar, dado que la reina no participa en el pecoreo y, por lo tanto, es probable que esté menos expuesta que las obreras. Por el contrario, en otros polinizadores sociales, como los abejorros, la reina debe encontrar alimento durante la primavera para fundar la colonia. En ese caso, los posibles efectos negativos de los plaguicidas pueden afectar sustancialmente al establecimiento de esta. En resumen, los polinizadores sociales que carecen de colonia perenne y los polinizadores no sociales tienen más probabilidades de sufrir la exposición a insecticidas.”

– Desneux et al, 2007

Además, ciertos rasgos de algunos polinizadores pueden hacerlos más vulnerables a los insecticidas. Por ejemplo, los sírfidos afidófagos ponen sus huevos en los campos de cultivo, lo que expone potencialmente su descendencia a insecticidas (Brittany y Potts, 2011). Los riesgos diferenciales relacionados con rasgos o hábitos de vida específicos de los polinizadores podrían aumentar la posibilidad de trastornos provocados por insecticidas. Esta exposición podría alterar la composición de la comunidad de polinizadores y, por lo tanto, posiblemente y de forma no aleatoria, la de la comunidad floral (Brittany y Potts, 2011). Tales efectos potenciales sirven como advertencia sobre impactos inesperados de los plaguicidas tóxicos para las abejas en otros polinizadores y como recordatorio de la necesidad de aplicar el principio de precaución para proteger a los polinizadores en su conjunto, tanto silvestres como comerciales. Otros polinizadores podrían seguir corriendo el riesgo de estos efectos si las restricciones propuestas para los plaguicidas tóxicos para las abejas se aplican únicamente a los cultivos atractivos para las abejas melíferas.

Exposición a múltiples residuos de plaguicidas y efectos sinérgicos

En zonas de agricultura industrial hay gran potencial de exposición de los polinizadores a una mezcla de sustancias agroquímicas, entre ellas, insecticidas, herbicidas y fungicidas.

Los herbicidas pueden afectar a las abejas limitando los recursos alimentarios que tienen disponibles y a otros polinizadores, en especial, si se aplican en los grandes monocultivos típicos de la agricultura industrial (Brittany y Potts, 2011). El tamaño corporal del polinizador podría determinar el impacto total, siendo las especies más pequeñas las más afectadas. Las abejas más grandes podrían ser capaces de pecorear más lejos, pero las más pequeñas podrían morir de hambre (Brittany y Potts, 2011).

“También se ha demostrado que los herbicidas aumentan la toxicidad de varios insecticidas para moscas y ratones, pero no se ha documentado para las abejas. El impacto subletal de un insecticida que reduce la eficacia del pecoreo de las abejas puede tener consecuencias más perjudiciales para su salud si éstas se exponen en un momento en que los recursos alimentarios se han reducido por la aplicación de herbicidas.”

– Brittany and Potts 2011

Los agricultores suelen aplicar fungicidas a muchos cultivos polinizados por abejas durante el periodo de floración, cuando éstas pecorean, por estar clasificados como menos tóxicos para ellas y porque actualmente hay pocas restricciones a esta práctica. Sin embargo, algunos fungicidas han demostrado toxicidad directa para las abejas melíferas o solitarias a nivel de uso de campo (Mullin et ál., 2010). Igual de preocupante es haber probado que algunos fungicidas aumentan la toxicidad de los insecticidas piretroides para las abejas melíferas (Brittany y Potts, 2011).

Varios estudios señalan la posibilidad de interacciones sinérgicas de plaguicidas y fungicidas. Los inhibidores de la síntesis de ergosterol (EBI) interactúan sinérgicamente con los piretroides (Nørgaard y Cedergreen, 2010). La exposición a deltametrin en combinación con los fungicidas procloraz o difenoconazol provocó hipotermia en abejas melíferas, en dosis que no ocasionaban un efecto significativo en la termorregulación al utilizarla por sí sola (Vandame et ál., 1998). Otro estudio encontró que un neonicotinoide común, el tiacloprid, duplica aproximadamente su toxicidad para las abejas melíferas al combinarse con el fungicida propiconazol, y viene a triplicarla en combinación con trifluomizole (Iwasa et ál., 2004).

A finales de 2012, la EFSA afirmaba: “Se han hallado sinergias significativas entre los fungicidas EBI y los insecticidas tanto neonicotinoides como piretroides; pero, en algunos casos, en los que se comunicaron altos niveles de sinergia, las dosis de fungicidas excedían en mucho las identificadas en la sección sobre exposición de este informe. [...] Mayor sinergia se observó, en el laboratorio, entre fungicidas EBI a nivel de uso de campo y piretroides usados como varrocidas (flumetrin y fluvalinato), y entre los varrocidas cumafos y fluvalinato” (Thompson, 2012).

Sin embargo, las implicaciones de estos resultados y de las posibles interacciones de fungicidas con otros insecticidas siguen estando muy poco definidas, a pesar de la importancia potencial de dichos datos (Mullin et al, 2010).

Además de las interacciones entre distintos plaguicidas, también se ha demostrado que los insecticidas interactúan con otros factores de estrés, como las plagas de parásitos (Alaux et al, 2010, Wu et al, 2012). Por ejemplo, “la mortalidad de abejas melíferas por el insecticida imidacloprid (neonicotinoide) se demostró mayor en las abejas infectadas con el parásito *Nosema*, y se encontró una interacción sinérgica entre los dos factores que reducía la actividad enzimática relacionada con la esterilización del alimento de la colonia” (Alaux et ál., 2010; Brittany y Potts, 2011).

“Los polinizadores están cada vez más expuestos a un cóctel de plaguicidas –por ejemplo, se detectaron hasta diecisiete distintos en una sola muestra de polen de una colonia de abejas melíferas (Frazier et ál., 2008)–, y aún desconocemos las consecuencias que esto puede tener para la salud de las abejas y los servicios de polinización. Dado el pronóstico de mayor producción de plaguicidas en todo el mundo (Tilman et ál., 2001) y más cultivo de variedades dependientes de la polinización (Aizen et ál., 2008), es probable que la importancia de este tema no deje de aumentar. Resulta difícil desenmarañar los impactos de insecticidas de otros aspectos de la agricultura intensiva, y el efecto acumulado y sinérgico de múltiples aplicaciones de insecticidas no hace sino complicar aún más la tarea.”

– Brittany and Potts 2011

Residuos de plaguicidas en colmenas de abejas melíferas

El mayor muestreo llevado a cabo hasta la fecha (de residuos de plaguicidas en colmenas de abejas melíferas, que tuvo por objeto el polen, la cera y las abejas en sí) se realizó no hace mucho en Norteamérica. Demostró que las abejas melíferas suelen estar expuestas a múltiples plaguicidas (Mullin et al, 2010). Los autores encontraron “niveles de acaricidas y plaguicidas agrícolas sin precedentes en colonias de abejas melíferas de todo EE. UU. y una provincia canadiense”.

Dicho estudio mostró con claridad que el polen recolectado por abejas podía contener altos niveles de varios plaguicidas, entre ellos cantidades significativas de los insecticidas aldicarb, carbaril, clorpirifos e imidacloprid, los fungicidas boscalid, captan y myclobutanil, y el herbicida pendimetalin. También se encontraron altos niveles de fluvalinato y cumafos. Estos dos últimos son acaricidas aplicados a menudo por los apicultores en sus colmenas para controlar las plagas de *Varroa*.

El polen es la principal fuente de proteínas para las abejas melíferas y tiene un papel crucial en su nutrición y en la salud de la colonia. Es de suponer que habrá interacciones entre diversos plaguicidas cuando hay tantos residuos distintos en el medio ambiente que las rodea. Se encontraron en el polen diez plaguicidas en una concentración mayor de un décimo del nivel LD₅₀ para las abejas, lo que indica que cada una de estas sustancias tóxicas puede tener efectos subletales por sí misma (Mullin et al, 2010). En conjunto, “parece probable que sobrevivir a base de polen con una media de siete plaguicidas diferentes tenga consecuencias”.

Aparte de los insecticidas, los fungicidas fueron los residuos de plaguicidas más significativos encontrados en el polen. Los autores señalaron una correlación entre algunos fungicidas y la mala salud en las colmenas (Mullin et ál., 2010). Como se ha explicado ya, los fungicidas podrían exacerbar los efectos nocivos de algunos insecticidas en las abejas melíferas.

Los piretroides altamente tóxicos, incluyendo el deltametrin y el bifentrin, fueron la clase de insecticida más frecuente y dominante hallada por la investigación norteamericana, a niveles que podrían resultar letales para las abejas melíferas en ciertas condiciones. Además, los agricultores aplican a menudo los piretroides acompañados de ciertos fungicidas, algunos de los cuales han demostrado una vez más aumentar la toxicidad de algunos piretroides para las abejas.

“Parece muy probable que las posibles interacciones entre diversos piretroides y fungicidas afecten a la salud de las abejas en formas todavía por determinar.”

– Mullin et al, 2010

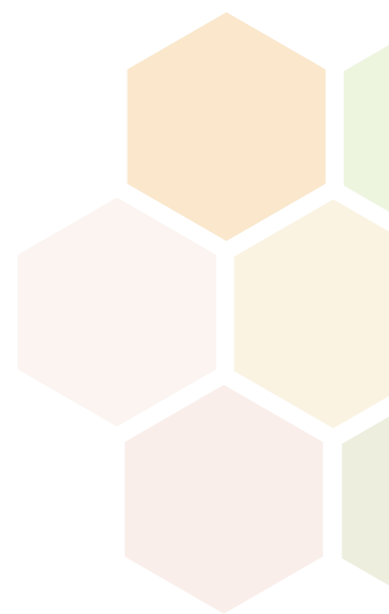
Se encontraron a menudo residuos de neonicotinoides en polen y cera, por lo general, a menores niveles que los piretroides; aunque una muestra de polen contenía un nivel excepcionalmente alto de imidacloprid. Aún no se conoce bien el potencial de los neonicotinoides para interactuar con otros plaguicidas (Mullin et al, 2010).

Los autores concluyen: “La existencia generalizada de residuos múltiples, algunos a niveles tóxicos para compuestos individuales, y la falta de bibliografía científica sobre las consecuencias biológicas de las combinaciones de plaguicidas son un sólido argumento sobre la necesidad de cambios urgentes en las políticas normativas sobre registro de plaguicidas y procedimientos de supervisión relacionados con la seguridad de los polinizadores. Reclaman, asimismo, financiación de urgencia para colmar la miriada de lagunas en nuestra comprensión científica de las consecuencias de los plaguicidas para los polinizadores. Haber reducido la advertencia de la toxicidad para las abejas de los compuestos registrados a una simple advertencia en el etiquetado, así como subestimar en el proceso de registro de estas sustancias los riesgos que suponen para las abejas, ha supuesto que se contribuya a la contaminación del polen por plaguicidas, que es la principal fuente de alimento de estos insectos. ¿Merece realmente la pena arriesgar la contribución de los polinizadores a nuestro sistema alimentario, valorada en 14 mil millones de dólares, por una falta de acción?” (Mullin et al, 2010).

También se encontraron residuos de plaguicidas en un muestreo de materiales de colmenas de abejas melíferas llevado a cabo en Europa. Por ejemplo, en colmenares de España se encontraron en el pan de abeja acaricidas y plaguicidas agrícolas, incluyendo algunos insecticidas con alta toxicidad subletal para las abejas, como cipermetrin, deltametrin y clorpirifos; con claro predominio de los acaricidas frente a las cantidades de plaguicidas agrícolas (Orantes-Bermejo et ál., 2010). En Eslovenia, las colonias de abejas melíferas basadas en manzanales tratados con insecticidas mostraron residuos en el pan de abeja hasta 16 días después del tratamiento con diazinon, y cargas en el polen hasta 6 días tras la aplicación de tiacloprid y hasta diez días después de la aplicación de diazinon (Škerl et ál., 2009).

Plaguicidas tóxicos para las abejas: los siete prioritarios

Sobre la base de las pruebas disponibles en cuanto al uso de plaguicidas en Europa y su impacto en las abejas y otros polinizadores, Greenpeace ha elaborado una lista de plaguicidas tóxicos para las abejas que deberían eliminarse del medio ambiente para evitar cualquier envenenamiento grave con efectos letales, y daños subletales potenciales, en los polinizadores. Partiendo de las pruebas científicas actuales, Greenpeace ha identificado siete insecticidas químicos prioritarios cuyo uso debería restringirse y que deberían eliminarse del medio ambiente para evitar la exposición de las abejas y otros polinizadores silvestres a ellos. Los siete insecticidas prioritarios son: **imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, fipronil, clorpirifos, cipermetrin y deltametrin**. La Tabla 1 contiene un breve resumen de las características de cada plaguicida y algunas referencias que prueban los posibles daños que pueden causar, así como la necesidad de aplicar el principio de precaución para eliminar su presencia en el medio ambiente.



Plaguicidas neonicotinoides

Los neonicotinoides se han convertido en uno de los tipos de insecticidas más comúnmente utilizados en las últimas décadas. Se dividen en dos subclases: nitroguanidinas y cianoamidinas. Las nitroguanidinas, que incluyen imidacloprid, clotianidina, tiametoxam y dinotefuran, son muy tóxicas para las abejas melíferas, y su toxicidad oral es extremadamente alta a 4-5 ng/abeja. Las cianoamidinas, como acetamiprid y tiacloprid, son ligeramente tóxicas para estos insectos.

Según sus fabricantes, los neonicotinoides han sido “la clase de insecticidas de uso generalizado contra un amplio espectro de plagas chupadoras y algunas masticadoras de más rápido crecimiento” (Jeschke et ál., 2010).

En paralelo a este incremento, ha aumentado la preocupación por sus efectos potenciales en los polinizadores, en especial, en las abejas melíferas y los abejorros (con publicación de múltiples informes de investigación, así como de revisiones del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP] y, más recientemente, la EFSA). Sin embargo, la respuesta de los responsables políticos ha sido lenta, salvo en algunos países, como Francia o Italia, que han dado pasos tentativos en la dirección adecuada, hacia una normativa más estricta. Aun así, estos avances no ofrecen a los polinizadores una protección absoluta (EEA, 2013).

Aunque la EFSA ha presentado muy recientemente su preocupación en cuanto a los riesgos asociados con ciertos usos de tres neonicotinoides (clotianidina, imidacloprid y tiametoxam)⁵, y ha pedido a la Comisión Europea que considere cambios en la regulación de dichas sustancias. A la luz de los riesgos identificados, la oposición de algunos Estados miembros y los esfuerzos de sólidos grupos de presión parecen haber frenado cualquier intento de cambiar las aprobaciones actuales. Estos tres neonicotinoides están entre los insecticidas más vendidos del mundo y suponen el 85% del mercado de su tipo, cuyo valor ascendía a 2.236 millones dólares en 2009 (Jeschke et ál., 2010). El imidacloprid es el insecticida más vendido del mundo, con ventas de 1.091 millones dólares en 2009 (Jeschke et ál., 2010).

Greenpeace cree que los motivos de preocupación son lo bastante convincentes como para justificar la total suspensión del uso de varios plaguicidas tóxicos para las abejas, incluyendo los neonicotinoides. Cesar solo ciertos usos específicos no puede, por sí mismo, garantizar la seguridad de todas las especies de polinizadores. Como los autores de un estudio reciente que trata los efectos del imidacloprid en otros polinizadores, como moscas y escarabajos, observaron: “De hecho, no se sabe casi nada de los impactos de los plaguicidas neonicotinoides en el comportamiento de insectos no objetivo, aparte de las abejas... En general, es notable lo poco que entendemos la toxicología medioambiental de este tipo de insecticidas tan usados” (Easton y Goulson, 2013).

⁵ <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/130116.htm>



© GREENPEACE/PIETERBOER

¿Qué podemos hacer para proteger a las abejas y otros polinizadores?

Las amenazas para los polinizadores silvestres y manejados son reales, significativas y complejas. Afrontarlas todas de forma integrada será una tarea inmensa, pero fundamental. Lo que parece claro es que dar los pasos necesarios para tratar uno de los principales conjuntos de factores que afectan hoy a los polinizadores: los efectos negativos de la agricultura químicamente intensiva, será crucial para avanzar en la dirección adecuada. Cualquier progreso en la transformación del actual sistema agrícola químicamente intensivo en uno ecológico tendrá muchos beneficios asociados en otras dimensiones medioambientales y de seguridad alimentaria humana, además de claras ventajas para la salud global de los polinizadores.

Convertir el sistema actual en uno que satisfaga tanto las ambiciones de protección medioambiental como las necesidades globales de alimento es una tarea de enormes proporciones, y requiere pasos seguros hacia una sólida visión a largo plazo. Uno de los más importantes será intentar evitar daños a los polinizadores eliminando su exposición a plaguicidas potencialmente tóxicos para las abejas. Al hacerlo, se protegerán directa e indirectamente componentes claves de los ecosistemas naturales y gestionados.

A corto y medio plazo, hay asuntos específicos que la sociedad moderna puede abordar sin retraso por el bien de la salud global de los polinizadores. Los beneficios podrían ser evidentes casi de inmediato. Sobre la base del análisis de las pruebas científicas actuales en cuanto a la salud global de los polinizadores, Greenpeace cree que eliminar la exposición a plaguicidas potencialmente tóxicos para las abejas es un paso fundamental para salvaguardarlas, sean silvestres o manejadas, y proteger el alto valor ecológico y económico de la polinización natural.

Algunos ejemplos de acciones a corto y medio plazo, justificadas por la ciencia, que ayudarían a revertir el descenso en las poblaciones globales de polinizadores pueden incluirse en dos grupos básicos:

- 1) evitar el daño a los polinizadores (p.e., eliminando la exposición a sustancias potencialmente nocivas); y
- 2) fomentar su salud (p.e., cambiando otras prácticas en los ecosistemas agrícolas).

Evitar el daño a los polinizadores eliminando el uso y la exposición a plaguicidas potencialmente tóxicos para las abejas

En los capítulos anteriores de este informe, hemos resumido el estado actual de la ciencia y señalado riesgos significativos asociados con el uso de algunos plaguicidas tóxicos para las abejas. Las pruebas son claras y sólidas: el daño potencial de estos plaguicidas excede en mucho a todo presunto beneficio de una mayor productividad agrícola. De hecho, es probable que cualquier ventaja percibida sea totalmente ilusoria. La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) ha confirmado los riesgos potenciales de algunos de estos plaguicidas (tres neonicotinoides)⁶, mientras que se acepta que los beneficios económicos de los polinizadores son, por su parte, muy significativos.

Por otra parte, la expansión de la gestión integrada de plagas (GIP) y la agricultura ecológica, en particular en Europa⁷, demuestra que el cultivo sin plaguicidas es por completo viable, rentable y medioambientalmente seguro (Davis et ál., 2012). Incluso en Italia, donde se suspendió hace años el uso de algunos plaguicidas tóxicos para las

⁶ "La EFSA identifica los riesgos que los neonicotinoides suponen para las abejas". Comunicado de prensa de 16 de enero de 2013 <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/130116.htm>

⁷ "La agricultura ecológica es un sector de la agricultura europea que ha experimentado un crecimiento constante en los últimos años". http://ec.europa.eu/agriculture/organic/home_es

abejas en las semillas en píldoras, los agricultores no han informado de más problemas de plagas tras interrumpir el uso de estos biocidas. Y tampoco declararon descensos estadísticamente significativos en la productividad como resultado de adoptar y cumplir rápidamente normativas más juiciosas en cuanto a plaguicidas tóxicos para las abejas (APENET, 2011).

Visto esto, los agricultores requieren más apoyo para encontrar nuevas formas de proteger sus cultivos contra plagas de forma no tóxica y medioambientalmente segura. Es evidente la necesidad de investigar más para desarrollar alternativas, y será crucial aumentar la promoción de las ya existentes, lo que debería incluir apoyo para comercializarlas una vez que su eficacia haya sido ensayada y establecida.

Mejorar la salud de los polinizadores, tanto en ecosistemas agrícolas como en hábitats seminaturales

Aumentar la diversidad y la abundancia de recursos florales en explotaciones agrícolas

A menudo, las explotaciones agrícolas industriales son, en la práctica, desiertos para las abejas. Cuando extensos monocultivos dominan el paisaje –con pocas plantas de florecimiento, una escasez general de diversidad vegetal y un uso de herbicidas a gran escala–, puede resultar difícil para abejas encontrar alimento adecuado.

Muchas prácticas que aumentan la diversidad vegetal a distintas escalas pueden ampliar los recursos florales disponibles para los polinizadores, tanto en el espacio como en el tiempo. Por ejemplo, a nivel de ubicaciones específicas, incluir cultivos con grandes descargas de polen y néctar –como trébol violeta, girasol, melón, colza o almendra– puede mejorar las condiciones de los polinizadores a corto plazo (Kremen et ál., 2007).

A nivel de explotación, los polinizadores se beneficiarán del cultivo o el mantenimiento de alternativas de pecoreo antes y después de la floración de la cosecha principal. Los lindes de los campos floridos, barbechos, bordes herbáceos o setos permanentes (Kremen et ál., 2007; Carvell et ál., 2004) son formas eficaces de hacerlo. Los cultivos intercalados con variedades que atraen insectos beneficiosos, incluyendo polinizadores, también funcionan como “almacén” de flores (Kremen et ál., 2007). Las comunidades anuales de plantas

consideradas, por lo demás, malas hierbas, pueden sustentar también comunidades de polinizadores saludables (Morandin y Winston, 2006). Así, huertos y olivares, por ejemplo, se pueden gestionar eficazmente, con gran biodiversidad para proporcionar hábitats a polinizadores silvestres (Potts et ál., 2006).

En una escala local más amplia, integrar áreas seminaturales en zonas agrícolas comerciales puede aumentar la abundancia de polinizadores silvestres y sus servicios de polinización. La exuberancia de éstos en explotaciones agrícolas se asocia, a menudo, con la existencia de zonas naturales o seminaturales en el entorno, y puede aumentar de forma significativa la producción de verduras, como demuestra el caso de tomates cultivados en California (Greenleaf y Kremen, 2006). Se ha demostrado hace poco que aumentar la diversidad general de polinizadores para fomentar, por ejemplo, la presencia de abejas, tanto melíferas manejadas como silvestres, aumenta el éxito de la polinización y la producción de fruto en almendrales (Brittain et ál., 2013b). En huertos de mangos, la producción de fruta fue notablemente mayor por árbol en los que mantenían flores silvestres en sus lindes. El rendimiento también mejoraba en huertos próximos a zonas naturales y con menor uso de plaguicidas (Carvalho et ál., 2012). Combinar parcelas de flores locales con zonas de hábitat natural en las regiones agrícolas favorece la presencia de abejas silvestres en las áreas de producción y puede estimular la polinización y la productividad, a la vez que evita la pérdida de hábitats naturales por prácticas agrícolas perjudiciales.

Los insectos polinizadores silvestres, en su mayoría muchas especies de abejas, aunque también algunas moscas, mariposas y escarabajos, están ganando importancia como claves de los servicios de polinización en los paisajes agrícolas. Un análisis global muy reciente demostró que, en lugares con menor diversidad y abundancia de insectos silvestres, los cultivos son menos productivos independientemente de cuán abundantes sean las abejas melíferas alrededor de la explotación agrícola (Garibaldi et ál., 2013). Esto subraya la relevancia de conservar polinizadores silvestres, no solo para mantener la biodiversidad, sino también por su papel crucial en la producción de alimentos. Las abejas melíferas son importantes, pero no pueden cubrir el eficiente papel polinizador de una diversidad de insectos silvestres alrededor de los cultivos (Garibaldi et ál., 2013).

Se ha demostrado, por ejemplo, que los cerezos polinizan con más eficacia y, por lo tanto, son más productivos, si los visitan abejas silvestres que si lo hacen abejas melíferas comerciales. A su vez, la abundancia y la diversidad de

abejas silvestres se relacionó con el mantenimiento de hábitats naturales cerca de los cerezales. El efecto de los hábitats naturales y la presencia de abejas silvestres en la productividad de fruta es más bien considerable: “Un aumento entre el 20 % y el 50 % de hábitats de abejas muy diversos en el paisaje aumentó la producción de fruta en un 150 %”. Los autores concluyeron: “Los agricultores deben proteger los hábitats seminaturales en sus explotaciones para garantizar la polinización y el alto rendimiento de sus cultivos” (Holzschuh et ál., 2012).

Los polinizadores naturales, como los abejorros, han demostrado viajar distancias más largas para alimentarse en áreas de flores más diversas (Jha y Kremen, 2013). Este hallazgo sugiere que las acciones para fomentar las áreas ricas en especies de florecimiento, en paisajes tanto naturales como gestionados, podrían aumentar los beneficios de los servicios de polinización silvestres; lo que ofrece una gran oportunidad de implicar a agricultores, administradores de tierras e incluso habitantes urbanos, en campañas que promuevan simultáneamente la conservación de la biodiversidad y los servicios de polinización (Jha y Kremen, 2013).

“La integración de tierras no gestionadas en zonas agrícolas puede ayudar a conseguir objetivos de conservación y proteger servicios ecológicos a un coste económico bastante bajo.”

– Lautenbach et al, 2012

Cultivar con gran biodiversidad y sin sustancias agroquímicas: sistemas ecológicos y sostenibles

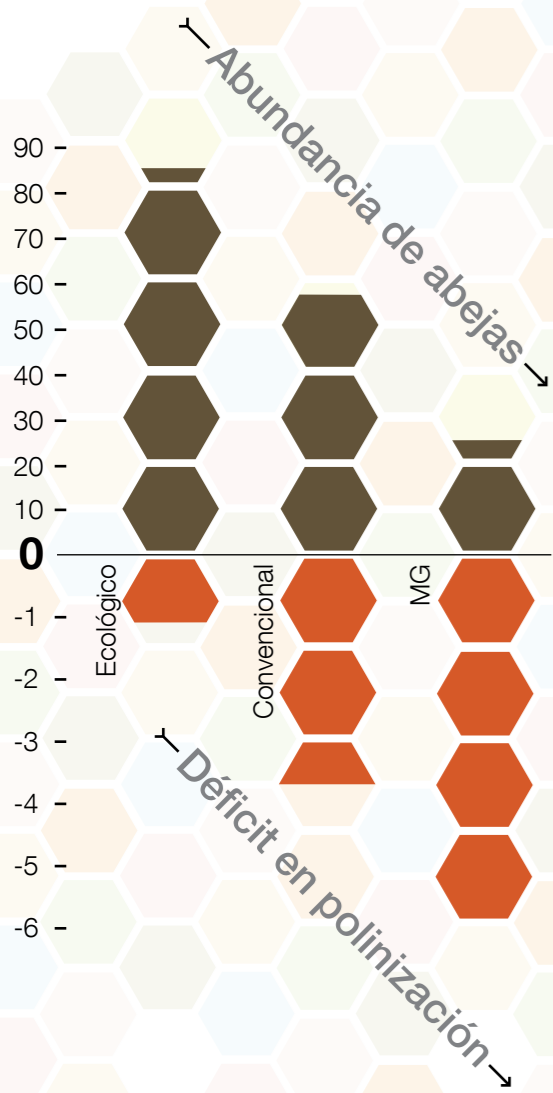
En los lugares con mayor diversidad y abundancia de polinizadores, se ha observado una polinización de cultivos más exitosa y, por lo tanto, un aumento en la producción de fruto y semillas. Esto se ha demostrado en experimentos con cultivos de colza: un mayor éxito de polinización se tradujo en un mayor rendimiento de la cosecha y una subida de su valor en el mercado (Bommarco et ál., 2012).

Cultivar la tierra manteniendo gran biodiversidad y sin aplicar plaguicidas o fertilizantes químicos, como es el caso de las técnicas utilizadas en la agricultura ecológica, ha demostrado, en repetidas ocasiones, beneficiar la abundancia y la riqueza de polinizadores. Estas técnicas también favorecen la polinización de cultivos y, por lo tanto, sus rendimientos potenciales (Morandin y Winston, 2005; Andersson et ál., 2012). A pesar de ello, siguen sin estudiarse en profundidad las ventajas que la

agricultura ecológica o no química de otro tipo tienen en la salud de los polinizadores. Lo que es más importante, estas técnicas alternativas se descuidan a menudo como herramienta potencialmente muy eficaz para proteger y fomentar las poblaciones de abejas.

Un estudio reciente llevado a cabo en Suecia demostró con claridad los beneficios de la agricultura ecológica en los cultivos de fresas. Las fresas ecológicas recibieron más polinizadores y alcanzaron mayor éxito de polinización que las de cultivos convencionales, y esta diferencia fue evidente enseguida al convertir la agricultura convencional en ecológica. Los autores concluyen que la agricultura ecológica se benefició de la polinización de cultivos en términos de cantidad y calidad de la producción (Andersson et ál., 2012).

Las prácticas agrícolas ecológicas pueden favorecer tanto la diversidad como la abundancia de polinizadores, en particular, en zonas con explotaciones agrícolas más intensivas (Batáry et ál., 2011; Holzschuh et ál., 2008); lo que podría traducirse en la consecución de todo el rendimiento potencial de los cultivos (Kremen y Miles, 2012). Una comparación de la abundancia de abejas silvestres en explotaciones de colza ecológica, convencional y modificada genéticamente (MG) para tolerar herbicidas en Canadá demostró que los campos de colza ecológica tenían la mayor abundancia de abejas y los menores déficits de polinización (definidos como el aumento en la producción de semillas por fruto con polinización adicional), en comparación con los cultivos convencionales o MG (ver Imagen 2) (Morandin y Winston, 2005). Las explotaciones convencionales alcanzaban un nivel intermedio en ambos; mientras que la colza MG tolerante a herbicidas mostró la menor abundancia de abejas y el mayor déficit de polinización. Aunque aún se desconocen las razones reales de esta limitación en la colza MG tolerante a herbicidas, parece plausible que la alta aplicación del herbicida glifosato haya podido afectar a la salud de las abejas, bien directamente o bien de forma indirecta, a través de una disminución de los recursos florales. Es posible que “un cultivo modificado genéticamente para mejorar la producción mediante el control de malas hierbas tenga la consecuencia indeseada de reducir la abundancia de abejas en el campo”, lo que limitará el rendimiento del cultivo (Morandin y Winston, 2005).



Los beneficios de la agricultura ecológica, en términos de la diversidad y la abundancia de polinizadores que favorece, pueden extenderse también a las explotaciones convencionales vecinas. En trigales alemanes, las prácticas ecológicas aumentaron la riqueza de polinizadores en un 60%, y su abundancia entre el 130% y el 160%, respecto de las prácticas convencionales (Holzschuh et al, 2008). Es más, el aumento de las zonas de agricultura ecológica de un 5% a un 20% a nivel de paisaje mejoró la diversidad de polinizadores y su abundancia en más de un 60%, tanto en campos ecológicos como en campos convencionales (Holzschuh et al, 2008; Kremen y Miles, 2012).

Los sistemas agrícolas diversificados, como los que siguen las técnicas ecológicas, suponen muchos beneficios aparte del aumento de servicios de polinización: mejoran el control de malas hierbas, enfermedades y plagas de insectos (Kremen y Miles, 2012). A pesar de ello, estos sistemas han recibido mucha menos financiación pública para su investigación como medio de mejorar la gestión que los convencionales. Esta falta de apoyo es sorprendente, dado que los sistemas de cultivo ecológico pueden producir más o menos la misma cantidad de alimento y beneficio que la agricultura convencional, generando muchos menos daños medioambientales y sociales (Kremen y Miles, 2012; Davis et al., 2012). Los cálculos de Urs Niggli, director del Instituto de Investigaciones para la Agricultura Ecológica (FiBL) de Suiza, son reveladores: de un presupuesto de unos 52 mil millones de dólares anuales gastados en investigación agrícola, menos del 0,4% se dedica a investigar y evaluar iniciativas específicamente ecológicas⁸.

Por consiguiente, se precisa más financiación pública y privada para investigar y desarrollar prácticas agrícolas ecológicas que maximicen los servicios al ecosistema, así como la producción alimentaria y la protección medioambiental, sin dejar de lado el desarrollo social y económico (IAASTD, 2009).

Imagen 2. Abundancia de abejas y déficits de polinización (errores estándares \pm medios) para cada tipo de campo (número de campos por tipo = 4). Los recuentos de abejas (las barras superiores) y los niveles de déficit de polinización (las inferiores) fueron significativamente distintos en los tres tipos de campo. Imagen reproducida con permiso de Morandin, L. A. y Winston, M. L. (2005). "Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola" ("Abundancia de abejas silvestres y producción de semillas en la colza convencional, ecológica y modificada genéticamente"), en *Ecological Applications* 15(3): 871-881.

⁸ "Red llevará agricultura orgánica a plano científico". SciDev.Net, 22 de febrero de 2013. <http://www.scidev.net/es/agriculture-and-environment/farming-practices/news/red-llevar-agricultura-org-nica-a-plano-cient-fico.html>



Conclusiones y recomendaciones

Acciones necesarias para proteger la salud de las abejas y otros polinizadores

“El beneficio de la polinización es lo bastante alto en gran parte del mundo como para afectar seriamente las estrategias de conservación y las decisiones de uso del suelo si se tuviesen en cuenta estos valores. Las implicaciones incluyen desde proyectos de trabajo con agricultores locales tradicionales que permitan una subsistencia sostenible, hasta promover la recuperación y conservación de los polinizadores en todo el mundo.”

– Lautenbach et al, 2012

Las políticas europeas, siendo la Política Agrícola Común (PAC) la que ocupa el primer lugar, deberían incorporar las evidencias científicas actuales sobre los beneficios de las poblaciones de polinizadores silvestres y abejas melíferas manejadas, y los peligros que las amenazan. Se requiere acción inmediata para proteger un servicio ecológico esencial como es la polinización. Las evidencias señaladas en este informe de la existencia de herramientas para proteger a los polinizadores deberían incluirse en las políticas agrícolas como medio de fomentar las prácticas que protejan a las abejas.

Además, deberían establecerse en la UE normativas sobre el uso de sustancias potencialmente tóxicas para las abejas, que respeten rigurosamente el principio de precaución, incorporen las evidencias científicas actuales sobre los daños a las abejas melíferas, su vulnerabilidad y amplíen, asimismo, la precaución a otros polinizadores silvestres, en vista de su papel crucial en asegurar los servicios de polinización ahora y en un futuro incierto.

Recomendaciones

Las abejas melíferas y los polinizadores silvestres cumplen un papel crucial en la agricultura y la producción alimentaria. No obstante, el modelo actual de agricultura industrial químicamente intensiva pone a ambos en peligro y, con ellos, el suministro alimentario europeo. Como muestra este informe, hay evidencias científicas contundentes de que los neonicotinoides y otros plaguicidas tienen un papel importante en el descenso actual en las poblaciones de abejas. Como consecuencia, los responsables políticos deberían:

- 1) **Prohibir el uso de plaguicidas tóxicos para las abejas**, comenzando por los más peligrosos autorizados hoy en la UE. Es decir, las siete sustancias prioritarias: imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, fipronil, clorpirifos, cipermetrin y deltametrin.
- 2) Mediante la adopción de campañas nacionales a favor de los polinizadores, **apoyar y promover las prácticas agrícolas que benefician los servicios de polinización en los sistemas agrícolas**. Por ejemplo: rotación de cultivos; superficies de interés ecológico a nivel de explotación y técnicas de cultivo ecológico.
- 3) **Mejorar la conservación de hábitats naturales y seminaturales alrededor de explotaciones agrícolas, así como aumentar la biodiversidad en los campos de cultivo**.
- 4) **Aumentar la financiación de investigación y desarrollo de prácticas agrícolas ecológicas** que se alejen de la dependencia del control químico de plagas hacia el uso de técnicas basadas en biodiversidad para controlar plagas y mejorar la salud del ecosistema. Los responsables políticos europeos deberían **dirigir más fondos a la investigación de soluciones agrícolas ecológicas** bajo el auspicio de la PAC (pagos directos) y Horizonte 2020 (Programa Marco de investigación de la UE).

Referencias

Aizen MA, Garibaldi LA, Cunningham SA & Klein AM (2009). How much does agriculture depend on pollinators? Lessons from long-term trends in crop production. *Annals of Botany*, 103: 1579-1588.

Aizen MA & Harder LD (2009). The Global Stock of Domesticated Honey Bees is Growing Slower than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19: 915-918.

Alaux C, Brunet J-L, Dussaubat C, Mondet F, Tchamitchan S, Cousin M, Brillard J, Baldy A, Belzunces LP & Le Conte Y (2010). Interactions between *Nosema* microspores and a neonicotinoid weaken honeybees (*Apis mellifera*). *Environmental Microbiology*, 12: 774-782.

Aliouane Y, el Hassani AK, Gary V, Armengaud C, Lambin M & Gauthier M (2009). Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: Effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28: 113-122.

Andersson GKS, Rundlof M & Smith HG (2012). Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *PLoS ONE*, 7: e31599.

APENET (2011). Effects of coated maize seed on honey bees. Report based on results obtained from the third year (2011) activity of the APENET project.

Batáry P, Báldi A, Kleijn D & Tscharntke T (2011). Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 278: 1894-1902.

Bendahou N, Fleche C & Bounias M (1999). Biological and Biochemical Effects of Chronic Exposure to Very Low Levels of Dietary Cypermethrin (Cymbush) on Honeybee Colonies (Hymenoptera: Apidae). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 44: 147-153.

Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M, Ohlemüller R, Edwards M, Peeters T, Schaffers AP, Potts SG, Kleukers R, Thomas CD, Settele J & Kunin WE (2006). Parallel Declines in Pollinators and Insect-Pollinated Plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313: 351-354.

Bommarco R, Marini L & Vaissière B (2012). Insect pollination enhances seed yield, quality, and market value in oilseed rape. *Oecologia*, 169: 1025-1032.

Brittain C, Kremen C & Klein A-M (2013a). Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology*, 19: 540-547.

Brittain C, Williams N, Kremen C & Klein A-M (2013b). Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280.

Brown MF & Paxton R (2009). The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie*, 40: 410-416.

Cameron SA, Lozier JD, Strange JP, Koch JB, Cordes N, Solter LF & Griswold TL (2011). Patterns of widespread decline in North American bumble bees. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 662-667.

Carrasco-Letelier L, Mendoza-Spina Y & Branchiccela MB (2012). Acute contact toxicity test of insecticides (Cipermetrina 25, Lorsban 48E, Thionex 35) on honeybees in the southwestern zone of Uruguay. *Chemosphere* 88 (4): 439-444 doi: 10.1016/j.chemosphere.2012.02.062

Carvalhoeiro LG, Seymour CL, Nicolson SW & Veldtman R (2012). Creating patches of native flowers faciilitates crop pollination in large agricultural fields: mango as a case study. *Journal of Applied Ecology*, 49: 1373-1383.

Dai P-L, Wang Q, Sun J-H, Liu F, Wang X, Wu Y-Y & Zhou T (2010). Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 29: 644-649.

Davis AS, Hill JD, Chase CA, Johanns AM & Liebman M (2012). Increasing Cropping System Diversity Balances Productivity, Profitability and Environmental Health. *PLoS ONE*, 7: e47149.

Decourtye A, Armengaud C, Renou M, Devillers J, Cluzeau S, Gauthier M & Pham-Delegue MH (2004). Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 78: 83-92.

Decourtye A, Devillers J, Genecque E, Le Menach K, Budzinski H, Cluzeau S & Pham-Delegue MH (2005). Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 48: 242-250.

Decourtye A, Lacassie E & Pham-Delegue MH (2003). Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest Management Science*, 59: 269-278.

Desneux N, Decourtye A & Delpuech J-M (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 52: 81-106.

Easton AH & Goulson D (2013). The Neonicotinoid Insecticide Imidacloprid Repels Pollinating Flies and Beetles at Field-Realistic Concentrations. *PLoS ONE*, 8: e54819.

EEA (2013). European Environment Agency. Late lessons from early warnings: science, precaution, innovation. http://www.eea.europa.eu/publications/late-lessons-2.

El Hassani AK, Dacher M, Gauthier M & Armengaud C (2005). Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 82: 30-39.

Ellis MD (2010). Managed pollinator CAP coordinated agricultural project: Pesticides applied to crops and honey bee toxicity. *American Bee Journal*, 150: 485-486.

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O’Connell C, Ray DK, West PC, Balzer C, Bennett EM, Carpenter SR, Hill J, Monfreda C, Polasky S, Rockstrom J, Sheehan J, Siebert S, Tilman D & Zaks DPM (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337–342.

Gallai N, Salles J-M, Settele J & Vaissiae BE (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68: 810-821.

Garibaldi LA, Aizen MA, Klein AM, Cunningham SA & Harder LD (2011). Global growth and stability of agricultural yield decrease with pollinator dependence. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108: 5909-5914.

Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalhoeiro LsG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka K, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlof M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N & Klein AM (2013). Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, Published Online February 28 2013.

Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Bachler R, Berg S, Ritter W, Mohlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G & Rosenkranz P (2010). The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honey bee colonies*. *Apidologie*, 41: 332-352.

Gill RJ, Ramos-Rodríguez O & Raine, NE (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual –and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105-108 doi:10.1038/nature11585

Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Bernardo AD, Greatti M, Giorio C & Tapparo A (2009). Translocation of Neonicotinoid Insecticides from Coated Seeds to Seedling Guttation Drops: A Novel Way of Intoxication for Bees. *Journal of Economic Entomology*, 102: 1808-1815.

Greenleaf SS & Kremen C (2006). Wild bee species increase tomato production and respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation*, 133: 81-87.

Hatjina F, Papaefthimiou C, Charistos L, Dogaroglu T, Bouga M, Emmanouil C & Arnold G (2013). Sublethal doses of imidacloprid decreased size of hypopharyngeal glands and respiratory rhythm of honeybees in vivo. *Apidologie* DOI: 10.1007/s13592-013-0199-4

Henry MI, Beguin M, Requier F, Rollin O, Odoux J-F, Aupinel P, Aptel J, Tchamitchian S & Decourtye A (2012). A Common Pesticide Decreases Foraging Success and Survival in Honey Bees. *Science* 1215039 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215039].

Higes M, Meana A, Bartolomé C, Botías C & Martín-Hernández R (2013). *Nosema ceranae* (Microsporidial), a controversial 21st century honey bee pathogen. *Environmental Microbiology Reports*, 5: 17-29.

Holzschuh A, Dudenhöffer J-H & Tscharntke T (2012). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biological Conservation*, 153: 101-107.

Holzschuh A, Steffan-Dewenter I & Tscharntke T (2008). Agricultural landscapes with organic crops support higher pollinator diversity. *Oikos*, 117: 354-361.

IAASTD (2009). International Assessment of Agricultural Science and Technology for Development. Island Press. http://www.agassessment.org.

Jeschke P, Nauen R, Schindler M & Elbert A (2010). Overview of the Status and Global Strategy for Neonicotinoids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59: 2897-2908.

Jha S & Kremen C (2013). Resource diversity and landscape-level homogeneity drive native bee foraging. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110: 555-558.

Kremen C & Miles A (2012). Ecosystem Services in Biologically Diversified versus Conventional Farming Systems: Benefits, Externalities, and Trade-Offs. *Ecology and Society*, 17.

Kremen C, Williams NM, Aizen MA, Gemmill-Herren B, LeBuhn G, Minckley R, Packer L, Potts SG, Roulston Ta, Steffan-Dewenter I, Vazquez DP, Winfree R, Adams L, Crone EE, Greenleaf SS, Keitt TH, Klein A-M, Regetz J & Ricketts TH (2007). Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecology Letters*, 10: 299-314.

Lambin M, Armengaud C, Raymond S & Gauthier M (2001). Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 48: 129-134.

Lautenbach S, Seppelt R, Liebscher J & Dormann CF (2012). Spatial and Temporal Trends of Global Pollination Benefit. *PLoS ONE*, 7: e35954.

Lebuhn G, Droege S, Connor EF, Gemmill-Herren B, Potts SG, Minckley RL, Griswold T, Jean R, Kula E, Roubik DW, Cane J, Wright KW, Frankie G & Parker F (2013). Detecting Insect Pollinator Declines on Regional and Global Scales. *Conservation Biology*, 27: 113-120.

Medrzycki P, Montanari R, Bortolotti L, Sabatini AG, Maini S & Porrini C (2003). Effects of imidacloprid administered in sub-lethal doses on honey bee behaviour. Laboratory tests. *Bulletin of Insectology*, 56: 59-62.

Memmott J, Craze PG, Waser NM & Price MV (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10: 710-717.

Morandin LA & Winston ML (2005). Wild Bee Abundance and Seed Production in Conventional, Organic, and Genetically Modified Canola. *Ecological Applications*, 15: 871-881.

Morandin LA & Winston ML (2006). Pollinators provide economic incentive to preserve natural land in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 116: 289-292.

Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R & Pettis JS (2010). High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE*, 5: e9754.

Nørgaard KB & Cedergreen N (2010). Pesticide cocktails can interact synergistically on aquatic crustaceans. *Environmental Science and Pollution Research*, 17: 957-967.

Oliveira RA, Roat TC, Carvalho SM & Malaspina O (2013). Side-effects of thiamethoxam on the brain and midgut of the africanized honeybee *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). Environmental Toxicology, in press.

Ollerton J, Winfree R & Tarrant S (2011). How many flowering plants are pollinated by animals? Oikos, 120: 321-326.

Orantes-Bermejo FJ, Gómez-Pajuelo A, Megías-Megías M & Torres Fernández-Piñar C (2010). Pesticide residues in beeswax and beebread samples collected from honey bee colonies (*Apis mellifera L.*) in Spain. Possible implications for bee losses. Journal of Apicultural Research, 49: 243-250.

Pettis J, van Engelsdorp D, Johnson J & Dively G (2012). Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen Nosema. Naturwissenschaften, 99: 153-158.

Potts SG, Biesmeijer JC, Kremen C, Neumann P, Schweiger O & Kunin WE (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology & Evolution, 25: 345-353.

Potts SG, Petanidou T, Roberts S, O'Toole C, Hulbert A & Willmer P (2006). Plant-pollinator biodiversity and pollination services in a complex Mediterranean landscape. Biological Conservation, 129: 519-529.

Ramirez-Romero R, Chaufaux J & Pham-Delègue M-H (2005). Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. Apidologie, 36: 601-611.

Rockstrom J, Steffen W, Noone K, Persson A, Chapin FS, Lambin EF, Lenton TM, Scheffer M, Folke C, Schellnhuber HJ, Nykvist B, de Wit CA, Hughes T, van der Leeuw S, Rodhe H, Sorlin S, Snyder PK, Costanza R, Svedin U, Falkenmark M, Karlberg L, Corell RW, Fabry VJ, Hansen J, Walker B, Liverman D, Richardson K, Crutzen P & Foley JA (2009). A safe operating space for humanity. Nature, 461: 472-475.

Schneider CW, Tautz J, Grünewald B & Fuchs S (2012). RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behaviour of *Apis mellifera*. PLoS ONE 7(1): e30023. doi:10.1371/journal.pone.0030023.

Škerl MIS, Bolta ŠV, Česnik HB & Gregorc A (2009). Residues of Pesticides in Honeybee (*Apis mellifera carnica*) Bee Bread and in Pollen Loads from Treated Apple Orchards. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 83: 374-377.

Sparks TH, Langowska A, Głazaczow A, Wilkaniec Z, Bienkowska M & Tryjanowski P (2010). Advances in the timing of spring cleaning by the honeybee *Apis mellifera* in Poland. Ecological Entomology, 35: 788-791.

Spivak M, Mader E, Vaughan M & Euliss NH (2010). The Plight of the Bees. Environmental Science & Technology, 45: 34-38.

Suchail S, Guez D & Belzunces LP (2001). Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. Environmental Toxicology and Chemistry, 20: 2482-2486.

Thompson HM (2012). Interaction between pesticides and other factors in effects on bees. EFSA Supporting Publications 2012:EN-340. [204 pp.]. Available online: <http://www.efsa.europa.eu/publications>.

Tilman D, Fargione J, Wolff B, D'Antonio C, Dobson A, Howarth R, Schindler D, Schlesinger WH, Simberloff D & Swackhamer D (2001). Forecasting Agriculturally Driven Global Environmental Change. Science, 292: 281-284.

Tomé HVV, Martins GF, Lima MAP, Campos LAO, Guedes RNC (2012). Imidacloprid-Induced Impairment of Mushroom Bodies and Behavior of the Native Stingless Bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. PLoS ONE 7(6): e38406. doi:10.1371/journal.pone.0038406

UNEP (2010). UNEP Emerging Issues: Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators. United Nations Environment Programme.

Vandame R, Meled M, Colin ME & Belzunces LP (1995). Alteration of the homing-flight in the honey-bee *Apis mellifera L.* exposed to sublethal dose of deltamethrin. Environmental Toxicology and Chemistry, 14: 855-860.

Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Vignes B, Brunet J-L, Texier C, Biron DG, Blot N, El Alaoui H, Belzunces LP & Delbac F (2011). Exposure to Sublethal Doses of Fipronil and Thiacloprid Highly Increases Mortality of Honeybees Previously Infected by *Nosema ceranae*. PLoS ONE, 6: e21550.

Whitehorn PR, O'Connor S, Wackers FL & Goulson D (2012). Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. Science 1215025 Published online 29 March 2012 [DOI:10.1126/science.1215025].

Williams GR, Tarpay DR, van Engelsdorp D, Chauzat M-P, Cox-Foster DL, Delaplane KS, Neumann P, Pettis JS, Rogers REL & Shuttler D (2010). Colony Collapse Disorder in context. BioEssays, 32: 845-846.

Williams P & Osborne J (2009). Bumblebee vulnerability and conservation world-wide. Apidologie, 40: 367-387.

Williamson SA & Wright GA (2013). Exposure to multiple cholinergic pesticides impairs olfactory learning and memory in honeybees. Journal of Experimental Biology doi:10.1242/jeb.083931

Williamson SM, Moffat C, Gomersall M, Saranzewa N, Connolly C & Wright GA (2013). Exposure to acetylcholinesterase inhibitors alters the physiology and motor function of honeybees. Frontiers in Physiology, 4.

Winfree R, Aguilar R, Vázquez DP, LeBuhn G & Aizen MA (2009). A meta-analysis of bees' responses to anthropogenic disturbance. Ecology, 90: 2068-2076.

Wu JY, Smart MD, Anelli CM & Sheppard WS (2012). Honey bees (*Apis mellifera*) reared in brood combs containing high levels of pesticide residues exhibit increased susceptibility to Nosema (Microsporidia) infection. Journal of Invertebrate Pathology, 109: 326-329.

Yang EC, Chuang YC, Chen YL & Chang LH (2008). Abnormal Foraging Behavior Induced by Sublethal Dosage of Imidacloprid in the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). Journal of Economic Entomology, 101: 1743-1748.



GREENPEACE

Greenpeace Internacional
Ottho Heldringstraat 5
1066 AZ Amsterdam
Amsterdam (Países Bajos)

Greenpeace es una organización ecologista y pacifista internacional, económica y políticamente independiente, que no acepta donaciones ni presiones de gobiernos, partidos políticos o empresas.

Este informe se ha realizado gracias a las cuotas de nuestros socios y socias.

greenpeace.org