

# FLUCTUACIONES EN LAS COLONIAS DE ABEJAS: ¿UN FENÓMENO CAUSADO POR PLAGUICIDAS?



Cada año, los campos de California requieren un millón y medio de colmenas de abejas para polinizar los árboles de almendros florecidos. Como éstos, los manzanos, el cacao y al menos otros 100 cultivos en el mundo necesitan de los servicios de polinización que proveen estos insectos benéficos para producir sus frutos. Aunque es muy difícil cuantificar su valor, se ha estimado que el servicio de la polinización representa alrededor de 153 mil millones de Euros cada año (Gallai, Salles, Settele, & Vaissière, 2009).

Aunque en la mayoría de los lugares los números de abejas se han mantenido o incluso han aumentado, en otros existe una situación preocupante. Tanto es así que, aunque las existencias mundiales se incrementaron un 45% en los últimos 50 años debido a la multiplicación de colmenas en países como China y la Argentina, el número de colonias de abejas melíferas domésticas disminuyó un 25% en Europa entre 1985 y 2005 y un 59% en Norte América entre 1947 y 2005 (Goulson, Nicholls, Botías, & Rotheray, 2015). Esta disminución radical ha sido atribuida al trastorno conocido como Síndrome de Colapso de las Abejas y a las pérdidas invernales de colonias.

Las causas de estos fenómenos no son del todo claras, pero se sabe que las razones de la pérdida de polinizadores son variadas y complejas. Algunos sugieren que los plaguicidas son los mayores culpables del cambio comportamental de las abejas. Sin embargo, ni éste ni ningún otro factor, ha demostrado ser el único causante de la pérdida sistemática de polinizadores. Lo que sí se ha determinado por agencias científicas, como

Juanita von Rothkirch & Mauricio Rodríguez

Ph.D. CropLife Latin America

Es inquietante que desde el 2006

los apicultores en algunos países de Europa y en Estados Unidos han reportado muertes en sus colmenas a una tasa abrumadora.

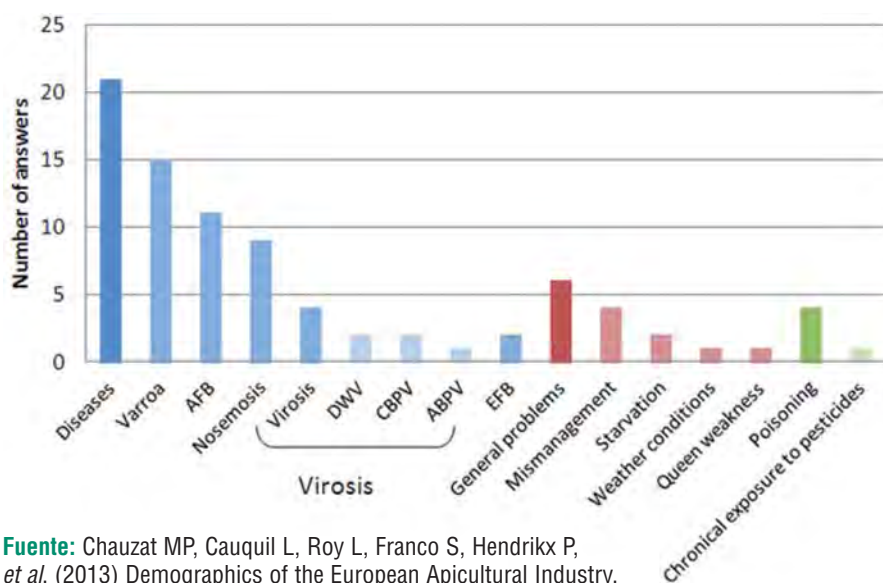
Aunque existen múltiples causas a las que se atribuyen estas disminuciones en las poblaciones de abejas, algunos grupos han puesto énfasis en el efecto que pueden estar teniendo los plaguicidas,

especialmente algunos insecticidas.

Sin embargo, el consenso en la comunidad científica apunta a una multiplicidad de factores que contribuyen las causas de desaparición y desorientación de las colmenas.

el Laboratorio de Referencia sobre Salud de Abejas de la Unión Europea, es que los plaguicidas juegan un papel menor entre los factores que amenazan la salud de estos insectos (Chauzat MP, *et al.*, 2013). Por eso, se cree que las razones recaen en la exposición de forma crónica a eventos como pérdida de hábitat, deficiencias nutricionales, competencia con otras especies, cambio climático, malas prácticas agrícolas y apícolas, agroquímicos y múltiples patógenos.

Además de las numerosas amenazas que afectan las abejas, existen otros factores que hacen de este un tema complejo. Por ejemplo, la falta de correspondencia geográfica entre plaguicidas y muertes podría deberse a que las abejas no visitan todo tipo de cultivos. Los cultivos de canola, espárragos, algodón, maíz, ahú-

**FIGURA 1** - Principales causas de mortalidad de colonias reportadas por laboratorios europeos

**Fuente:** Chauzat MP, Cauquil L, Roy L, Franco S, Hendrikx P, et al. (2013) Demographics of the European Apicultural Industry. PLoS ONE 8(11): e79018. doi:10.1371/journal.pone.0079018



yama y linaza son atractivos para ellas mientras que, entre otros, el trigo, la cebada y la remolacha no lo son (EFSA, 2013). Por otro lado, las condiciones ambientales de cada sitio son diferentes, lo que afecta la cantidad de agroquímico que permanece en el ambiente y al que ellas pueden estar expuestas. El tiempo de permanencia del ingrediente activo en el campo es afectado por factores como el tipo de suelo, la humedad, la temperatura, los gusanos, bacterias y otros organismos que hay en el suelo, entre otros (House of commons Environmental Audit Committee., 2013). Todos estos elementos conllevan a que realizar estudios sobre la toxicidad de los plaguicidas y, en general sobre las causas particulares que pueden causar mortalidad de las abejas en cada sitio, sea una tarea difícil, dado que los resultados cambian en distintos cultivos y diferentes lugares. Por ello, miles de artículos científicos que tratan el tema no logran dar una respuesta concluyente a muchos de los interrogantes que se han generado en este debate. Lo claro es que los principales causantes de enfermedad y pérdida de colonias son las infecciones y enfermedades.

Este artículo presenta una revisión de literatura que analiza los avances de los últimos años sobre el efecto que tienen diferentes presiones sobre las abejas. Para ello, se describen uno a uno los argumentos que han sido asociados a la mortalidad de estos insectos, como son las infecciones y parásitos, la pérdida de hábitat, las malas prácticas agrícolas y apícolas, el cambio climático y los plaguicidas.

### FACTORES CONTRIBUYENTES A LA SALUD DE ABEJAS

#### Parásitos y enfermedades

El ácaro *Varroa destructor*, los hongos *Nosema ceranae* y *Nosema bombi*, el protozoo *Apicystis bombi* y el virus de las alas deformadas son reconocidos como contribuyentes importantes de las pérdidas de colonias en Norteamérica, Europa y otros países. La reproducción en masa y el transporte a gran escala facilitan la transmisión de patógenos y parásitos entre polinizadores. Asimismo, favorecen la selección de los patógenos más virulentos y las extinciones regionales de especies nativas de abejas (IPBES, 2016).

La Varroa es un ácaro que se adhiere al cuerpo de las abejas, succionando su hemolinfa y transmitiendo numerosos virus, lo que debilita a los insectos. Por eso, este parásito ha sido identificado como uno de los factores más importantes en la muerte de las abejas. En Ontario, Canadá, un estudio probó que la mayoría de las colonias estaban infestadas por Varroa, siendo esta la causa principal de mortalidad (Guzmán-Novoa et al., 2010). Dado que la distribución de parásitos está más





La Varroa es un ácaro que se adhiere al cuerpo de las abejas



El monitoreo y tratamiento adecuado de las colonias es clave

relacionada a las prácticas de manejo que a las condiciones geográficas, es claro que el monitoreo y tratamiento adecuado de las colonias promueve de manera importante la supervivencia de los individuos (Giacobino *et al.*, 2016).

### Pérdida de hábitat y malnutrición

Adicional a las infecciones y enfermedades, la pérdida de hábitat ha sido uno de los contribuyentes más evidentes de la disminución de las poblaciones de abejas. Al dedicar grandes áreas de tierra para actividades humanas (entre las que se incluyen la agricultura y la apicultura), se disminuye la cantidad y diversidad de recursos para las abejas, afectando su salud y supervivencia.

Por una parte, las abejas que son usadas comercialmente para polinizar monocultivos están expuestas a una dieta monótona y muchas veces inadecuada. Estas abejas, especialmente en Norteamérica, son utilizadas cada mes para prestar sus servicios a un cultivo distinto, como las almendras de California, los arándanos de Maine y los cítricos de la Florida. Este es un problema importante, dado que el polen de diferentes especies varía de manera importante en la cantidad y composición de lípidos, proteínas, almidón, vitaminas y minerales (Goulson *et al.*, 2015). En este sentido, una dieta monofloral disminuye la inmunocompetencia de las abejas (Alaux, Ducloz, Crauser, & Le Conte, 2010), lo que conduce a que sean más propensas a enfermedades (McMenamin, Brutscher, Glenn, & Flenniken, 2016).

En el caso de pérdida de hábitat por urbanización, se ha visto que la probabilidad de supervivencia de las abejas también disminuye. Esto ocurre dado que las áreas urbanas favorecen la propagación y transmisión de algunos patógenos (Youngsteadt, Appler, López-Urbe, Tarpy, & Frank, 2015).

### Malas prácticas

Las malas prácticas tanto de agricultores como de apicultores pueden ser mortales para la salud de las abejas. La sobreexplotación de las abejas, la aplicación de agroquímicos en época de floración, la alta densidad de individuos en las colonias, así como la falta de comunicación entre apicultores y agricultores, entre otras malas prácticas, son condiciones que disminuyen el rendimiento y supervivencia de estos insectos.

Científicamente, se ha demostrado que existe una asociación positiva entre la abundancia de individuos en las colonias y el número de infecciones virales, sugiriendo que a altas densidades poblacionales la transmisión de patógenos se ve favorecida (Forfert, Natsopoulou, Paxton, & Moritz, 2016). También, en la mayoría de ecosistemas, las abejas melíferas compiten altamente por los recursos florales con otros polinizadores (Torné-Noguera, Rodrigo, Osorio, & Bosch, 2016). Esta situación empeora cuando las colonias no son cuidadas adecuadamente. Por ejemplo, algunos apicultores de Inglaterra toman la decisión de no tratar sus abejas contra el ácaro Varroa, afectando no solo a sus colonias sino a las de toda el área (Madsen & Wynne-Jones, 2016).

Para evitar consecuencias negativas por malas prácticas, los apicultores deben monitorear sus colonias regularmente, asegurar que sus necesidades de sombra y alimento están bien suplidas, evitar altas densidades en las colonias y controlar los patógenos. Los agricultores, por su parte, deben comunicar sus planes de siembra de forma abierta y honesta a los apicultores vecinos, seguir fielmente las indicaciones de los agroquímicos que emplean, evitar su aspersión en condiciones de viento y favorecer la diversidad de flores alrededor de su cultivo (Bayer AG, n.d.).

## Transporte entre cultivos

El intercambio comercial de colonias de abejorros y abejas para la polinización de grandes cultivos favorece la redistribución de enfermedades en diferentes localidades, países y regiones. Esto, se suma al estrés que sufren las abejas al estar confinadas a medios de transporte por tiempos prolongados, lo cual las expone a vibraciones, temperaturas elevadas y altas concentraciones de dióxido de carbono (Goulson *et al.*, 2015).

Los altos niveles de estrés reducen el tiempo de vida de las abejas adultas, en comparación con abejas que no son transportadas (Simone-Finstrom *et al.*, 2016). Cuando las abejas adultas mueren, las jóvenes comienzan a forrajear de forma precoz. Sin embargo, estas completarán un menor número de viajes en su vida y tendrán un mayor riesgo de muerte en sus primeros vuelos, lo que lleva al declive de la colonia (Myerscough *et al.*, 2016).

Por otro lado, el transporte lleva a la reducción del tamaño de las glándulas hipofaríngeas en las abejas jóvenes, las cuales son esenciales para la producción de alimento para las larvas (Ahn, Xie, Riddle, Pettis, & Huang, 2012). Esto, tiene efectos nefastos para el desarrollo de la siguiente generación de abejas obreras.

## Cambio climático

El cambio climático es otra de los elementos que puede estar afectando las colonias: el aumento de las temperaturas lleva a que los polinizadores busquen mayores alturas, causando un desajuste entre la distribución de las plantas y de los polinizadores. También se ha pronosticado que aumenten los eventos climáticos extremos como tormentas, sequías e inundaciones, las cuales afectarían a muchas de las especies de abejas que anidan o hibernan bajo tierra (Goulson *et al.*, 2015).

## Plaguicidas

La producción de alimentos para una creciente población mundial requiere de los plaguicidas para producir vegetales de calidad y en cantidad. Los insecticidas son fáciles de usar, actúan de forma rápida y requieren de poca mano de obra. Gracias a ellos se han controlado plagas de diferentes cultivos, ahorrando dinero a los agricultores y permitiendo que las personas puedan consumir dietas ricas en frutas y verduras. Este consumo trae ventajas que superan de lejos los riesgos potenciales de comer los bajos residuos de plaguicidas que se puedan encontrar en ellas. Por otra parte, gracias a los insecticidas y otros agroquímicos podemos tener cultivos más densificados, evitando la destrucción de nuevos bosques. El control químico de pestes,



entonces, puede ser muy eficiente si es usado de forma correcta. Sin embargo, puede causar efectos no deseados en el medio ambiente, como la muerte de insectos no objetivo.

Más de 160 plaguicidas han sido encontrados en las colonias de abejas (Sánchez-Bayo y Goka., 2014). Por eso, es claro que estos insectos están expuestos a estos y múltiples otras sustancias químicas sintéticas y naturales a través de su desarrollo y vida adulta. Aunque se cree que la mayoría de sustancias representa un riesgo insignificante (Sánchez-Bayo y Goka., 2014), algunos insecticidas han sido asociados con la disminución de las abejas. Muchos de los experimentos en laboratorio y en campo han buscado responder estas preguntas, la mayoría sin dar un resultado concluyente. Por un lado, los resultados en laboratorio han sido reprochados por no representar las condiciones reales de los cultivos. El imperativo entonces, ha sido realizar estudios en campo que consideren

**CONTROL DE PLAGAS EN LA INDUSTRIA**  
Dir. Tec. Ing. Agr. Gustavo Iván Adamec

**Manejo Integrado de Plagas (MIP)**  
**para la Industria Alimenticia y/o Farmacéutica.**  
HABILITACIONES: Municipales, Provinciales y Nacionales

SERVICIOS AMBIENTALES BUENOS AIRES S.R.L.  
La Roche 839 - Morón (1708) Buenos Aires.  
**Tel. 4627-1313**  
info@fumigadorasaba.com.ar

**www.fumigadorasaba.com.ar**





las diferentes variables a largo plazo. Sin embargo, realizar estos ensayos es difícil y muy costoso ya que las abejas forrajean en áreas muy grandes, las generaciones de las colonias se están renovando continuamente y las reservas de comida son almacenadas a largo plazo. A pesar de las dificultades existentes tanto en campo como laboratorio, vale la pena resaltar algunos resultados que indican cuál es el potencial efecto que tienen los insecticidas en las abejas.

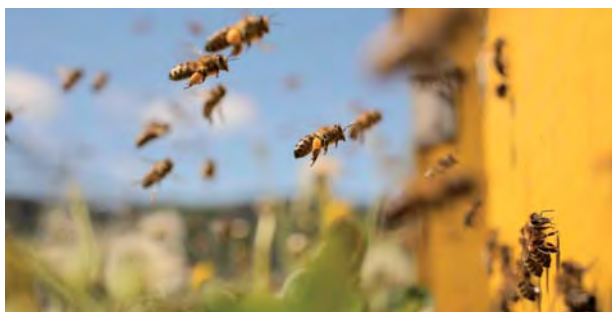
Algunos estudios en laboratorio han mostrado que, a concentraciones equiparables a las encontradas en polen y néctar en los cultivos, las abejas melíferas pueden presentar efectos subletales o muerte, ya sea por contacto o ingestión de plaguicidas (Dechaume Moncharmont, Decourtye, Hennequet-Hantier, Pons, & Pham-Delègue, 2003) (van Tomé, Martins, Lima, Campos, & Guedes, 2012) (Tennekes *et al.*, 2015). Los efectos subletales son, entre otros, espasmos, temblores, parálisis, letargo, dificultad para aprender y disminución de la capacidad de locomoción (Zaluski, Kadri, Alonso, Martins Ribolla, & de Oliveira Orsi, 2015) (Charreton *et al.*, 2015). Cuando el consumo es sostenido en el tiempo, algunos tipos de plaguicidas pueden acumularse en el sistema nervioso y generar mortalidad (Dechaume Moncharmont *et al.*, 2003) (van Tomé *et al.*, 2012) (Tennekes *et al.*, 2015). Uno de los problemas con estos estudios es que se basan en dietas controladas y sostenidas de alimento con presencia de insecticidas que difícilmente representan la variada alimentación de abejas que forrajean en plantas cultivadas y silvestres. Por lo tanto, estos estudios demuestran el peor escenario posible que difícilmente se presentaría en el campo.

En campo, en contraste, algunos estudios sugieren que la abundancia de las abejas silvestres disminuye al estar en contacto con plaguicidas, mientras que las abejas melíferas parecen no sufrir efectos negativos. Este tema amerita mayor investigación porque los resultados aún no son concluyentes y es una oportuni-

dad para alianzas entre gobiernos, academia e industria. Park *et al.* (2015) por ejemplo, analizan los efectos de los agroquímicos sobre abejas silvestres, realizando un seguimiento en cultivos de manzana durante dos años. Los investigadores observan que la abundancia de abejas disminuye de forma significativa cuando los agroquímicos (plaguicidas y herbicidas) han sido usados por un año. Sin embargo, la abundancia y riqueza de las abejas aumenta a medida que se incrementa el porcentaje de área natural, al proveer refugio de los cultivos.

De la misma manera, Rundlöf *et al.* (2015), concluyen que los insecticidas aplicados en cultivos de canola en Suecia reducen la densidad de abejas silvestres y abejorros, aunque no debilitan las colonias de abejas melíferas. Esto último es consistente con un estudio previo en Canadá que encontró que, en cultivos de canola cuyas semillas fueron tratadas con plaguicidas, no se observaron efectos adversos sobre las abejas melíferas (Cutler, Scott-Dupree, Sultan, McFarlane, & Brewer, 2014). De igual manera, muchos países del mundo que aplican plaguicidas no han reportado disminución de colonias de abejas. Por ejemplo, Brasil, el segundo mayor consumidor de plaguicidas en el mundo, no ha registrado pérdidas de colonias de abejas melíferas. Lo mismo ocurre en Australia, Canadá y los demás países de Latinoamérica.

Por supuesto, la sensibilidad de las abejas hacia los agroquímicos puede verse aumentada en caso de estar afectadas por otros factores de estrés, como patógenos. También, en el caso de ser expuestas a concentraciones de agroquímicos mayores a las recomendadas. En este caso de malas prácticas, no solo se afectan las abejas melíferas sino también otros insectos benéficos como mariposas y comunidades de abejas nativas, las cuales se cree que son más susceptibles al uso de plaguicidas que las abejas melíferas (Barbosa, Smagghe, & Guedes, 2015) (Arena & Sgolastra, 2014).



## CONCLUSIONES

La abundancia y diversidad de las comunidades de abejas facilita la polinización exitosa de los cultivos, al proporcionar estabilidad de los servicios en el tiempo y el espacio. Para protegerlas, es necesario considerar que la naturaleza de la pérdida de colonias es de carácter multifactorial, en la cual los pesticidas no son el principal elemento. Los estudios en campo demuestran que los insecticidas no causan efectos negativos significativos sobre las abejas melíferas aunque debido a malas prácticas pueden estar teniendo efectos adversos en las abejas nativas. Por eso, los signos de alarma en algunos países son un llamado para que agricultores y apicultores de todo el mundo fortalezcan su comunicación y tomen decisiones informadas a favor de los polinizadores. Del mismo modo, los gobiernos deben tomar decisiones balanceadas, considerando las múltiples causas del problema, de acuerdo a las condiciones ambientales y problemáticas de su país.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, K., Xie, X., Riddle, J., Pettis, J., & Huang, Z. Y. (2012). Effects of long distance transportation on honey bee physiology. *Psyche (New York)*, 2012. <http://doi.org/10.1155/2012/193029>
- Alaux, C., Ducloz, F., Crauser, D., & Le Conte, Y. (2010). Diet effects on honeybee immunocompetence. *Biology Letters*, 6(4), 562–5. <http://doi.org/10.1098/rsbl.2009.0986>
- Arena, M., & Sgolastra, F. (2014). A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23(3), 324–334. <http://doi.org/10.1007/s10646-014-1190-1>
- Barbosa, W. F., Smagghe, G., & Guedes, R. N. C. (2015). Pesticides and reduced-risk insecticides, native bees and pantropical stingless bees: Pitfalls and perspectives. *Pest Management Science*, 71(8), 1049–1053. <http://doi.org/10.1002/ps.4025>
- Bayer AG. (n.d.). Beekeepers and Farmers. Retrieved from <https://www.beecare.bayer.com/what-you-can-do/beekeepers-and-farmers>
- Charreton, M., Decourtye, A., Henry, M., Rodet, G., Sandoz, J. C., Chamet, P., & Collet, C. (2015). A locomotor deficit induced by sublethal doses of pyrethroid and neonicotinoid insecticides in the honeybee *Apis mellifera*. *PLoS ONE*, 10(12), 1–14. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0144879>
- Chauzat, M-P., Cauquil, L., Roy, L., Franco, S., Hendrikx, P., & Ribiere-Chabert, M. (2013). Demographics of the European Apicultural Industry. *PLoS ONE*, 8(11): e79018. doi:10.1371/journal.pone.0079018.
- Cutler, G. C., Scott-Dupree, C. D., Sultan, M., McFarlane, A. D., & Brewer, L. (2014). A large-scale field study examining effects of exposure to clothianidin seed-treated canola on honey bee colony health, development, and overwintering success. *PeerJ*, 2, e652. <http://doi.org/10.7717/peerj.652>
- Dechaume Moncharmont, F.-X., Decourtye, A., Hennequet-Hantier, C., Pons, O., & Pham-Delègue, M.-H. (2003). Statistical analysis of honeybee survival after chronic exposure to insecticides. *Environmental Toxicology and Chemistry / SETAC*, 22(12), 3088–94. <http://doi.org/10.1897/02-578>
- EFSA. (2013). Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment for bees for the active substance imidacloprid. *EFSA Journal*, 11(December 2012), 1–55. <http://doi.org/10.2903/j.efsa.2013.3068>
- Forfert, N., Natsopoulou, M. E., Paxton, R. J., & Moritz, R. F. A. (2016). Viral prevalence increases with regional colony abundance in honey bee drones (*Apis mellifera* L.). *Infection, Genetics and Evolution*, 44, 549–554. <http://doi.org/10.1016/j.meegid.2016.07.017>
- Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68(3), 810–821. <http://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.06.014>
- Giacobino, A., Molineri, A., Bulacio Cagnolo, N., Merke, J., Orellano, E., Bertozzi, E., ... Signorini, M. (2016). Key management practices to prevent high infestation levels of Varroa destructor in honey bee colonies at the beginning of the honey yield season. *Preventive Veterinary Medicine*, 131, 95–102. <http://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.07.013>
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *ScienceExpress*, 2010(February), 1–16. <http://doi.org/10.1126/science.1255957>
- Guzmán-Novoa, E., Eccles, L., Calvete, Y., McGowan, J., Kelly, P. G., & Correa-Benítez, A. (2010). Varroa destructor is the main culprit for the death and reduced populations of overwintered honey bee (*Apis mellifera*) colonies in Ontario, Canada. *Apidologie*, 41(4), 443–450. <http://doi.org/10.1051/apido/2009076>
- House of commons Environmental Audit Committee. (2013). *Pollinators and Pesticides*.
- IPBES. (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. (S. Potts, V. Imperatriz-Fonseca, H. Ngo, J. Biesmeijer, T. Breeze, L. Dicks, ... B. F. Viana, Eds.). Bonn, Germany: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES).
- Maderson, S., & Wynne-Jones, S. (2016). Beekeepers' knowledges and participation in pollinator conservation policy. *Journal of Rural Studies*, 45, 88–98. <http://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.02.015>
- McMenamin, A. J., Brutscher, L. M., Glenny, W., & Flenniken, M. L. (2016). Abiotic and biotic factors affecting the replication and pathogenicity of bee viruses. *Current Opinion in Insect Science*, 16, 14–21. <http://doi.org/10.1016/j.cois.2016.04.009>
- Myerscough, M. R., Barron, A. B., Perry, C. J., Søvik, E., Myerscough, M. R., & Barron, A. B. (2016). Correction for Perry et al., Rapid behavioral maturation accelerates failure of stressed honey bee colonies. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(30), E4431–E4431. <http://doi.org/10.1073/pnas.1610243113>
- Park, M. G., Blitzer, E. J., Gibbs, J., Losey, J. E., & Danforth, B. N. (2015). Negative effects of pesticides on wild bee communities can be buffered by landscape context. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1809), 20150299–20150299. <http://doi.org/10.1098/rspb.2015.0299>
- Rundlöf, M., Andersson, G. K. S., Bommarco, R., Fries, I., Hederström, V., Herbertsson, L., ... Smith, H. G. (2015). Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature*, 521, 77–80. <http://doi.org/10.1038/nature14420>
- Simone-Finstrom, M., Li-Byarlay, H., Huang, M. H., Strand, M. K., Rueppell, O., & Tarry, D. R. (2016). Migratory management and environmental conditions affect lifespan and oxidative stress in honey bees. *Scientific Reports*, 6(August), 32023. <http://doi.org/10.1038/srep32023>
- Tennekes, H. A., Decourtye, A., Rondeau, G., Sa, F., Desneux, N., & Rami, R. (2015). Delayed and time-cumulative toxicity of imidacloprid in bees, ants and termites, 1–8. <http://doi.org/10.1038/srep05566>
- Torné-Noguera, A., Rodrigo, A., Osorio, S., & Bosch, J. (2016). Collateral effects of beekeeping: Impacts on pollen-nectar resources and wild bee communities. *Basic and Applied Ecology*, 17(3), 199–209. <http://doi.org/10.1016/j.baae.2015.11.004>
- van Tomé, H. V., Martins, G. F., Lima, M. A. P., Campos, L. A. O., & Guedes, R. N. C. (2012). Imidacloprid-induced impairment of mushroom bodies and behavior of the native stingless bee *Melipona quadrifasciata anthidioides*. *PLoS ONE*, 7(6), 1–9. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0038406>
- Youngsteadt, E., Appler, R. H., López-Urbe, M. M., Tarry, D. R., & Frank, S. D. (2015). Urbanization increases pathogen pressure on feral and managed honey bees. *PLoS ONE*, 10(11), 1–16. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0142031>
- Zaluski, R., Kadri, S. M., Alonso, D. P., Martins Ribolla, P. E., & de Oliveira Orsi, R. (2015). Fipronil promotes motor and behavioral changes in honey bees (*Apis mellifera*) and affects the development of colonies exposed to sublethal doses. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 34(5), 1062–1069. <http://doi.org/10.1002/etc.2889>