

Las claves del Síndrome de Despoblamiento de Colmenas

Rodrigo Pizarro¹ y Gloria Montenegro².

Una dieta equilibrada y nutricionalmente valiosa depende esencialmente de la polinización de las abejas melíferas. Sin embargo, esta especie ha sido amenazada por el Síndrome de Despoblamiento de Colmenas (SDC). ¿Cuáles son sus causas y posibles consecuencias, tanto para la agricultura como para la conservación de los ecosistemas nativos?

1 Candidato a Doctor del Programa de Doctorado en Ciencias de la Agricultura.
2 Profesora del Departamento de Ciencias Vegetales

La demanda mundial de alimentos ha ido en un constante *in crescendo* de la mano del explosivo crecimiento demográfico que ha experimentado la población humana, especialmente desde comienzos del siglo XX. Para satisfacer tal demanda se requiere, entre otras cosas, aumentar la productividad de algunos cultivos agrícolas, muchos de los cuales dependen de la polinización zoófila para alcanzar sus mayores cotas productivas. En tal sentido, el rol de los polinizadores es clave para mantener y mejorar la oferta de muchos productos hortofrutícolas.

Apis mellifera es un insecto del orden Hymenoptera, familia Apidae, cuya región de origen comprende el norte de África, el este de Asia y el sudoeste de Europa. Fue introducida en el continente americano alrededor de 1620, y actualmente se encuentra distribuida prácticamente por todo el mundo, con la sola excepción de la Antártica.

El desarrollo de algunos sectores de la agricultura, especialmente el frutícola, se encuentra estrechamente relacionado con la actividad apícola, ya que lograr una polinización efectiva de sus cultivos depende, en gran medida, de la disponibilidad de un número suficiente de colmenas en buen estado sanitario. Por ello, se debe establecer una alianza estratégica entre agricultores y apicultores para que la demanda de polinización sea adecuadamente cubierta, y represente un beneficio tanto para las partes directamente involucradas como para los consumidores que reciben finalmente los productos generados.

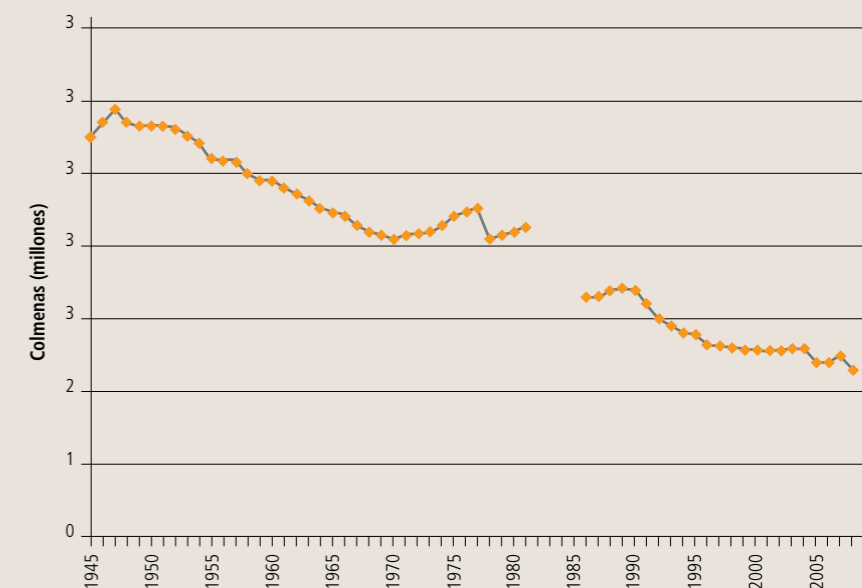
Sin embargo, desde mediados del siglo XX, asociada al comienzo del uso masivo de insecticidas, ha habido una disminución sostenida en el número de colmenas en Estados Unidos (como se puede ver en la figura 1), fenómeno que también ha sido detectado, aunque más recientemente, en Europa. Asimismo, se han detectado severas menguas en las poblaciones de insectos polinizadores nativos, especialmente Himenópteros, lo que ha llevado a que, en la actualidad, ya se hable de una crisis mundial de polini-

zación. Un fenómeno de reciente aparición, al que se le ha dado gran cobertura en los medios por sus potenciales implicancias dentro de la cadena productiva de alimentos, es la desaparición inexplicable de grandes poblaciones de abejas melíferas desde colmenas comerciales, ocurridas especialmente en apiarios del hemisferio norte, conocida como *Colony Collapse Disorder* (CCD) o Síndrome de Despoblamiento de Colmenas (SDC).

En este artículo, realizaremos una revisión de la información científica disponible que aborda el fenómeno del SDC, enunciando sus posibles causas y consecuencias, describiendo y caracterizando el fenómeno, detallando los distintos puntos de vista elaborados en diferentes regiones del mundo para tratar de encontrarle una explicación, y exponiendo sus potenciales consecuencias negativas, tanto para la agricultura como para la conservación de los ecosistemas nativos.

El desarrollo de algunos sectores de la agricultura, especialmente el frutícola, se encuentra estrechamente relacionado con la actividad apícola, ya que está en manos, en gran medida, de la disponibilidad de un número suficiente de colmenas en buen estado sanitario para lograr una polinización efectiva de sus cultivos.

FIGURA 1. Número de colmenas de abejas melíferas manejadas en Estados Unidos desde 1945 hasta 2008, según reportes del Servicio Nacional de Estadísticas Agrícolas del Departamento de Agricultura de EE.UU.



El nivel actual de colonias es muy bajo dado que, por ejemplo, sólo en California se necesitan 1,5 millones de colmenas para polinizar almendros. Tres años con pérdidas del 30% de las colmenas en EE.UU., en promedio, ponen bajo amenaza la capacidad de entregar el servicio de polinización para la agricultura. No hubo datos de número de colmenas registradas para el periodo 1982-1985 (Pettis & Delaplane, 2010).



Qué es y qué lo causa

De acuerdo al Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y a la Autoridad de Seguridad Alimentaria Europea, se trata de la desaparición inexplicable y en un corto período de tiempo de la mayor parte de la población de obreras adultas de una colmena, las que, sin embargo, presentan cantidades normales de cría tapada y de reservas de alimento. Suele tener lugar en primavera, luego de la invernada. En etapas finales del colapso, sólo queda la reina con una corte de unas pocas abejas recién nacidas. Otras características son la ausencia de abejas muertas tanto dentro de las colmenas como en sus cercanías, un gran retraso o demora en el cleptoparasitismo (pillaje) por parte de abejas de colmenas vecinas y otros insectos, así como en la llegada de otras pestes (polilla de la cera, avispa, etcétera). Los primeros reportes en Europa ocurrieron en las temporadas 2004 y 2005, y en EE.UU. entre los años 2005 y 2006. No obstante, ha habido al menos 18 episodios documentados internacionalmente desde 1869.

Se han propuesto múltiples agentes causales, algunos sin ningún asidero científico, tales como la radiación de las antenas y teléfonos celulares, aun-

que no se ha demostrado una relación causa-efecto para ninguno de ellos de manera concluyente. Entre los agentes propuestos se cuentan: Patógenos de la abeja (*Nosema ceranae*, *Varroa destructor*, distintas especies de virus); y una mayor carga ambiental de residuos de agroquímicos, especialmente algunos nuevos insecticidas, tales como los neonicotinoides.

Los agentes infecciosos

Aunque no se ha logrado establecer una relación clara e inequívoca entre la presencia de patógenos y la ocurrencia de eventos de SDC en colmenas, hay evidencia que apunta en tal sentido. Se ha sugerido aquello ya que la frecuencia observada de ocurrencia de SDC era mayor que la esperable cuando las colmenas afectadas se encontraban en las cercanías de apiarios que también presentaron casos del síndrome. Así, las primeras investigaciones que buscaban un agente causal del SDC apuntaron a encontrar algún agente infeccioso (bacteria, hongo o virus) que pudiera ser el provocador de la desaparición de las colmenas afectadas.

Investigaciones llevadas a cabo hasta la fecha han identificado algunos posibles agentes patógenos que estarían relacionados con la ocurrencia de SDC, ya que

presentan alta prevalencia en colmenas de apiarios que han sufrido la pérdida de la totalidad o de una parte considerable de su población de abejas.

Las primeras investigaciones fueron realizadas en 2006 por el grupo de Diana Cox-Foster en Pennsylvania, mediante un secuenciamiento de todo el material genético aislado de abejas provenientes de colmenas con SDC y de colmenas sanas, de manera de identificar los genomas de todos los patógenos presentes en las abejas de colmenas afectadas. Así, hallaron una mayor prevalencia y una fuerte correlación entre la presencia del virus israelí de parálisis aguda (IAPV, un dicistrovirus transmitido por el ácaro *Varroa destructor*) y la ocurrencia de SDC en colmenas en EE.UU. Apoyando esta idea, posteriormente se demostró que es posible silenciar al IAPV mediante la ingestión del RNA de doble hebra del virus, lo que disminuía la mortalidad de las abejas infectadas. Sin embargo, es raro que las infecciones virales causen grandes pérdidas de población a las colmenas infectadas por ellos. Asimismo, el fenómeno también era observado en colmenas europeas, donde el IAPV estaba ausente.

El grupo de Mariano Higes propuso al microsporidio *Nosema ceranae* como el

agente causal del SDC en España y el resto de Europa. La espora de *N. ceranae* entra por la boca de la abeja y se dirige al ventrículo (estómago) donde infecta las células epiteliales. Ahí empieza un ciclo reproductivo que termina por invadir a todas las células del ventrículo, lo que lleva a que la abeja ya no pueda comer, se debilite y muera. La mayoría de las abejas enfermas por este microsporidio, pese a su debilidad y como forma de defensa de la colmena, salen de ella y no vuelven. Posteriormente, otros investigadores encontraron que la respuesta inmune (activación de genes y producción de proteínas de defensa) en abejas infectadas con *N. ceranae* es menor o se ve deprimida, en relación a la respuesta mostrada por insectos sanos o infectados con *Nosema apis*, lo cual supone un factor que puede favorecer la infección de las colmenas con otros patógenos, tales como los virus, lo que podría desencadenar el SDC.

Un tercer patógeno apícola es el ácaro *Varroa destructor*. Es ampliamente aceptado que la varroosis, esto es, la infestación de las colmenas de abejas con *V. destructor*, es el principal problema sanitario de la apicultura a nivel mundial. Aunque no se puede afirmar que este parásito sea el agente causal del síndrome, es razonable suponer que, dada su

Es altamente posible que la combinación de agentes estresantes biológicos (patógenos, parásitos) y químicos (insecticidas, acaricidas) tenga un efecto negativo sinérgico sobre la sobrevivencia de las abejas.

alta presencia en colmenas de casi todo el mundo y al igual como ocurre en las infecciones con *Nosema*, un alto grado de parasitación por este ácaro puede, en muchos casos, ser el factor desencadenante, pues una alta infestación debilita a las abejas y a la colmena, y la hace ser presa fácil de otras enfermedades. En monitoreos realizados en Europa, se ha observado que muchas colonias con un alto grado de parasitación por *Varroa* presentaban también claros síntomas de despoblamiento.

Estudios realizados en la isla de Oahu (Hawaii), libre de *Varroa* hasta el año 2007, mostraron que el ingreso del ácaro a sus colmenas produjo, en sólo tres años, un enorme aumento de la prevalencia de una sola y virulenta cepa del virus de alas deformes (DWV), la que pasó de encontrarse en aproximadamente un 10% de las colmenas del

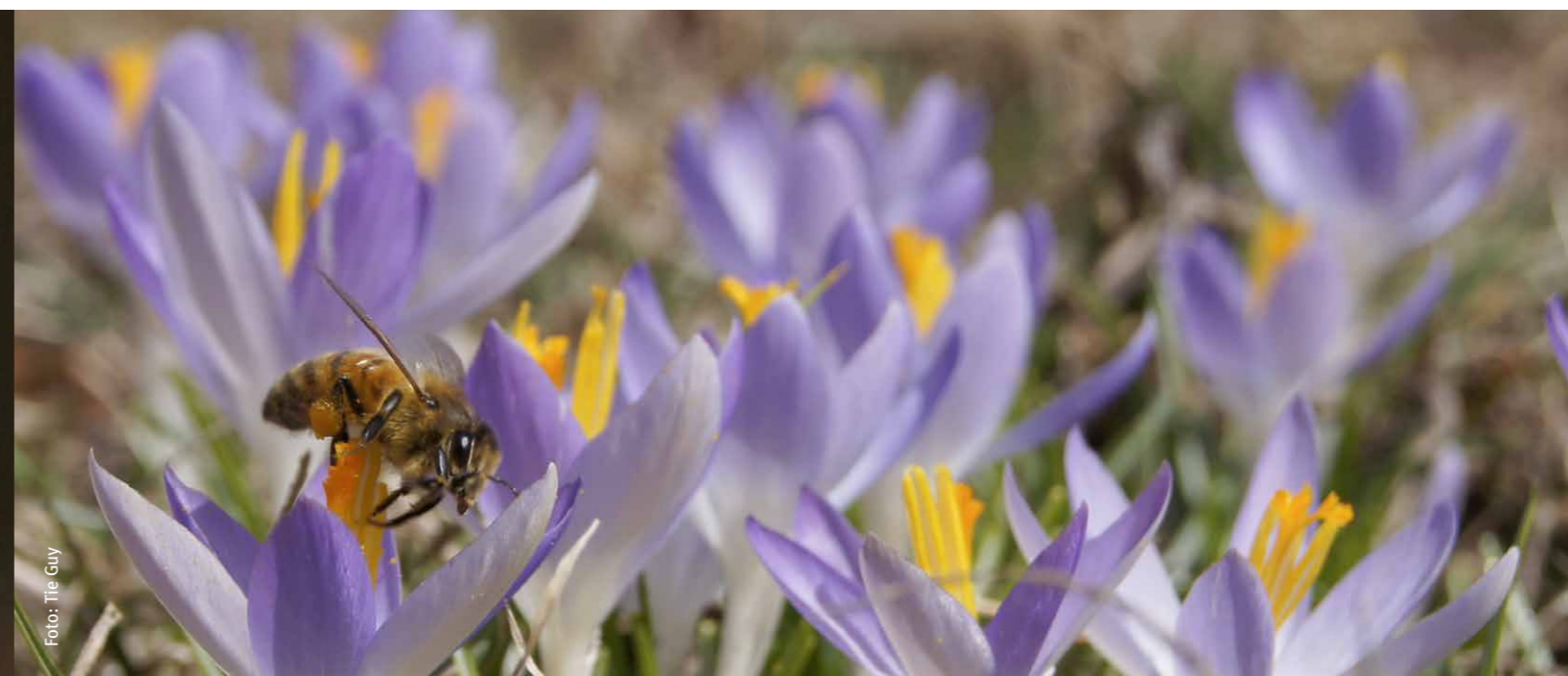
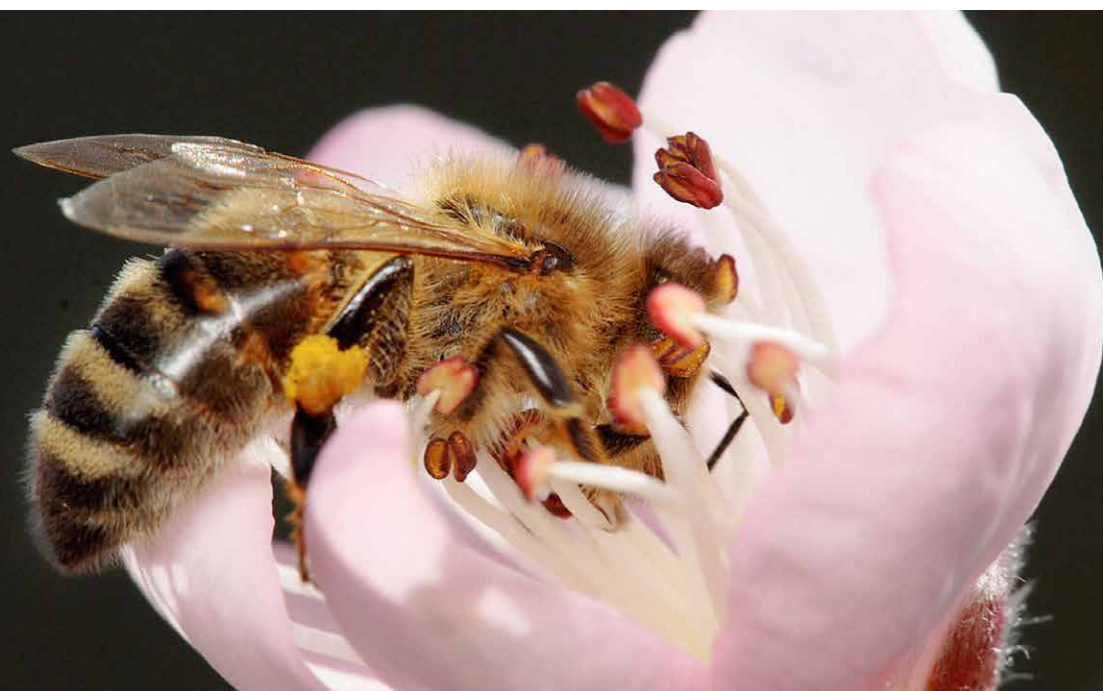




Foto: Thomas Bresson

Desde mediados del siglo XX, asociada al comienzo del uso masivo de insecticidas, ha habido una disminución sostenida en el número de colmenas en Estados Unidos, fenómeno también detectado recientemente en Europa.

archipiélago a aparecer en más de un 75% de ellas, lo que estuvo acompañado por el aumento de 106 veces en el conteo de partículas virales en las abejas. Además, *Varroa* es un efectivo vector del IAPV, ya que junto con transmitírsele a las abejas que ataca, sirve como un perfecto nicho para la replicación del virus. Asimismo, se ha informado que el número de copias del IAPV en abejas tomadas de colmenas infestadas con *Varroa* está correlacionado positivamente con la densidad de ácaros en esas colmenas y con el tiempo de exposición de las abejas al ácaro. La asociación ácaro-virus podría, además, afectar la inmunidad del huésped, ayudando a aumentar los niveles de replicación del IAPV.

Una amenaza que se suma a las ya mencionadas es la mosca parásita *Apocephalus borealis*, la cual es conocida por parasitar abejorros, avispas y, recientemente, abejas. Esto se observó con frecuencia en colmenas de abejas infectadas con el DWV y *N. ceranae*, patógenos que también fueron encontrados en larvas y adultos de la mosca, por lo que *A. borealis* podría actuar como un efectivo vector de éstos. Las abejas infestadas abandonan las colmenas antes de morir.

A pesar de todos los esfuerzos realizados, no se ha evidenciado la responsa-

bilidad de la ocurrencia del SDC sobre un patógeno específico; más bien, dicha responsabilidad parece recaer sobre coinfecciones, las que suelen ser frecuentes en las colmenas. Por ello, investigaciones más recientes se han enfocado en determinar asociaciones de patógenos que pueden afectar de manera más grave a las poblaciones de abejas melíferas. Por ejemplo, se ha encontrado una significativa correlación negativa entre la población de obreras en la colmena y la presencia de infecciones con *Nosema*, y con los virus de la celda real negra (BQCV), el de alas deformadas (DWV), el iridovirus IIV y el IAPV. En los casos de coinfecciones, esa relación fue significativa sólo cuando *Nosema* se encontró con el BQCV, mientras que la coinfección de colmenas con el iridovirus IIV y *N. ceranae* es más letal para las abejas que la infección con cada patógeno por separado. La coocurrencia del iridovirus IIV y *N. ceranae* marcó consistentemente las colonias con SDC, mientras que esta asociación no se observó en muestras de abejas provenientes de colmenas sin historial de SDC. Además, si bien en estas investigaciones no se encontró correlación entre la incidencia de *V. destructor* y *N. ceranae*, no puede descartarse que su coocurrencia en colmenas pueda tener un efecto negativo que pueda derivar en el SDC, ya que se ha mostrado que la infección de colmenas con *Nosema*,

especialmente *N. ceranae*, disminuye la efectividad de tratamientos veterinarios contra la varroasis.

Pesticidas y agroquímicos

En investigaciones realizadas por los norteamericanos Christopher Mullin, Marion Ellis y otros, han analizado la presencia de residuos de plaguicidas y sus metabolitos en abejas y otros productos de la colmena, usando técnicas de cromatografía líquida y cromatografía gaseosa, acopladas a espectrometría de masas (LC-MS y GC-MS). En 887 muestras de cera, polen y abejas, encontraron 121 diferentes plaguicidas y metabolitos. Casi todas las muestras de cera de panal y fundida (98%) estaban contaminadas con altos niveles de los acaricidas fluvalinato y coumaphos, con máximos de 204 y 94 ppm, respectivamente, y con cantidades menores de productos de degradación de otros acaricidas e insecticidas como amitraz y clorotalonil. En el polen de abeja se encontró clorotalonil a niveles de hasta 99 ppm y al menos otros cuatro insecticidas, tres fungicidas y un herbicida a niveles de más de 1 ppm. Finalmente, casi el 60% de las 259 muestras de cera y 350 de polen analizadas contuvieron al menos un plaguicida sistémico, y más del 47% presentaron juntos los acaricidas fluvalinato y coumaphos,

y el fungicida clorotalonil. Hubo menos pesticidas encontrados en los adultos y crías, con excepción de los insecticidas permetrina y fipronil, los cuales son altamente tóxicos para las abejas, entre otros muchos insectos beneficiosos. Estas cargas excesivas de residuos de agroquímicos, especialmente pesticidas, en diferentes productos de la colmena, implican que las abejas se encontraban sometidas a una exposición casi constante a tales elementos tóxicos, lo que puede tener consecuencias insospechadas sobre su biología y comportamiento. Lamentablemente, esta situación no es rara, observándose situaciones similares en colmenas de casi todo el mundo (por supuesto, también sucede en Chile), no habiendo indicios de que vaya a cambiar en el corto plazo, a pesar de la urgencia de que tal cambio ocurra.

Estas cantidades de residuos presentes en la cera, la miel o el polen apícola pueden mantener su toxicidad y representar una fuente de exposición constante para todos los miembros de la colmena, pudiendo afectar con consecuencias insospechadas a las abejas.

Los insecticidas neonicotinoides han sido objeto de gran interés en investigación por sus potenciales consecuencias sobre las abejas, dado su amplio uso a nivel mundial. Se ha mostrado que la exposición crónica de las abejas a residuos del insecticida imidacloprid a través del alimento, en cantidad de 48 ppb, puede disminuir la ingesta de comida y aumentar la mortalidad, y esto puede verse aún más potenciado si se ven expuestas a patógenos.

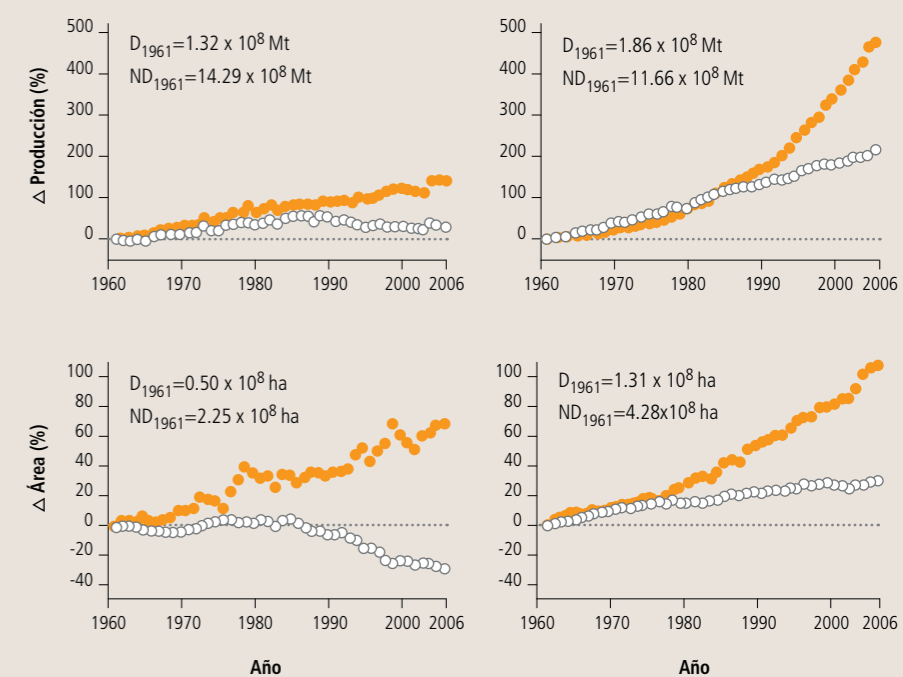
Además, también hay evidencia de que la presencia de residuos de antibióticos comúnmente usados en el tratamiento de algunas enfermedades de las abejas (como las oxitetraciclinas) alteraría mecanismos de metabolización y detoxificación de coumaphos, fluvalinato y de los insecticidas neonicotinoides.

En sendos artículos publicados este año en la prestigiosa revista *Science* y en el *Bulletin of Insectology* se mostró que la exposición a niveles subletales del in-

secticida tiametoxam causa una alta mortalidad en abejas, las que pierden la capacidad de orientación para regresar a la colmena poniendo a la colonia en riesgo de colapso. Además, se expuso que la alimentación de colmenas con alimento contaminado con imidacloprid en concentraciones subletales, similares a aquellas encontradas como residuos en estudios previos, llevó a que colmenas experimentales perdieran gran parte de su población de abejas adultas, aunque tuvieran buenas reservas de alimento, lo que no ocurrió en colmenas control, alimentadas en paralelo de igual forma, pero sin el insecticida.

Esta situación tiene potenciales consecuencias nefastas no sólo para la

FIGURA 2. Tendencias temporales en área total cultivada y producción total de cultivos desde 1961 hasta 2006.



Se muestran la producción (paneles superiores) y área cultivada agregada (paneles inferiores) de todos los cultivos dependientes (círculos naranjos) y no dependientes (círculos blancos) de polinizadores, cultivados en los países desarrollados (paneles de la izquierda) y en desarrollo (paneles de la derecha), en relación a sus respectivos valores en 1961. La figura revela que el área cultivada con cultivos dependientes de polinizadores se ha incrementado cerca de un 70% en países desarrollados y aproximadamente un 100% en países en desarrollo durante un periodo de 45 años abarcado por el estudio de Aizen y equipo (2008). Se muestran los valores que cada variable tenía para los cultivos dependientes y no dependientes en 1961 (D₁₉₆₁ y ND₁₉₆₁, respectivamente).

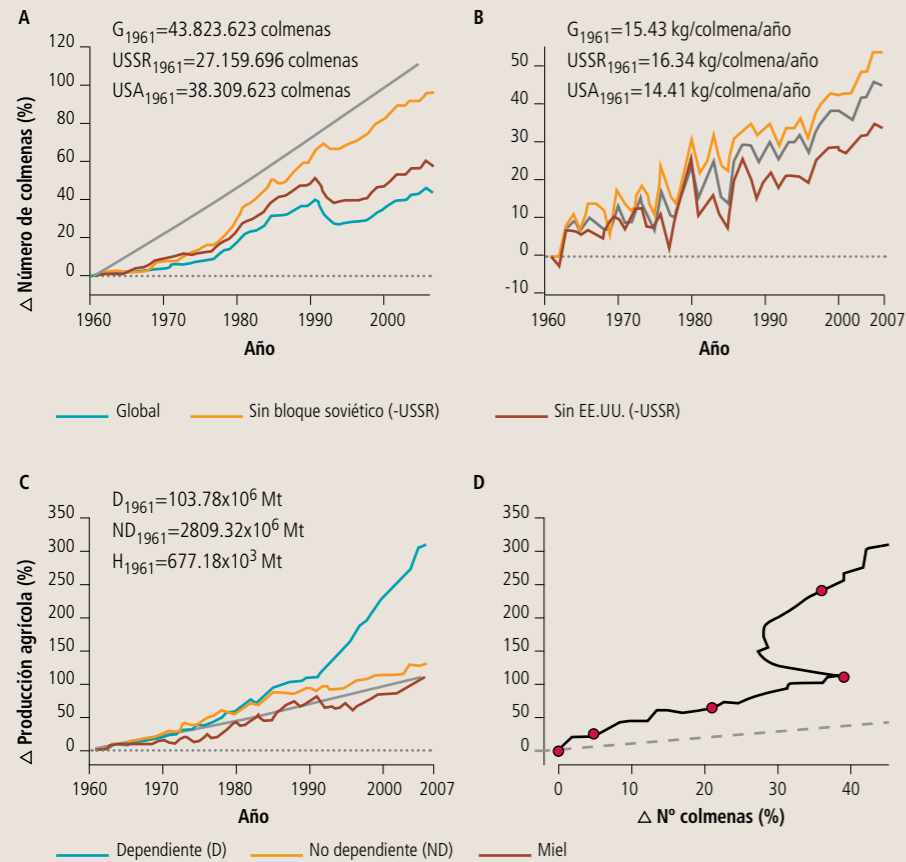
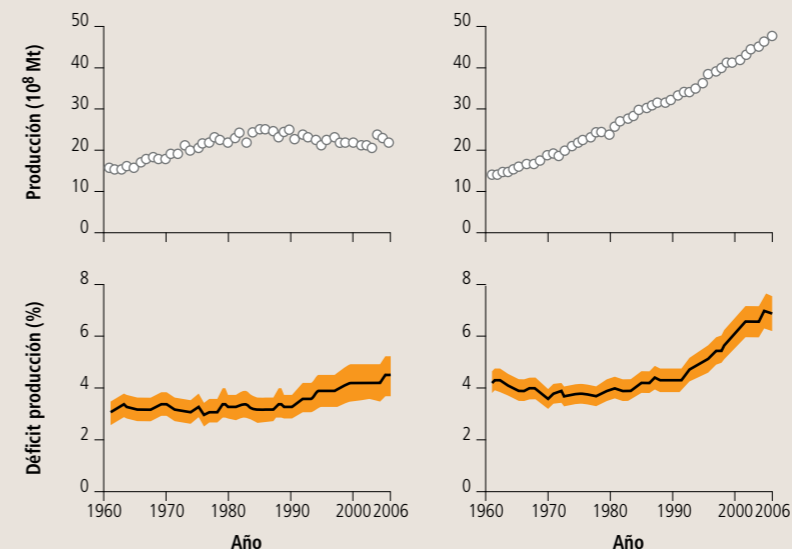


FIGURA 3 Cambios en las cantidades globales de colmenas de abejas, producción agrícola y población humana, entre 1961 y 2007. Cambios para distintas variables, desde 1961 hasta 2007, representados como porcentaje de los valores en 1961, expuestos numéricamente para las variables número de colmenas (A), producción de miel (B) y producción agrícola. La figura muestra que el número global de colmenas comerciales de abejas, según ha reportado la FAO, se ha incrementado desde 1961, a pesar de una breve disminución a principio de la década de 1990, principalmente relacionada con la disolución del bloque soviético (A). A pesar de ello, la eficiencia en la producción de miel (producción anual por colmena) se incrementó durante las últimas cinco décadas (B). La producción de miel y más del 90% de los cultivos agrícolas independientes de la polinización animal se han incrementado a una tasa similar al crecimiento de la población humana mundial (línea gris en A y C); sin embargo, el incremento de la fracción de la producción agrícola que requiere el servicio de polinización animal aumentó desproporcionadamente desde 1991, junto con la globalización económica y la implementación de la economía de mercado en los países que formaban la Unión Soviética y en China (C). El aumento en la fracción de la producción agrícola que depende de los polinizadores superó el crecimiento del stock global de abejas domesticadas (D), como se indica por la elevación de la trayectoria sobre la línea segmentada que representa tasas de crecimiento iguales. Cualquier posible vínculo entre las tasas de crecimiento de la producción agrícola dependiente de polinizadores y la abundancia de las abejas manejadas se rompió abruptamente en 1991 (Aizen y Harder, 2009).

FIGURA 4 Tendencias en la producción agrícola total (paneles superiores) y déficits promedio de la producción en ausencia de polinización animal (paneles inferiores), para los países desarrollados (paneles de la izquierda) y en vías de desarrollo (paneles de la derecha) entre 1961 y 2006. Las bandas naranjas en los paneles inferiores incluyen a la región delimitada por los percentiles 2,5 y 97,5 de las distribuciones aleatorizadas, y representan la incerteza en la estimación del déficit de producción (Aizen et al., 2009).



El Síndrome de Despoblamiento de Colmenas se trata de la desaparición inexplicable y en un corto período de tiempo de la mayor parte de la población de obreras adultas de una colmena, las que, sin embargo, presentan cantidades normales de cría tapada y de reservas de alimento.

apicultura, sino también para otros insectos himenópteros muy importantes como polinizadores en los ecosistemas nativos y que pueden ser útiles en ese rol en la agricultura. Ello queda de manifiesto en una investigación llevada a cabo por investigadores británicos liderados por Dave Goulson y publicada en *Science*, donde se demostró que colonias de *Bombus terrestris* expuestas experimentalmente, a través del alimento, a niveles de imidacloprid similares a los encontrados realmente en campo, y llevadas posteriormente a condiciones naturales, vieron significativamente reducidas su tasa de crecimiento y la producción de nuevas reinas, la cual cayó en un 85% en comparación con las colonias control.

Potenciales consecuencias

Para lograr una dieta equilibrada y nutricionalmente valiosa, la polinización animal es esencial, lo que nos lleva de nuevo a la importancia indiscutible de

las abejas melíferas para la producción de alimentos. Esta especie desempeña un papel importante en la polinización de cultivos, incluyendo la gran mayoría de las hortalizas y frutas producidas en EE.UU. y Europa, por lo que una disminución de su población podría tener un grave impacto en la producción agrícola.

Los cultivos independientes de la polinización animal representan alrededor del 65% de la producción mundial de alimentos. Dentro de este grupo están los cuatro principales cultivos planetarios: arroz, trigo, maíz y papa. Así, aproximadamente un 35% de la producción de alimentos depende de la polinización con animales. De la polinización comercial, el 90% es realizada por *Apis mellifera*, siendo por mucho el agente polinizador más importante a nivel mundial. Por lo tanto, aunque la humanidad no va a morir de hambre si las abejas se extinguen, como ha sido propuesto por algunas voces alarmistas, la dieta humana se vería muy em-

pobrecida si las poblaciones de abejas y de los polinizadores en general continúan disminuyendo o desaparecieran completamente.

No obstante, un problema que sólo recientemente se ha empezado a considerar es la falta de adecuadas estrategias de conservación de otras especies de polinizadores locales que podrían prestar este servicio a los agroecosistemas.

El porcentaje de especies vegetales que no expresan todo su potencial reproductivo cuando la polinización es limitada es de alrededor de un 60%, tanto en las plantas silvestres como en las cultivadas, por lo que es esperable que muchos cultivos sean afectados por una eventual disminución de la abundancia y la pérdida de diversidad de los polinizadores.

La actual “crisis de los polinizadores” está dada, en gran parte, por el gran aumento de la demanda por polinización por parte de la industria hortofrutícola, la cual no alcanza a ser

cubierta por la oferta de colmenas de abejas o abejorros criados artificialmente. En varios artículos recientemente publicados por Marcelo Aizen y sus colegas, en los que se analizaron datos oficiales de la FAO de los últimos 50 años, se ha mostrado que las tendencias en el uso de suelo dedicado al cultivo y en la producción han tenido un crecimiento sostenido (ver figura 2), haciendo notar que el incremento en la demanda por servicios de polinización no ha podido ser cubierta. Lo anterior puede deberse a que, aun cuando el número total de colmenas de abejas efectivamente ha aumentado a nivel global (figura 3), las realidades locales pueden ser diametralmente distintas. Un ejemplo es el caso de la demanda por polinización de los huertos de almendros en California, EE.UU., la cual no alcanza a ser cubierta por las colmenas de abejas existentes.

Para compensar esta deficiencia, que se traduce en una menor producción de

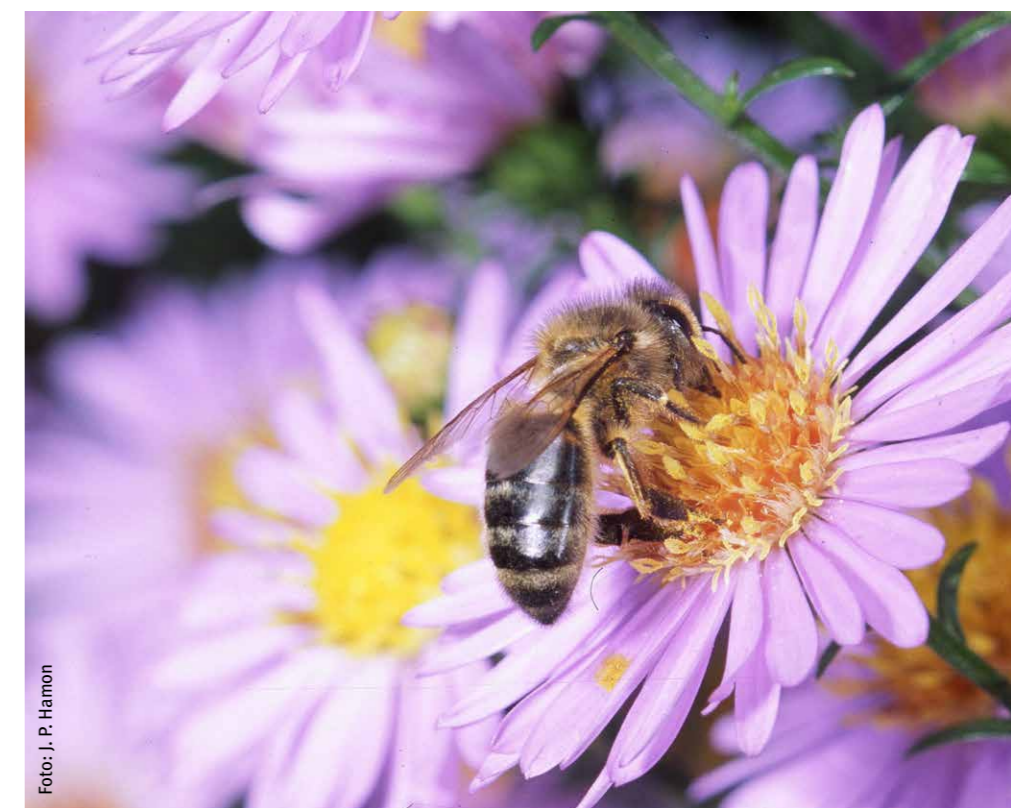


Foto: J. P. Hamon



Foto: Toby Hudson

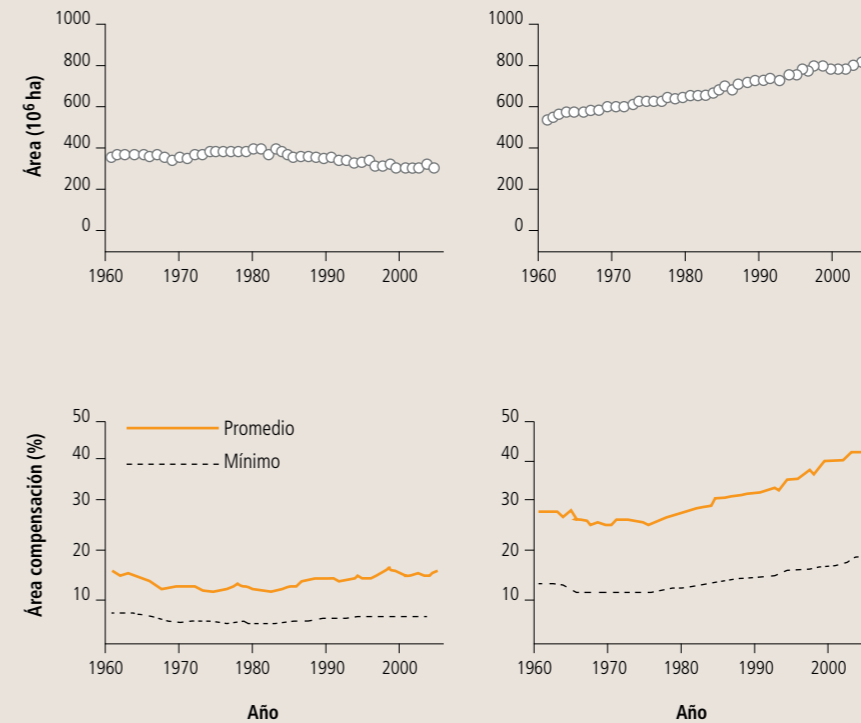


FIGURA 5. Tendencias en área cultivada total (paneles superiores) y en el área cultivada extra (paneles inferiores) que se ha requerido para compensar los déficits en la producción de cultivos en ausencia de polinización animal, para los países desarrollados (paneles de la izquierda) y en desarrollo (paneles de la derecha). El área de compensación fue estimada asumiendo que la dependencia de polinizadores de los cultivos individuales estaba representada por el valor medio del rango que define su clase de dependencia (área de compensación promedio) y por el límite inferior de ese rango (área de compensación mínima). Aizen et al., 2009.

alimentos agrícolas, junto con la importación de colmenas para suplir la demanda por polinización, en esas regiones está ocurriendo una conversión cada vez mayor de uso del suelo (figuras 4 y 5), quitándose a ecosistemas nativos para transformarlo en agrícola, lo cual es más marcado en países en vías de desarrollo, que precisamente representan la mayor reserva de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad. Esto trae consigo la disminución y pérdida del hábitat de otras especies de polinizadores potencialmente útiles para la agricultura, pero poco consideradas debido a la falta de conocimiento de su biología o a que no ha sido posible domesticarlos y reproducirlos con fines de uso productivo.

Conclusiones

Lo más probable es que no haya una sola causa del SDC, sino que una combinación de factores contribuya a

la pérdida de abejas en las colmenas. Las colonias de abejas se ven afectadas por una serie de parásitos, bacterias y virus que pueden causar enfermedades y mortandad. El ácaro *Varroa destructor* y el microsporidio *Nosema ceranae* deben ser motivo de especial preocupación dada su enorme capacidad para dañar y debilitar a las colmenas, y por servir como facilitadores de la reproducción y vectores en la transmisión de otros patógenos, especialmente virales. También ha habido informes de casos de envenenamiento de las abejas debido al uso de insecticidas, especialmente los neonicotinoides y otros agroquímicos, por lo que su uso debe ser estrictamente regulado, estando a cargo de personal adecuadamente capacitado.

Es altamente posible que la combinación de agentes estresantes biológicos (patógenos, parásitos) y químicos (insecticidas, acaricidas) tenga un efecto negativo sinérgico sobre la sobrevivencia

de las abejas, lo que las afecta especialmente cuando están naciendo, como ha sido recientemente evidenciado por los trabajos realizados y publicados por Nicolas Blot y su equipo. Otros factores ambientales que pueden contribuir al SDC son el cambio climático (períodos muy prolongados de lluvias o clima húmedo), la pérdida de diversidad genética de las abejas melíferas (causada por el manejo humano y el uso cada vez mayor de reinas inseminadas artificialmente), y la falta de acceso a adecuadas fuentes de alimento (plantas), lo que puede provocar el colapso de colmenas por inanición en las abejas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al proyecto Fondecyt 1110808 y al proyecto FIC-R ID30126395-0 otorgado a Gloria Montenegro, y a la Beca de Doctorado de la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Católica de Chile otorgada a Rodrigo Pizarro. 