

CONOCIMIENTO ACTUAL DEL EFECTO DE LOS INSECTICIDAS DERIVADOS DE LA NICOTINA (NEONICOTINOIDES) EN LAS POBLACIONES DE ABEJAS POLINIZADORAS.

María de las Nieves Barranco León¹, Carlos H. Vergara², Antonio Uldemar Mora Alcívar³

¹Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, División de Ciencias Ambientales.

²Investigador Prometeo, Escuela de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena- Universidad de las Américas Puebla, Departamento de Ciencias Químico-Biológicas.

³Profesor Carrera de Ingeniería Agropecuaria, UPSE.

E-mail: maria.barranco@ipicyt.edu.mx

RESUMEN

La disminución en el número de colmenas de Apis mellifera en diversos países de la Unión Europea y en los Estados Unidos ha preocupado a apicultores, agricultores, ambientalistas, gobiernos y empresas transnacionales. Entre los factores considerados se encuentran: una nutrición deficiente de las abejas, a suplementos artificiales y en menor grado a una disminución de la abundancia y diversidad de flores en las especies de plantas silvestres todo lo cual hace a las abejas susceptibles a enfermedades causadas por virus, bacterias y microsporidios los cuales, a su vez, son considerados cofactores del Desorden del Colapso de las Colonias (DCC). Asimismo, se ha señalado que los ácaros como Acarapis woodi y Varroa destructor pueden ser causantes del DCC al alimentarse de la hemolinfa de las larvas y adultos disminuyendo así sus defensas y favoreciendo la proliferación de enfermedades infecciosas. Otra hipótesis señala un debilitamiento general en las poblaciones de abejas debido a la baja diversidad genética por la producción de grandes cantidades de colonias a partir de un conjunto restringido de abejas reinas y a la inseminación artificial de las mismas. Pero de entre todos los factores señalados, los pesticidas, principalmente los llamados neonicotinoides, son considerados como una de las principales causas de la desaparición de las abejas a nivel mundial en los últimos años. En el presente artículo examinamos la evidencia existente acerca de los efectos de estas sustancias químicas sobre la supervivencia de las más de 20 000 especies conocidas de abejas cultivadas y silvestres.

Palabras Claves: Neonicotinoides, SCC, abejas, polinización.

ABSTRACT

The decline in the number of hives of Apis mellifera in many countries of the European Union and the United States has worried beekeepers, farmers, environmentalists, governments and corporations. Among the factors considered are: poor nutrition of bees, artificial supplements and to a lesser extent to a decrease in the abundance and diversity of flowers in the wild plant species all of which makes bees susceptible to diseases caused by viruses, bacteria and microsporidia which, in turn, are considered cofactors for the Colony Collapse Disorder (CCD). It also noted that the mites as Acarapis woodi and Varroa destructor may be causing the CCD by feeding on the hemolymph of larvae and adults thus lowering their defenses and favoring the spread of infectious diseases. Another hypothesis points to a general weakening in bee populations due to low genetic diversity by producing large amounts of colonies from a restricted set of queen bees and artificial insemination of the same. But of all the above factors, pesticides, primarily the so-called neonicotinoids, are considered as one of the main causes of the disappearance of bees worldwide in recent years. In this article we examine the evidence about the effects of these chemicals on the survival of more than 20 000 known species of cultivated and wild bees.

Keywords: Neonicotinoids, CCD, bees, pollination.

1. Introducción

Con el nombre de abejas se designa comúnmente a las más de 20,000 especies de insectos pertenecientes al clado Anthophila, dentro de la superfamilia Apoidea (14) entre las que se encuentran la abeja de la miel (*Apis mellifera*) y los abejorros (*Bombus* spp). Estos insectos, al alimentarse de polen y néctar, realizan la polinización de las plantas con flor, la cual trae múltiples beneficios para el hombre ya que de ella depende la biodiversidad de plantas dentro de los hábitats naturales y la producción de alimento en los hábitats agrícolas. Además, entre los productos secundarios derivados de la polinización como son la miel y la cera, se obtienen diversos usos de tipo cosmético (2) y medicinal (27). Todo lo anterior ha hecho que se valore a la polinización como un servicio ecosistémico que se cotiza en € 153 millones anuales en todo el mundo (5). Por lo tanto, cualquier evento que afecte este servicio tendrá una repercusión biológica y económica de gran importancia para los humanos.

2. Factores asociados a la Pérdida de las Colonias de Abejas (PCA).

La disminución en el número de colmenas de *Apis mellifera* en diversos países de la Unión Europea y en los Estados Unidos ha preocupado a apicultores, agricultores, ambientalistas, gobiernos y empresas transnacionales. Esta desaparición se reportó desde hace más de una década en las colonias de *Apis mellifera* que se utilizan comercialmente para polinizar cultivos (9, 26). Esta pérdida de colmenas se caracteriza por la desaparición de una gran cantidad de abejas obreras que no regresan a la colmena después de salir a coleccionar polen y néctar. Este hecho se ha denominado síndrome del colapso de las colmenas (SCC) y se ha asociado con diversos factores sin que a la fecha se hayan establecido con precisión las causas (25, 26). Entre los factores considerados se encuentran: una nutrición deficiente de las abejas como resultado de una alimentación limitada a las plantas de cultivo (25), a suplementos artificiales y en menor grado a una disminución de la abundancia y diversidad de flores en las especies de plantas silvestres (12) todo lo cual hace a las abejas susceptibles a enfermedades causadas por virus (3), bacterias y microsporidios (10) los cuales, a su vez, son considerados cofactores del SCC (3, 21, 8). Asimismo, se ha señalado que los ácaros como *Acarapis woodi* y *Varroa destructor* pueden ser causantes del SCC al alimentarse de la hemolinfa de las larvas y adultos disminuyendo así sus defensas y favoreciendo la proliferación de enfermedades infecciosas (8). Otra hipótesis señala

un debilitamiento general en las poblaciones de abejas debido a la baja diversidad genética por la producción de grandes cantidades de colonias a partir de un conjunto restringido de abejas reinas (16) y a la inseminación artificial de las mismas (8). Pero de entre todos los factores señalados, los pesticidas, principalmente los llamados neonicotinoides, son considerados como una de las principales causas de la desaparición de las abejas a nivel mundial en los últimos años (1, 11, 14, 22, 28).

3. Efecto de los neonicotinoides en las abejas domésticas y silvestres.

Los neonicotinoides son insecticidas derivados de la nicotina, que actúan como neurotóxicos al perpetuar la transmisión de impulsos en el sistema nervioso central hasta la muerte de los insectos. Su uso se incrementó rápidamente debido a su eficacia en muy bajas concentraciones (1) y actualmente son uno de los insecticidas más usados en el mundo, empleándose en más de 120 países. Se comercializan en forma de gránulos, cápsulas, spray foliar y en tratamientos para semillas y al ser absorbidos por las raíces de la planta se distribuyen a todos los tejidos; así, los insectos herbívoros mueren intoxicados al comer cualquier parte de la planta.

Las abejas se contaminan indirectamente al consumir polen y néctar, aunque ha habido casos de contaminación directa debido a los residuos tóxicos derivados de la siembra mecánica de semillas tratadas (24). Las obreras, las larvas y la reina también se intoxican al ser alimentadas por las obreras que logran regresar al panal. Se ha sugerido que las abejas. Sin embargo, los críticos argumentan que los efectos negativos reportados solamente surgen de concentraciones de neonicotinoides mayores que las que se encuentran en el néctar y el polen de plantas tratadas con pesticidas. Más aún, se ha sugerido que las abejas podrían elegir otras flores disponibles para alimentarse y por lo tanto evitar o diluir la exposición a pesticidas. En este caso, el uso de un ensayo de alimentación de dos opciones, se muestra que la abeja melífera, *Apis mellifera*, y el abejorro de tierra, *Bombus terrestris*, no evitan concentraciones perjudiciales de tres de los neonicotinoides más comúnmente utilizados, imidacloprid, tiametoxamo y clotianidina en el néctar de las plantas de las que se alimentan. Por otra parte, ambas especies de abejas prefieren alimentarse de soluciones de sacarosa mezclada con imidacloprid o tiametoxamo que de la sacarosa sola. La estimulación con imidacloprid,

tiametoxamo y clotianidina no suscitó respuestas de las neuronas gustativas en piezas bucales de las abejas, ni inhibe las respuestas de las neuronas sensibles a la sacarosa. Este estudio indica que las abejas no pueden degustar los neonicotinoides y no son repelidos por ellos. En cambio, las abejas prefieren soluciones que contienen imidacloprid o tiametoxamo, a pesar de que el consumo de estos pesticidas hizo que se alimentaran menos. Este trabajo muestra que las abejas no pueden controlar su exposición a los neonicotinoides en los alimentos e implica que el tratamiento de los cultivos de flores con imidacloprid y tiametoxamo presenta un peligro considerable para las abejas forrajeadoras (11).

La contaminación directa produce efectos letales instantáneos, mientras que la contaminación por consumo de polen y néctar produce diversos efectos subletales en dosis tan pequeñas (como 0.7 a 10 µg/kg). Estos efectos subletales se pueden resumir en una disminución de la capacidad de hibernar y de trabajo de las obreras, ya que se han reportado alteraciones en la capacidad de forrajeo, disminución en las reservas de polen y miel dentro del panal), irregularidades en la construcción de áreas de la colmena, reducción en las capacidades olfativas, aumento del número de celdas de cría vacías, disminución en la producción de abejas reinas, disminución en la capacidad de aprendizaje y desorientación en el vuelo de regreso a la colmena (14). Estas dos últimos aspectos son muy importantes, ya que existe un número mínimo de obreras que debe mantenerse en la colmena para su correcto funcionamiento (limpieza y reparación del panal, cuidado de las crías y la reina, colecta de polen y néctar, etc.). Si la pérdida de obreras es mayor a la ocasionada por factores naturales como la depredación o la vejez, sobrepasando el umbral crítico para la sobrevivencia de la colmena, ésta termina desapareciendo totalmente (23). Este hecho hace que el efecto subletal de las concentraciones de neonicotinoides en los cultivos se vuelva letal para las colonias de abejas polinizadoras.

Además, los efectos subletales de los neonicotinoides pueden verse incrementados cuando los neonicotinoides se usan conjuntamente con otros pesticidas como los piretroides o actúan en conjunto con infecciones por microorganismos como el microsporidio *Nosema ceranae* (18).

Los neonicotinoides también afectan a las abejas silvestres, las cuales llevan a cabo una proporción importante de la polinización de los cultivos (6, 7, 20) no sólo por los cultivos tratados, sino también porque la aspersión con estos insecticidas afecta a la vegetación adyacente y a los suelos (13). Debido a que no se sigue un monitoreo de estos

organismos como lo hacen los apicultores con las abejas de la miel, los efectos adversos de los neonicotinoides en las poblaciones de abejas silvestres son casi desconocidos (28) pero en algunos casos se considera que son iguales o más intensos. No obstante, en un estudio en el que se utilizaron réplicas de paisajes concordantes, Ründlof et al. (21), demostraron que el uso de semillas de nabo recubiertas con Elado, un insecticida que contiene una combinación del neonicotinoide clothianidina y del piretroide no sistémico b-cyfluthrina, redujo la densidad de abejas silvestres, la anidación de abejas solitarias y el crecimiento y reproducción de colonias de abejorros en condiciones de campo. Por lo tanto, el uso de estos insecticidas representa un gran riesgo en paisajes agrícolas y la contribución de los insecticidas al declive de las abejas silvestres podría haber sido subestimada hasta ahora. La falta de respuesta significativa de las colonias de abejas melíferas usadas en este estudio sugiere que los efectos de estos pesticidas sobre las abejas melíferas no pueden ser siempre extrapolados a las abejas silvestres.

4. Riesgos a futuro en el servicio de polinización.

A pesar de la información adquirida en los últimos años sobre el efecto de los neonicotinoides sobre las poblaciones de abejas, aún no existe un acuerdo para la prohibición de su uso en los cultivos agrícolas ya que existen importantes intereses comerciales en contra de dicho acuerdo. Sin embargo, existe una restricción en su aplicación para ciertos cultivos y temporadas del año en la Unión Europea (4), mientras que en los Estados Unidos, sólo se monitorea anualmente el estado de salud de las colmenas desde el año 2008 (26). En México y en la mayoría de los países latinoamericanos se venden libremente diversas presentaciones de neonicotinoides como imidacloprid, tiametoxamo y clotianidina y, en algunos casos se venden en combinación con otros insecticidas como los piretroides. Esto puede tener efectos negativos en las poblaciones de abejas silvestres y domesticadas en el Hemisferio Sur.

Si se suma el efecto de los neonicotinoides en la sobrevivencia de los insectos polinizadores a los diversos retos que enfrentan desde hace varias décadas tales como la pérdida y fragmentación de sus hábitats, la presencia de parásitos y el uso de otros pesticidas (25, 19), se tiene como resultado un grave riesgo para la estabilidad del servicio de polinización en los ecosistemas naturales y agrícolas. Es importante conocer los efectos de los pesticidas en los insectos benéficos y participar en los esfuerzos por prevenir su efecto destructivo.

Los estudios de la aprobación del uso de los pesticidas deben verificar una mayor inocuidad sobre las poblaciones de estos insectos benéficos, lo cual requiere una evaluación cuidadosa de sus efectos letales y subletales por las instituciones de sanidad y seguridad ambiental de cada país donde se utilizan y no únicamente por las empresas que los comercializan.

Más de 300,000 especies de plantas con flor (87.5 % del total) son polinizadas por animales (17) y las abejas silvestres y domésticas cubren una gran parte de este porcentaje, a la vez que se ocupan de la polinización de un tercio de las especies de plantas agrícolas a nivel mundial (8). Considerando cuanto dependemos de los cultivos para nuestra alimentación, es indispensable que los humanos nos informemos y tomemos acciones para solucionar los problemas que afectan a los polinizadores. El primer paso es conocer sobre el tema y existe una gran diversidad de información disponible, en pro y en contra. Conozcámosla para poder apreciar el valor de estos insectos en nuestra propia sobrevivencia y así promover su conservación.

6. Referencias

- [1] Bonmatin J.M., Moineau I., Charvet R., Colin M.E., Fleche C., Bengsch E.R. 2005. Behavior of imidacloprid in fields. Toxicity for honey bees. *Environmental Chemistry – Green Chemistry and Pollutants in Ecosystems*. Berlin: Springer, 483 – 494.
- [2] Burlando B., Cornara L. 2013. Honey in dermatology and skin care: a review. *Journal of Cosmetic Dermatology* 12: 306-313.
- [3] Cox-Foster D.L., Conlan S., Holmes E. C., Palacios G., Evans J.D., Moran N.A., Quan P., Briese T., Hornig M., Geiser D.M., Martinson V., van Engelsdorp D., Kalkstein A.L., Drysdale A, Hui J., Zhai J., Cui L., Hutchison S.K., Simons J.F., Egholm M., Pettis J.S., Lipkin W.I. 2007. A Metagenomic Survey of Microbes in Honey Bee Colony Collapse Disorder. *Science* 318: 283-286.
- [4] European Commission. 2013. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) No 485/2013 of 24 May 2013 amending Implementing Regulation (EU) No 540/2011, as regards the conditions of approval of the active substances clothianidin, thiamethoxam and imidacloprid, and prohibiting the use and sale of seeds treated with plant protection products containing those active substances. *Official Journal of the European Union* 139:12-26.
- [5] 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, 810-821.
- [6] Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter Kremen C, Morales J.M., Bommarco R. Cunningham S.A., Carvalheiro L.G., Chacoff N.P., Dudenhöffer J.H Greenleaf S.S, Holzschuh A., Isaacs R., Krewenka K, Mandelik Y., Mayfield M.M., Morandin L.A., Potts S.G., Ricketts T.H., Szentgyörgyi H., Viana B.F., Westphal C., Winfree R, Klein A. M.,. 2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecological Letters* 14: 1062–72.
- [7] Garibaldi L. A., Steffan-Dewenter I., Winfree R., Aizen M.A., Bommarco R., Cunningham S.A., Kremen C, Carvalheiro L. G., Harder L. D., Afik O., Bartomeus I, Benjamin F., Boreux V., Cariveau D., Chacoff N.P., Dudenhöffer J.H., Freitas B.M., Ghazoul J., Greenleaf S., Hipólito J., Holzschuh A., Howlett B., Isaacs R., Javorek S. K., Kennedy C.M., Krewenka K.M., Krishnan S., Mandelik Y., Mayfield M.M., Motzke I., Munyuli T., Nault B. A., Otieno M., Petersen J., Pisanty G., Potts S.G. , Rader R., Ricketts T.H., Rundlöf M., Seymour C. L., Schüepp C., Szentgyörgyi H., Taki H., Tschardt T., Vergara C.H., Viana B.F., Wanger T.C., Westphal C., Williams N., Klein A. M. 2013. Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science* 339, 1608.
- [8] Gifford C. 2010. Colony Collapse Disorder. Thesis. University of Colorado Boulder. Colorado, USA. 59 pp.
- [9] Gill R.J., Ramos-Rodriguez O., and Raine N.E. 2012. Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature* 491: 105–08.
- [10] Higes M., Martín-Hernández R., Garrido-Bailón E., González-Porto A.V., García-Palencia P., Meana A., Del Nozal M.J., Mayo R. and Bernal J.L. 2009. Honeybee colony collapse due to *Nosema ceranae* in professional apiaries. *Environmental Microbiology Reports* 1-4.
- [11] Kessler S. C., Tiedeken E. J., Simcock K. L., Derveau S., Mitchell J., Softley S., Stout J. C. & Wright G. A.. Bees prefer foods containing neonicotinoid pesticides. *Nature* 521, 74–76.
- [12] Kleijn D and Raemakers I. 2008. A retrospective analysis of pollen host plant use by stable and declining bumble bee species. *Ecology* 89: 1811–23.

- [13] Krupke C.H, Hunt G.J, Eitzer B.D., Andino G., Given K. 2012. "Multiple Routes of Pesticide Exposure for Honey Bees Living Near Agricultural Fields." *PLoS ONE* 7(1): e29268.
- [14] Lu C., Warchol K.M., Callahan R. A. 2014. Sub-lethal exposure to neonicotinoids impaired honey bees winterization before proceeding to colony collapse disorder. *Bulletin of Insectology* 67 (1): 125 -130.
- [15] Michener, C.D. 2010. *The Bees of the World* [2nd Edition]. Johns Hopkins University Press; Baltimore, MD; xvi+[i]+953 pp., +20 pls.
- [16] Oldroyd B. P. (2007) What's killing American honey bees? *PLoS Biol* 5(6): e168.
- [17] Ollerton J, Winfree R, Tarrant S (2011) How many flowering plants are pollinated by animals? *Oikos* 120:321-326.
- [18] Pettis J.S., vanEngelsdorp D., Johnson J., Dively G., 2012.- Pesticide exposure in honey bees results in increased levels of the gut pathogen *Nosema*.- *Naturwissenschaften*, 99: 153-158.
- [19] Potts, S.G., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O. & Kunin, W.E. 2010. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends Ecol. Evol.* 25, 345-353.
- [20] Quezada-E. J. J. G. & R. Ayala B. 2010. Abejas nativas de México: la importancia de su conservación. *Ciencia y Desarrollo* 36 (247): 8-13.
- [21] Runckel C., Flenniken M.L., Engel J.C., Ruby J.G., Ganem D., Andino R. & DeRisi J.L. 2011. Temporal analysis of the honey bee microbiome reveals four novel viruses and seasonal prevalence of known viruses, *Nosema*, and *Crithidia*. *PLoS ONE* 6: e20656.
- [22] Ründlof M., Andersson M. G. K. S., Bommarco R., Fries I., Hederström V., Herbertsson L., Jonsson O., Klatt, B. K., Pedersen T. R., Yourstone J. & Henrik G. Smith. 2015. Seed coating with a neonicotinoid insecticide negatively affects wild bees. *Nature* 521: 77–80.
- [23] Russell S., Barron A. B., Harris D. 2013. Dynamic modelling of honey bee (*Apis mellifera*) colony growth and failure. *Ecological Modelling* 265: 158– 169.
- [24] Sgolastra F., Rnzi T., Draghetti S., Medrzycki P., Lodesani M., Maini S. y Porrini C. 2012. Effects of neonicotinoid dust from maize seed-dressing on honey bees. *Bulletin of Insectology* 65: 273-280.
- [25] UNEP. 2010. *Global Honey Bee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators*. UNEP, Emerging Issues. Nairobi, Kenya. 16 pp. http://www.unep.org/dewa/Portals/67/pdf/Global_Bee_Colony_Disorder_and_Threats_insect_pollinators.pdf. Consultado en línea el 15 de febrero de 2015.
- [26] USDA, 2012. *Colony Collapse Disorder 2012 Annual Progress Report*. www.ars.usda.gov/is/br/ccd/ccdprogressreport2012.pdf. Consultado en línea el 15 de febrero de 2015.
- [27] Vandamme L, Heyneman A., Hoeksema H., Verbelen J., Monstrey S. 2013. Honey in modern wound care: A systematic review. *Burns* 39: 1514-1525
- [28] Watanabe M. E. 2014. Pollinators at Risk: Human activities threaten key species. *BioSciences*. 64: 5-10.