

NEONICOTINOIDES, UN RIESGO POTENCIAL PARA LOS POLINIZADORES

NEONICOTINOIDS, A POTENTIAL RISK FOR POLLINATORS

Amanda Denisse Nicanor Barbosa

ISSN 2448-5829

Año 10, No. 28, 2024, pp. 106-113

RD-ICUAP

<https://orcid.org/0009-0007-9636-8107>

Año 10 No. 28
Recibido: 1/julio/ 2023
Aprobado: 30/diciembre/ 2023
Publicado: 07/enero/ 2024

Facultad de Ciencias Biológicas. Licenciatura en Biotecnología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
Av. 18 sur y San Claudio S.N. Ciudad Universitaria, Col. San Manuel,
Puebla. Mx.

amanda.nicanorb@alumno.buap.mx
202072184@viep.com.mx

Resumen

Para la agricultura actual es necesaria la producción química de los cultivos, ya que (incluso con el uso de estos químicos) todos los años al menos un 40% de los cultivos globales se pierden por plagas y enfermedades. El uso de estos productos que ayudan a proteger los cultivos evitan pérdidas causadas por distintos factores. Y con la creciente población mundial, esto adquiere relevancia debido a la limitada cantidad de área apta para la agricultura. A pesar de ello, la utilización de insecticidas, como son los llamados neonicotinoides, presentan cierto grado de toxicidad en algunos grupos de insectos y en este caso específico de las abejas, que son un importante tipo de polinizadores que además en el mundo son económicamente fundamentales. El objetivo de este artículo de divulgación es tener un conocimiento más amplio de los que son los neonicotinoides y el daño que pueden provocar tanto a los insectos considerados como el objetivo principal (plagas a los que se destinan) como a los insectos y animales que no causan problema a los cultivos. Con lo anterior en cuenta, se realizó una búsqueda y recopilación de información de distintos autores, con el fin de abordar un tema poco común y conocer las consecuencias que puede tener la aplicación y uso desmedido de este tipo de productos en zonas de cultivo, de las cuales se obtienen distintos alimentos destinados al consumo. Al final de dicha investigación, se concluyó que los neonicotinoides tienen un fuerte efecto en el sistema nervioso central de una gran variedad de insectos.

Palabras clave: Neonicotinoides Agricultura Neurotoxicidad Polinizadores Toxicidad

Abstract

For current agriculture, the chemical production of crops is necessary since (even with the use of these chemicals) every year at least 40% of global crops are lost to pests and diseases. The use of these products that help protect crops avoid losses caused by different factors. With the growing world population this acquires due to the limited amount of area suitable for agriculture. Despite this, the use of insecticides such as the so-called neonicotinoids, presents a certain degree of toxicity in some groups of insects and in this specific case of bees, which are an important group of pollinators that are also economically important in the world. The objective of this article is to have a broader knowledge of what neonicotinoids are and the damage they can cause, both to insects considered as the main target (pests to which they are intended) and to insects and animals that do not cause problems to crops. With this in mind, a search and compilation of information from different authors was carried out, with the purpose of approaching an uncommon subject and to know the consequences that the application and excessive use of this type of products can have in cultivation areas, from which different foodstuffs destined for consumption are obtained. At the end of this research, it was concluded that neonicotinoids have a strong effect on the central nervous system of a great variety of insects.

Keywords: Neonicotinoids Agriculture; Neurotoxicity; Pollinators; Toxicity.

Introducción

Con el presente artículo de revisión se pretende brindar información sobre los neonicotinoides que son utilizados principalmente como fertilizante y explicar el porqué son un riesgo potencial para los polinizadores, con un enfoque especial en las abejas.

El origen de este tipo de insecticidas se debe a los receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR), estos son canales iónicos controlados por ligandos que median la transmisión sináptica rápida en el sistema nervioso de los insectos y son objetivo de un grande grupo de insecticidas, los cuales son los neonicotinoides. Constan de 5 subunidades dispuestas alrededor de un canal iónico central. Debido a la composición de dichas subunidades se determinan las propiedades funcionales y farmacológicas del receptor (Jones, A. & Sattalle, D., 2010).

Su introducción al mercado se dio en la década de 1990, son utilizados principalmente en la agricultura para el control de plagas, así como para el control de pulgas en mascotas como lo son perros y gatos. Sin embargo, tienen un efecto negativo en distintos grupos de insectos debido a la selectividad de compuestos neonicotinoides a este tipo de animales. Algunos de los neonicotinoides de uso más común en los campos agrícolas son el acetamiprid, clortianidina, Imidacloprid, tiacloprid y thiamethoxan.

Por otro lado, más del 75% de los principales cultivos mundiales y al menos el 80% de todas las especies de plantas con flores dependen de polinizadores animales. De la inmensa cantidad de cultivos polinizados por animales que forman parte del suministro de alimentos del mundo, el 15% son polinizados por abejas domésticas, mientras que al menos 80% son polinizados por especies de abejas silvestres y otros animales salvajes. Por esta razón, los polinizadores son esenciales para la diversidad de la dieta, la biodiversidad y el mantenimiento de los recursos naturales (Abrol, D. P., 2012).

Con lo anterior en cuenta, los neonicotinoides a menudo se aplican como tratamientos sistémicos de semillas para cultivos y se conoce sobre el impacto negativo que produce a los polinizadores cuando estos aparecen en el néctar floral o el polen. Esta manera de administración provoca que los pesticidas penetren en los tejidos de las plantas. (Wright, G., Softtley, S. & Earnshaw, H. 2015) Además, el rociado de estos insecticidas en los cultivos de flores puede volverse una amenaza para las abejas que se alimentan durante su actividad de vuelo, y la vida de la colonia así como de las crías puede verse afectada por el consumo de polen y néctar contaminados. (Reetz, J. et al. 2011).



Imágenes 1 y 2. Abeja polinizando flores de una planta de lavanda (Lavandula).
Fuente: Elaboración propia

De esta manera es evidente la disminución global de las abejas melíferas y abejas silvestres y, por tanto, se ha relacionado con diversas razones como son: patógenos, cambio climático, la

fragmentación de su hábitat y por el uso de pesticidas. Es importante mencionar que las abejas viven en colonias en una relación de interdependencia, es decir, dependen las unas de las otras para poder sobrevivir. Además, de que desempeñan un importante papel en la polinización. (Reetz, J. et al. 2011).

Adsorción y degradación de neonicotinoides en suelos agrícolas

Existen siete neonicotinoides disponibles de manera comercial en el mercado de insecticidas, los cuales son: imidacloprid, tiametoxam, clotianidina, dinotefuran, acetamiprid, tiacloprid y nitenpiram. Se ha estimado que una vez que se aplican a través del suelo o por medio de la preparación de semillas, el cultivo absorbe entre el 2-20% mientras que el resto generalmente son absorbidos por el suelo (Li et al. 2018).

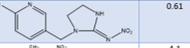
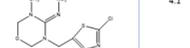
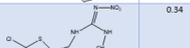
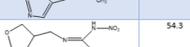
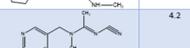
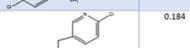
Neonicotinoide	Estructura química	Solubilidad en agua (g/l)	Coefficiente de reparto octanol-agua
Imidacloprid		0.61	0.57
Tiametoxam		4.1	-0.13
Clotianidina		0.34	0.7
Dinotefuran		54.3	0.64
Acetamiprid		4.2	0.8
Tiacloprid		0.184	1.26
Nitenpiram		840	-0.64

Tabla 1. Propiedades fisicoquímicas de los principales neonicotinoides comerciales.

Fuente: Elaboración propia, basada en (Li, Y., Li, Y., Bi, G. et al. 2023).

Los datos sobre degradación y adsorción de neonicotinoides en los suelos son de gran importancia, ya que ayudan a evaluar el destino y transporte de dichos insecticidas en suelos y aguas subterráneas (Li, Y., Li, Y., Bi, G. et al. 2023). El grado de toxicidad persiste por un periodo de tiempo variable, dependiendo de la planta, su etapa de crecimiento y la cantidad de pesticida aplicada.

Usos de los neonicotinoides

Dentro de los principales usos de estos insecticidas encontramos: 1) protección de cultivos y plantas ornamentales contra insectos herbívoros y ácaros, 2) control de plagas urbanas para combatir organismos nocivos como cucarachas, hormigas, termitas, avispas, etc., 3) aplicaciones veterinarias y 4) piscicultura.

En agricultura, horticultura, viveros de árboles y silvicultura, los neonicotinoides pueden ser aplicados de distintas maneras como: pulverización (foliar), tratamiento de semillas, formación de bolitas de semillas, tratamiento del suelo, aplicación granular, inmersión plantular, quiogación, empapado del suelo, aplicación en surco, inyecciones en el tronco de árboles, mezcla con agua de riego, empapamiento de bulbos de flores y aplicación con brocha en tallos de árboles frutales (Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L. et al. 2015).

Sin embargo, la aplicación de mayor uso, así como de mayor popularidad en la protección de cultivos agrícolas, es el recubrimiento profiláctico de semillas. El cual es un tratamiento a priori contra las plagas objetivo que pueden disminuir los rendimientos productivos. Durante la germinación y el crecimiento, las raíces de las plantas cultivadas absorben la sustancia activa de la cubierta de la semilla y la trasladan a todas las partes del cultivo, lo que provoca que dicho cultivo sea tóxico para los insectos que intentan alimentarse de él (Van der Sluijs et al. 2013).

Modo de acción

Los neonicotinoides están sujetos a un intenso metabolismo en las plantas, lo cual lleva a la aplicación de diferentes metabolitos durante la vida de dichas plantas o, al menos, hasta que dicha cosecha sea consumida por los humanos o animales. Por esta razón, los metabolitos pueden inducir una acción duradera contra las plagas.

El metabolismo de los siete principales neonicotinoides se divide en dos fases:

- Fase I

Depende en gran medida del citocromo

P450, incluye reacciones como: desmetilación, hidrólisis de ciano, hidroxilación de imidazolidina y tiazolidina acompañada de formación de ofelina, hidroxilación de oxadiazina acompañada de apertura de anillo y decoloración de cloropiridinilo. El metabolismo de esta fase se ha encontrado tanto en pequeños mamíferos como en plantas (Casida, 2011).

•Fase II

Responsable de la formación de conjugados, que difieren entre plantas y animales.

Polinizadores y su importancia

El rendimiento de los cultivos y la calidad de más de tres cuartas partes de los principales cultivos del mundo dependen de polinizadores animales. La dependencia de los polinizadores es debido a que proporcionan una gran cantidad de micronutrientes, vitaminas y minerales necesarios para la dieta humana. Además, el volumen de los cultivos ha aumentado en un 300% en las últimas cinco décadas y la limitación de la polinización debido a la falta de polinizadores es una causa común del menor rendimiento de los cultivos agrícolas.

Una comunidad diversa de polinizadores, por lo regular, genera una polinización de cultivos más efectiva y estable a comparación de la polinización realizada por cualquier especie individual. Existe una gran diversidad de polinizadores, además de la abeja se incluyen especies como moscas, avispas, escarabajos, mariposas y polillas, aves y murciélagos. Se estima que los insectos que no son abejas realizan entre el 25-50% de visitas a cultivos de importancia mundial.



Diagrama 1. Tipos de polinización y agentes polinizadores que existen.

Fuente: Elaboración propia, basado en información de (Requier et al., 2023).

Tradicionalmente, las abejas han sido consideradas como el grupo más importante de polinizadores de cultivos a nivel mundial. Su eficiencia polinizadora está relacionada, con: 1) su dieta compuesta principalmente de recurso derivados de las flores, 2) sus cuerpos cubiertos de pelos ramificados, lo que permite la unión de transporte eficiente de granos de polen y 3) su fidelidad floral a una determinada especie durante el mismo viaje de su alimentación o incluso durante toda su vida (Requier et al., 2023).

Disminución actual de los polinizadores

Las poblaciones de insectos están disminuyendo a nivel mundial. Como se mencionó anteriormente, la mayoría de los cultivos dependen de la polinización por insectos, lo cual pone en riesgo la seguridad alimentaria. Esto ha sido demostrado debido a la fragmentación del hábitat, la eliminación vegetal natural y el uso de pesticidas (Marques, M.F. et al. 2017).

Metodología

Se realizó una búsqueda en la literatura sobre los neonicotinoides utilizados en la agricultura y el efecto que estos tienen sobre los polinizadores, se encontró que cuando se registra el uso de pesticidas, se realiza una exhaustiva revisión para determinar si, según las buenas prácticas agrícolas, los compuestos pueden llegar a organismos no objetivo, como lo son las abejas. (Reetz, J. et al. 2011)

Debido al problema de contaminación por neonicotinoides y otros tipos de pesticidas en las abejas, así como los productos y subproductos de estas, se han desarrollado técnicas basadas en la extracción en fase sólida dispersiva (d-SPE) para la remoción de pesticidas en frutas y verduras. La técnica que ha recibido mejores resultados es conocida como QuEChERS, acrónimo del inglés Quick (rápido), Easy (fácil), Cheap (barato), Effective (efectivo), Rugged (robusto) y Safe (seguro); esta técnica complementada con métodos cromatográficos así como de espec-

trofometría de masas, permiten la caracterización de pesticidas presentes en la miel.

Hablando más a detalle de la metodología QuEChERS, esta permite una extracción simplificada de un gran número de residuos pesticidas multi-clase y multiresiduo, esto en una gran cantidad de diferentes matrices, cada una con sus características especiales. Inicialmente, se creó para el análisis de los pesticidas mencionados en frutas y hortalizas, pero sus aplicaciones se han extendido a una gran cantidad de muestras (casi cualquiera) debido a su fácil modificación en función de las propiedades de los analitos y composición de la matriz. (Martin-Culma, N. Y. & Arenas-Suárez, 2017)

Consta de dos pasos: 1) Una partición de solvente utilizando acetonitrilo como solvente de extracción y NaCl, así como MgSO₄ para inducir la formación de sales y

2) Un procedimiento de extracción en fase sólida dispersivo basado en MgSO₄ para eliminar agua residual y amina primaria-secundaria como principal absorbente de limpieza. Dicho método, tal como hace referencia a su nombre, es sencillo, económico y aumenta el rendimiento de las muestras. (González-Curbelo, M.Á., et al., 2021) Después de la etapa de extracción, lo obtenido puede ser analizado mediante cromatografía de gases o cromatografía líquida. Dichas técnicas son utilizadas para llevar a cabo las determinaciones debido a su gran sensibilidad, capacidad de separar, identificar y analizar de manera cualitativa y cuantitativa compuestos de distinta naturaleza. Otros autores han encontrado otras aplicaciones del QuEChERS para analizar pesticidas en el polen, como lo es el enfoque del QuEChERS tamponado con citrato, ya que su uso resultó en una mayor extracción de muestras de polen.

Resultados

Gracias a las técnicas mencionadas anteriormente podemos conocer qué pesticidas son los que están presentes en productos que son consumidos por las abejas y otros polinizadores, como

lo son el néctar y polen de distintas plantas, pero esto principalmente en cultivos agrícolas, ya que son los espacios en los que, agricultores aplican grandes cantidades de pesticidas (neonicotinoides, incluidos en ellos) para la protección de dichos cultivos, lo que causa diversos efectos perjudiciales en la vida de los polinizadores, entre estos efectos encontramos: pérdida de memoria a corto plazo, daños en el sistema nervioso central y el más grave de todos, la muerte.



Foto libre

Con base en la información recabada, existe información limitada de estudios que hablen sobre la supervivencia a largo plazo de las colonias de abejas melíferas después de la exposición a neonicotinoides, ya que son necesarios experimentos a escala paisaje en condiciones agrícolas para integrar la variación espacial, temporal y específica de la especie, con el fin de comprender el impacto de los neonicotinoides en las abejas (Woodcock, B. et al. 2017).

Además, como resultado de su amplio uso y sus propiedades fisicoquímicas, estas sustancias pueden encontrarse en todos los compartimentos ambientales, en donde está incluido el suelo, el agua y el aire.

Conclusiones

En conclusión, cada vez existen más pruebas de que los pesticidas no solo controlan plagas o patógenos, sino que tienen diversos efectos secundarios en organismos que no son objetivo, el medio ambiente y nosotros los humanos. Además, son significativos los impactos que causan los plaguicidas en el medio ambiente y en los seres humanos, debido a la enorme variedad de ingredientes activos que los conforman, así como sus mecanismos de acción, por ello no se pueden identificar patrones generales para las diferentes clases de plaguicidas.

Considero que si existieran programas de capacitación adecuados para los agricultores podrían conocer diferentes opciones de pesticidas y entre ellos buscar la mejor opción que brinde beneficios a sus cultivos, que sean protegidos de las especies objetivo y que sean inofensivas para especies no objetivo, con ello se podrán reducir los efectos negativos en suelo, aire y agua, así como en las diferentes formas de vida que sean beneficiadas con productos de las plantas como polen o néctar para los polinizadores. Además, crear concientización a la comunidad en general para que conozcan los efectos negativos que pueden producir pesticidas como los neonicotinoides.

Declaración de privacidad

Los datos personales facilitados por los autores a RD-ICUAP se usarán exclusivamente para los fines declarados por la misma, no estando disponibles para ningún otro propósito ni proporcionados a terceros.

Declaración de no Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno.

Agradecimientos

Agradezco a la PhDs. Beatriz Espinosa por su guía en el proceso del desarrollo de este trabajo, así como a los investigadores citados ya que gracias a las investigaciones que han realizado con el enfoque de mi tema seleccionado en sus trabajos publicados en forma de artículos o capítulos de libros, me han ayudado a realizar un trabajo de calidad con buenas fuentes de información.

Referencias

- Abrol, D.P. (2012). Decline in Pollinators. In: *Pollination Biology*. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-1942-2_17
- B. A. Woodcock et al., Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science* 356, 1393-1395 (2017). DOI:10.1126/science.aaa1190
- González-Curbelo, M.Á., González-Sálamo, J., Varela-Martínez, D.A., Hernández-Borges, J. (2021). Analysis of Pesticide Residues in Pollen and Dairy Products. In: Inamuddin, Ahamed, M.I., Lichtfouse, E. (eds) *Sustainable Agriculture Reviews 47*. Sustainable Agriculture Reviews, vol 47. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-54712-7_2
- Karmakar, R., Singh, S. & Kulshrestha, G. Persistence and Transformation of Thiamethoxam, a Neonicotinoid Insecticide, in Soil of Different Agroclimatic Zones of India. *Bull Environ Contam Toxicol* 76, 400-406 (2006). <https://doi.org/10.1007/s00128-006-0935-9>
- Li, Y., Li, Y., Bi, G. et al. Adsorption and degradation of neonicotinoid insecticides in agricultural soils. *Environ Sci Pollut Res* 30, 47516-47526 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25671-9>
- Mani, M., Venkatesan, T., Chethan, B.R. (2022). Molecular Identification of Insect Pests of Horticultural Crops. In: Mani, M. (eds) *Trends in Horticultural Entomology*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0343-4_1
- Marques, M.F., Hautequestt, A.P., Oliveira, U.B. et al. Local knowledge on native bees and their role as pollinators in agricultural communities. *J Insect Conserv* 21, 345-356 (2017). <https://doi.org/10.1007/s10841-017-9981-3>
- Martin-Culma, N. Y. & Arenas-Suárez, N. E. Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*. Enero - Junio, 2018. vol. 14, no. 1, p. 232-240 <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>
- Reetz, J.E., Zühlke, S., Spittler, M. et al. Neonicotinoid insecticides translocated in guttated droplets of seed-treated maize and wheat: a threat to honeybees?. *Apidologie* 42, 596-606 (2011). <https://doi.org/10.1007/s13592-011-0049-1>
- Requier, F., Pérez-Méndez, N., Andersson, G. K. S., Blareau, E., Merle, I., & Garibaldi, L. A. (2023). Bee and non-bee pollinator importance for local food security. *Trends in Ecology & Evolution*, 38 (2), 196-205. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.10.006>
- Simon-Delso, N., Amaral-Rogers, V., Belzunces, L.P. et al. Systemic insecticides (neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. *Environ Sci Pollut Res* 22, 5-34 (2015). <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3470-y>
- Wright, G., Softley, S. & Earnshaw, H. Low doses of neonicotinoid pesticides in food rewards impair short-term olfactory memory in foraging-age honeybees. *Sci Rep* 5, 15322 (2015). <https://doi.org/10.1038/srep15322>