



FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“IMPACTO DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN EL SERVICIO  
ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN QUE BRINDAN LAS ABEJAS”**

Trabajo de investigación para optar el grado académico de:  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Presentado por:

JOAQUÍN DAVID VILLARREAL CONTRERAS (0000-0002-9205-7172)

Asesor:

Mg. Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond

Lima – Perú

2018



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL ACADÉMICA DE CARRERA N° 068-2021-DACIA-DAFCA-CIENTIFICA**

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES / CARRERA DE INGENIERIA AMBIENTAL

Lima, 26 de febrero de 2021

**VISTO:**

La revisión realizada y la aprobación de Trabajo de Investigación titulado: **IMPACTO DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN QUE BRINDAN LAS ABEJAS**, presentado por:

- **Joaquín David Villarreal Contreras**

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo al Reglamento General de la Universidad Científica del Sur y los reglamentos de pregrado para obtener el grado de Bachiller de Ingeniería Ambiental en la Facultad de Ciencias Ambientales, se debe desarrollar un trabajo de investigación.

Que, de acuerdo a la normativa vigente de la Universidad Científica del Sur, en uso de las atribuciones conferidas al Director Académico de Carrera.

**SE RESUELVE:**

Aprobar e inscribir el trabajo de investigación titulado: **IMPACTO DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN QUE BRINDAN LAS ABEJAS** con N° de registro de la carrera: 0120-FCA-IAM.

Nombrar al docente/colaborador **Gustavo Ricardo Dreyfus Raymond** como asesor de dicho trabajo de investigación.

Regístrese, comuníquese y archívese,

**Mg. Gonzalo Francisco Flores Roca**  
Director Académico de Carrera  
Ingeniería Ambiental

T // (51) 610 6738  
informes@cientifica.edu.pe  
cientifica.edu.pe

## **IMPACTO DEL USO DE AGROQUÍMICOS EN EL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE POLINIZACIÓN QUE BRINDAN LAS ABEJAS**

### **IMPACT OF THE USE OF AGROCHEMICALS IN THE ECOSYSTEMIC POLLINATION SERVICE THAT THE BEES PROVIDE**

Joaquín David Villarreal Contreras

Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Carrera de Ingeniería Ambiental. Panamericana Sur Km19. Lima 42

#### **RESUMEN**

Los pesticidas son sustancias utilizadas para contrarrestar organismos perjudiciales para el cultivo de plantas y/o animales de producción. Los pesticidas más utilizados por su gran efectividad son los organofosforados entre los cuales se encuentran el fenthion y el clorpirifos; sin embargo, el uso de estos pesticidas también afecta de manera directa a organismos benéficos, para el ambiente y para la población, como las poblaciones de abejas. El objetivo de esta revisión es dar a conocer cómo la exposición de estos insectos benéficos a los pesticidas afecta de manera considerable su sistema nervioso y su sentido de orientación, principalmente, lo cual impide que el servicio ecosistémico de polinización que estas brindan se realice de manera habitual. Como resultado, la pérdida del servicio ecosistémico de polinización que brindan las abejas genera impactos ambientales negativos debido a que gran parte de plantas silvestres necesitan de su polinización para existir; así como también, afecta el bienestar del hombre y la biodiversidad que lo rodea. Además, la pérdida de este servicio ecosistémico, que estos organismos proveen, genera impactos económicos negativos debido a que es de vital importancia para la producción agrícola global; por lo que podría alcanzar pérdidas monetarias valoradas en estimaciones billonarias a nivel mundial.

**Palabras clave:** Pesticidas, abejas, toxicidad, servicio ecosistémico, polinización, agricultura, producción, sostenibilidad.

**ABSTRACT**

Pesticides are substances used to destroy organisms potentially harmful to agriculture and production animals. The pesticides most used for their great effectiveness are the organophosphates, among which are fenthion and chlorpyrifos; However, the use of these pesticides also directly affects beneficial organisms, for the environment and for the population, such as bee populations. The exposure of these beneficial insects to pesticides significantly affects their nervous system and their sense of orientation, mainly, which prevents the ecosystem service of pollination they provide is carried out in a habitual manner. The loss of pollination ecosystem service provided by bees generates negative environmental impacts because they are the largest pollinators of many wild plants; It also affects the development of human life and the biodiversity that surrounds it. In addition, the loss of this ecosystem service that these organisms provide generates negative economic impacts because it is fundamental for agricultural productivity worldwide; so it could achieve monetary losses valued in global estimates billion.

**Key words:** Pesticides, bees, toxicity, ecosystem service, pollination, farming, production, sustainability.

## INTRODUCCIÓN

En la selva central del Perú, la agricultura es actividad que predomina como sustento económico, sus principales productos cultivados son café, cacao, yuca, plátano, maíz, arroz, frijol, cítricos, piñas y otros frutales (Antón y Reynel, 2004). El desarrollo de métodos de producción agrícola tradicionales como el monocultivo, la agricultura migratoria y el uso intensivo de agroquímicos, para controlar las plagas y hierbas perjudiciales para la producción, están ocasionando un cambio negativo a nivel global, generando que los expertos en temas ambientales se enfrenten con nuevos desafíos como la degradación de suelos, la bioacumulación de compuestos nocivos, la deforestación y la pérdida de servicios que brindan los ecosistemas (Martínez, 2009).

Los servicios ecosistémicos son funciones que la naturaleza brinda al ser humano clasificadas en servicios de base, reguladores, de suministro y culturales, que pueden ser aprovechadas para mejorar el bienestar y la calidad de vida de las personas, uno de los servicios de suministro que proveen los ecosistemas es la polinización (MINAM, 2016).

La polinización ocurre debido a las corrientes de viento, la gravedad y la fauna silvestre. No obstante, el 80% de estos acontecimientos se deben a animales voladores como los insectos, las aves y los murciélagos principalmente (Klatt, 2013). Los insectos, que destacan por su considerable aporte al aumento de la producción en la agricultura, son las abejas nativas como las abejas de la miel (*Apis mellifera*) y los abejorros (*Bombus*), los cuales corresponden a la familia Apidae (Hanley, 2015).

La familia Apidae son consideradas uno de los grupos de insectos de mayor importancia ecológica y económica debido a los beneficios que producen a partir de la búsqueda e ingesta de sus alimentos. (Kremen, Williams y Thorp, 2002). El recorrido que estos insectos realizan en busca de alimento, que encuentran en las flores, produce que muchos organismos se beneficien de forma directa, debido a la polinización que realizan a una gran cantidad de plantas que las albergan. (Garibaldi, 2013 y Cutler, 2014).

La situación de las abejas genera alarma en la actualidad, puesto que, el uso desmesurado de pesticidas y agroquímicos en monocultivos que tratan de incrementar el rendimiento de su producción ha generado una pérdida considerable en la población de abejas. (Goulson et al., 2015; KovácsHostyánszki et al., 2017).

Los pesticidas pueden ser creados naturalmente o por el hombre con el objetivo de eliminar organismos altamente perjudiciales para el cultivo de plantas y la ganadería (Schaaf, 2015). Estos se clasifican según el tipo de plaga que controlan, entre las cuales se encuentran los insecticidas que eliminan insectos, herbicidas que eliminan hierbas, bactericidas que se encargan de extinguir bacterias, fungicidas que acaban con los hongos y larvicidas los cuales repelen las larvas (Damalas, 2009). Según la dosis que se le aplique a una especie, estos componentes llegan a ser perjudiciales para las que comparten el mismo lugar de fumigación y, en el medio ambiente, pueden quedar residuos que permanecen por un tiempo prolongado. (Desneux, Decourtye y Delpuech, 2007).

Las plagas de insectos son una amenaza para la productividad, ya que, pueden transmitirles enfermedades a los cultivos y devastar su rendimiento, además, le pueden transmitir enfermedades al ganado. Las pérdidas en la producción de alimentos se elevan del 25% al 35%, según estadísticas conservadoras (Organismo Internacional de Energía Atómica, 2012).

El uso de insecticidas para contener el accionar de las plagas de insectos y la aplicación en forma simultánea o alternada de dos o más ingredientes activos (Suárez et al. 2006; Akca, Tuncer, Guler y Saruham, 2009) han ocasionado la desaparición de un gran número de insectos polinizadores, lo cual afecta negativamente al medio ambiente. (Devillers et al. 2003), ya que, estos componentes causan la muerte de las abejas adultas cuando las dosis son aplicadas a elevadas concentraciones, (Miranda et al. 2003; Kamier et al. 2003; Bailey et al. 2005; Akca et al. 2009) como también, el polen y néctar llegan a contaminarse luego de que los individuos afectados ingresan al apiario (Silva-Cruz, Silva-Zacarín, Bueno y Malaspina, 2009).

Además, estos compuestos detienen la síntesis de aminoácidos aromáticos en plantas, bacterias, algas, hongos y parásitos apicomplejos, de esta manera impide que ocurra la fotosíntesis, lo cual suprime el crecimiento de la planta y la lleva a la muerte (Villalba, 2009). Por ello, si la flora silvestre funciona como refugio, alimento o área de reproducción de insectos benéficos como los polinizadores de la familia Apidae; su desaparición alterará notablemente los sistemas de control integrado de plagas y enfermedades que, aún sobreviven con el objetivo de que se maneje adecuadamente los recursos naturales, lo cual resulta preocupante para la sostenibilidad de los bosques tropicales (Pengue, 2003).

Los pesticidas organofosforados fenthion y clorpirifos, cuando entran en contacto con las abejas, les producen efectos adversos que se prolongan durante toda su vida, lo cual afecta su actividad celular normal inhibiendo sus funciones más esenciales como la producción de energía y la eliminación de enzimas (Chauzat et al., 2009; Meixner et al., 2010. Mao et al., 2017).

El objetivo del trabajo fue recopilar información para determinar el impacto de los pesticidas organofosforados en el servicio ecosistémicos de polinización que brindan las abejas, para informar a la población acerca de las implicancias ambientales y económicas que esto lleva consigo.

## **MARCO TEÓRICO**

### **Servicio Ecosistémico**

Los servicios ecosistémicos son considerados como aquel beneficio de manera tangible e intangible, que las personas pueden aprovechar de los ecosistemas naturales o modificados por el hombre (MEA, 2003). Estos representan los elementos más importantes para el desarrollo de las sociedades humanas y garantizan el bien común (GEF-UNEP, 1999). Si no contáramos con estos servicios, sería muy complicada la permanencia de la vida en nuestro planeta, por lo cual poseen un valor indiscutible (Daily et al., 1997).

Existen cuatro categorías propuestos para los servicios ecosistémicos los cuales son de aprovisionamiento, de regulación, cultural y de base. Este último, posee una gran interacción en la naturaleza, por tal motivo es el pilar encargado del funcionamiento de los otros servicios ecosistémicos; dentro de esta categoría se encuentra el servicio ecosistémico de polinización (MEA, 2005).

Este servicio de polinización es realizado por distintas clases de animales, entre las cuales destacan los insectos con una variedad estimada de 2,5 a 3,7 millones de especies. Entre estas especies polinizadoras resaltan las abejas quienes representan más del 50% de todos los animales que polinizan los cultivos tropicales (Hamilton, 2010).

### **Polinización**

La polinización es el primer paso en el proceso de germinación y propagación de la flora, este servicio ecosistémico puede ser realizado por métodos antropogénicos o de manera natural. La polinización natural es realizada especialmente por los insectos. (Cavieres et al. 1998, Di Trani, 2003). Estos insectos polinizadores son de vital importancia para que la mayoría de los ecosistemas terrestres, incluidos los agroecosistemas, funcionen de la mejor manera (Kevan, 1999; Díaz, 2001; Vásquez et al., 2006).

Distintas investigaciones que incluyeron como factores a los polinizadores y las características del paisaje encontraron que ambos están muy relacionados (Williams y Kremen, 2007), debido a que la diversidad y riqueza de los paisajes son más representativas cuando existe gran abundancia de abejas silvestres en estos ecosistemas (Kennedy, 2013).

### **Valor económico de la polinización**

Para obtener valores de este servicio ecosistémico se deben realizar estudios comparativos de la producción entre cultivos cuya polinización fue realizada por

insectos, con la producción de cultivos cuya polinización se ha realizado manualmente (Garibaldi, 2011). Estos datos obtenidos permiten evaluar globalmente, en términos porcentuales, el valor de la polinización en cultivos que dependen directamente de este servicio y cuál es el impacto económico que esto genera, como resultado esto permite evaluar la importancia en términos monetarios de la conservación de estas especies para aumentar la producción agrícola (Allsopp, 2008).

Estudios económicos norteamericanos realizados en la década de los 90 mencionan que las especies nativas de insectos polinizadores han participado en la producción del 15 al 30% de los productos alimenticios cultivados (Southwick y Southwick, 1992). Por otro lado, a fines de la década de los 80 el servicio de polinización por abejas fue estimado en 8 mil 300 millones de dólares por año; a inicios de la década de los 90, la ganancia anual fue estimada en 5 mil 200 millones de dólares, e iniciando el siglo 21, se calculó que la polinización de estos insectos se elevaba hacia una cifra de 14 mil 600 millones de dólares (Losey y Vaughan, 2006). Además, se puede calcular con datos más actuales, que por la producción de alimentos a nivel mundial, este servicio se expresa en cifras monetarias por un valor de 215 mil millones de dólares aproximadamente (Goulson, 2015), como también, ayudará a mejorar las condiciones de muchos ecosistemas.

### ***Abeja *Apis mellifera****

La familia de insectos Apidae son los polinizadores más importantes de mucha flora silvestre y monocultivos; por lo tanto, su presencia es vital para la productividad agrícola. El servicio ecosistémico que brindan estos polinizadores es muy poco valorado; sin embargo, la disminución de sus poblaciones en su hábitat natural produciría efectos adversos considerables en la producción de alimentos y la biodiversidad vegetal (Meixner, 2010). El recorrido que realizan hacia las flores en busca de alimento produce directamente la polinización de una gran cantidad de plantas de vital importancia para el desarrollo de diversos individuos.

Se trata de insectos polinizadores que poseen un color pardo oscuro, con una clase obrera que puede alcanzar los 1,5 centímetros de tamaño, además, la reina y los machos llegan a alcanzar los 2 centímetros de tamaño aproximadamente. En la cabeza poseen dos ojos laterales cubiertos de gran cantidad de facetas y tres puntos brillantes en la parte superior, que son los ojos simples llamados ocelos. Además, poseen una boca de tipo lamedor.

En el Neotrópico se considera que existen cerca de 6000 especies de abejas, las cuales se dividen en dos grandes grupos. En el primero, se encuentran 3000 especies de lengua larga (*Apidae* y *Megachilidae*); mientras que en el segundo, están 3000 especies de lengua corta (*Colletidae*, *Andrenidae*, *Halictidae*). Por otro lado, las abejas, con sus concurrentes recorridos hacia las flores, son consideradas polinizadoras eficientes, en contraste con otros animales, cuyas visitas son ocasionales (Roubik, 1995).

Las abejas son consideradas el grupo de insectos cuya adaptación ha ocasionado visitas más recurrentes hacia las flores y llegan a ser consideradas un grupo de vital importancia para la polinización de plantas, cuya reproducción sexual la realizan a través de la interacción de este considerable número de colonias con sus flores, lo cual resulta muy significativo para la agricultura (Michener, 2000).

### **Pesticidas fenthion y clorpirifos**

Dos de los pesticidas más empleados en la contención de plagas son los insecticidas fenthion y clorpirifos; el primero es usado a nivel mundial como un insecticida y acaricida organofosforado el cual posee moderada toxicidad (Tomlin, 1994). En los humanos ocasiona que se detenga la producción de la colinesterasa, (Brunetto et al., 1992) además, en el grupo de organofosforados se ha determinado que es uno de los principales contaminantes de tipo plaguicida en los medios acuáticos naturales. (Borbón y González, 2012).

Por otra parte, el pesticida clorpirifos es un insecticida organofosforado de toxicidad moderada, altamente empleado para controlar la proliferación de gusanos que

afectan los cultivos de algodón, maíz, mandarina y plantas ornamentales (ATSDR, 1997). Presenta niveles elevados de residualidad debido a que ha sido reportado su presencia en la miel y propóleos así como también en frutas y hojas de uva (Zhu et al. 2014). Por otro lado, puede ocasionar que se detenga la producción de la colinesterasa en humanos, efecto similar al compuesto fenthion (Rauh et al., 2011), y en peces ocasiona que su respuesta inmune a compuestos externos se vea afectada (Ali et al., 2009; Eder et al. 2009; Díaz y Girón 2014).

### **Pesticidas en las abejas**

Cálculos conservadores estiman que, a nivel global, los pesticidas poseen una aplicación de 4 millones de toneladas al año de las cuales solo el 1% es efectivo para la eliminación de plagas, por ello son considerados como grandes contaminantes ambientales en la agricultura (Nowell et al., 2014). Diversas investigaciones han demostrado su alta toxicidad, lo cual lo cataloga como un compuesto muy peligroso que está causando daños en el ambiente y en los seres humanos, cuyos efectos adversos se verán reflejados en el corto y largo plazo (Ahmed y Naqvi, 2013).

Los pesticidas cuando entran en contacto con las abejas, les producen efectos adversos que se prolongan durante toda su vida, lo cual afecta su actividad celular normal inhibiendo sus funciones más esenciales como la producción de energía y la eliminación de enzimas (Chauzat et al., 2009; Meixner et al., 2010; Mao et al., 2017).

Como resultado, la alta sensibilidad de estos polinizadores a los pesticidas podría elevar el nivel de letalidad cuando aún son larvas, debido a su extensa exposición. Así, la intoxicación en larvas de abejas por los pesticidas clorpirifos, fenthion, entre otros, guarda relación con el elevado número de muertes de estos individuos (Riaño-Jimenez y Cure, 2016; Gomes, 2017). Por otro lado, diversas investigaciones muestran el efecto que tienen dentro del sistema nervioso afectando su funcionalidad, respuesta inmune y en el ciclo reproductivo.

## **CONCLUSIÓN**

Los pesticidas son sustancias utilizadas para eliminar organismos altamente perjudiciales para la agricultura y los animales de producción. El uso de estos pesticidas afecta de manera directa a las poblaciones de abejas, lo cual lleva consigo que el servicio ecosistémico de polinización que estas brindan se vea anulado.

La pérdida del servicio ecosistémico de polinización que brindan las abejas tiene gran impacto ambiental negativo, debido a que representan a los organismos más importantes en la polinización de muchas plantas silvestres y afectaría en la calidad de vida de las personas y en la biodiversidad en general.

La pérdida del servicio ecosistémico de polinización que brindan las abejas tiene gran impacto económico negativo debido a que es de vital importancia para la productividad agrícola a nivel mundial; por lo que podría alcanzar pérdidas monetarias valoradas en estimaciones billonarias a nivel global.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Ahmed, M. y Naqvi, S. (2011). Pesticide Pollution, Resistance and Health Hazards. In: Pesticides – *The impacts of Pesticide Exposure*.
- Ali, D., Nagpure, S., Kumar, S., Kushwaha, B. y Lakra, S. (2009). Assessment of genotoxic and mutagenic effects of chlorpyrifos in freshwater fish *Channapunctatus* (Bloch) using micronucleus assay and alkaline single-cell gel electrophoresis. *Food and Chemical Toxicology*, 650 - 656.
- Allsopp, M. (2008). Valuing Insect Pollination Services with Cost of Replacement.
- Antón, B. y Reynel, C. (2004). Diversidad y composición florística de la flora arbórea en un área de ladera de colinas en bosque premontanos: Microcuenca de Tirol, valle de Chanchamayo, 1000–1500m s.n.m. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima. Pp. 221-262.
- ATSDR., 1997. Agency for Toxic Substances & Disease Registry.
- Borbón, J. y González, J. (2012). Exposición aguda a fenthion en juveniles de cachama blanca (*Piaractusbrachypomus*): efectos tóxicos, cambios en actividad colinesterasa y uso potencial en monitoreo ambiental. *Revista Ciencias de la Salud*, 43 – 51.
- Brunetto, M., Burguera, J., Burguera, M., Villegas, F. y Bastidas, C. (1992). Observation on a human intentional poisoning case by the organophosphorus insecticide fenthion. *Investigación Clínica*, 89 - 94.
- Cavieres L., Peñaloza, A. y Arroyo, M. (1998). Efectos del tamaño floral y densidad de flores en la visita de insectos polinizadores en *Alstroemeria pallida* Graham (Amaryllidaceae). *Gayana Botánica*, 1 - 10.
- Chauzat, M. (2006). A survey of pesticide residues in pollen loads collected by honey bees in France. *Journal of Economic Entomology*, 253 – 262.
- Daily, G., Alexander, S., Ehrlich, P., Goulder, I., Lubchenco, J., Matson, P., Mooney, H., Postel, S., Shneider, S., Tilman, D. y Woodwell, G. (1997). Ecosystems

- services: Benefits supplied to human societies by natural ecosystems. *Issues in Ecology*, 1 - 16.
- Damalas, C. (2009). Understanding benefits and risks of pesticide use. *Scientific Research and Essays*, 945 - 949.
- Desneux, N., Decourtye, A. y Delpuech, J. (2007). The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 81 – 106.
- Devillers, J., Pham-Delengue, H., Decourtye, A., Budzinsky, H., Cluzeau, S. y Maurin, G. (2003). Modeling the acute toxicity of pesticides to *Apis mellifera*. *Bulletin of Insectology*, 103 - 109.
- Díaz, I. (2001). Los insectos polinizadores y sus perspectivas de utilización en agroecosistemas. *Fitosanidad*, 49 - 62.
- Garibaldi, L. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance, 1608 - 1611.
- GEF-UNEP. (1999). Technical advisory panel of the Global Environment Facility-United Nations Environment Program. Report of Biodiversity Conservation in Managed Forest, México.
- Goulson, D. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers.
- Hanley, N. (2015). Measuring the economic value of pollination services: principles, evidence and knowledge gaps. *Ecosystem Services*, 124 – 132.
- Hamilton, A. (2010). Quantifying Uncertainty in Estimation of Tropical Arthropod Species Richness.
- Kennedy C. (2013). A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems.

- Kevan G. (1999). Pollinators as bioindicators of the state of the environment: species, activity and diversity. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 373 - 393.
- Klatt, B. (2013). Bee pollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceeding of the Royal Society*, 1 - 18.
- Kremen, C., Williams, N. y Thorp, R. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Losey, J. y Vaughan, M. (2006). The Economic value of ecological services provided by insects. *Bioscience Magazine*, 311 – 323.
- Mao, W., Schuler, M. y Berenbaum, M. (2017). Disruption of quercetin metabolism by fungicide affects energy production in honey bees (*Apis mellifera*). *Proceedings of the National Academy of Sciences*.
- Martínez Castillo, R. (2009). Sistemas de producción agrícola sostenible Tecnología en Marcha, pp. 23-39.
- Michener, C. (1974). The social behavior of the bees. Cambridge, Mass., US, Harvard University Press. 14.
- Millennium Ecosystem Assessment (2003). Ecosystem and Human Well-being: A Framework for Assessment. Island Press, Washington.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington.
- Ministerio del Ambiente, (2016). Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado. *Servicios Ecosistémicos que brindan las Áreas Naturales Protegidas*.
- Miranda, E., Navickiene, D., Nogueira-Couto, H., De Bortoli, A., Kato, J., Bolzani, S. y Furlan, M. (2003). Susceptibility of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) to

- pellitorine, an amide isolated from *Piper tuberculatum* (Piperaceae). *Apidologie*, 409 - 415.
- Nowell, L., Norman, J., Moran, P., Martin, J. y Stone, W. (2014). Pesticide Toxicity Index—A tool for assessing potential toxicity of pesticide mixtures to freshwater aquatic organisms. *Science of the total environment*.
- Rauh, V., Arunajadai, S., Horton, M., Perera, F., Hoepner, L., Barr, D. y Whyatt, R. (2011). Seven-Year Neurodevelopmental Scores and Prenatal Exposure to Chlorpyrifos, a Common Agricultural Pesticide. *Environmental Health Perspective*,
- Riaño, D. y Cure, J. (2016). Efecto letal agudo de los insecticidas en formulación comercial imidacloprid, spinosad y thiaclopram hidrogenoxalato en obreras de *Bombus atratus* (Hymenoptera: Apidae). *Revista de Biología Tropical*, 1737 - 1745.
- Roubik, D. (1989). Ecology and Natural History of tropical Bees. Cambridge, UK. Cambridge University Press. *Pollination of cultivated plants in the tropics*.
- Schaaf, A. (2015). Valoración de impacto ambiental por pesticidas agrícolas. Observatorio Medioambiental, 87 - 96.
- Silva-Cruz, A., Silva-Zacarán, M., Bueno, C. y Malaspina, O. (2009). Morphological alterations induced by boric acid and fipronil in the midgut of worker honeybee (*Apis mellifera* L.) larvae. *Cell Biology and Toxicology*, 76 – 165
- Southwick E. y Southwick L. (1992). Estimating the economic value of honey bees as agricultural pollinators in the United States. *Economic Entomology*.
- Suárez, H., Castelli, E., Aguirre, H., Alcaraz, E., Cafrune, M., Cetrá, B., Fader, W., Luciani, A., Mangold, J., Medus, D. y Guglielmone, A. (2006). El uso de insecticidas para el control de *Haematobia irritans* (L.) (Diptera: Muscidae) en la Argentina. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 21 - 35.
- Tomlin, C. (1994). The pesticide manual. Crop Protection Publications. Gran Bretaña. 1341 p.

Williams, N. y Kremen, C. (2007). Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape.

Zhu, W., Schmehl, D., Mullin, C. y Frazier, J. (2014). Four common pesticides, their mixture and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. Public Library of Science, 1 – 11