



# 60 años después de la primavera silenciosa, Latinoamérica no ha reducido el uso de insecticidas

60 years after Silent Spring, Latin America has not yet reduced the use of insecticides

Marina Mazón <sup>1,2\*</sup>, Oscar Romero <sup>1,3</sup>

- Recibido: 30/Jul/2021
- Aceptado: 16/May/2022
- Publicación en línea: 11/Oct/2022

**Citación:** Mazón M, Romero O. 2023. Sesenta años después de la primavera silenciosa, Latinoamérica no ha reducido el uso de insecticidas. *Caldasia* 45(1):161-173. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.97425>

## ABSTRACT

Sixty years ago, Rachel Carson published her book *Silent Spring*, changing forever the perception of the effects of pesticides on the environment and human health. Despite the changes it caused and the DDT banning, nowadays these are still widely used by the main farmers worldwide. In this work, we wanted to study the situation in Latin America regarding pesticide use, focusing on insecticides because of the huge repercussion that these products have on the entomological diversity loss. Results showed that agricultural insecticide use has increased in most Latin American countries since 1990, especially noticeable in Brazil, Ecuador, and Mexico. Paradoxically, Brazil is the country with the highest number of banned insecticide's active components in all the region, whilst Bolivia and Guatemala barely have a few products qualified as non-consent to import. Even though organic agriculture is an alternative that is gaining ground in Latin America, especially in Argentina, Uruguay, and Brazil, it has been mainly allocated to exportation, and organic production has come to a standstill in recent years. Structuring more solid policies that might allow agriculture to progress in Latin America without risking entomological diversity and human health is necessary.

**Keywords:** FAO, banned insecticides, Brazil, pesticides.

- 1 Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad - CITIAB, Universidad Nacional de Loja, Ciudadela Universitaria, sector La Argelia, EC 110101. Loja, ECUADOR. E-mail: [marinamazonmor@gmail.com](mailto:marinamazonmor@gmail.com), [oscaradolfo.romeromojica@gmail.com](mailto:oscaradolfo.romeromojica@gmail.com)
- 2 Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales, Universidad de Alicante, carretera San Vicente del Raspeig s/n, Apdo. Correos 99, 03080. Alicante, ESPAÑA.
- 3 Programa de Maestría en Biotecnología, Universidad Técnica Particular de Loja, San Cayetano Alto, calle París, EC 110107. Loja, ECUADOR.

\* Autor para correspondencia.



## RESUMEN

Hace 60 años Rachel Carson publicó su libro *Primavera Silenciosa*, que cambió para siempre la percepción de los efectos que los plaguicidas tienen sobre el ambiente y la salud humana. A pesar de los cambios generados y la prohibición del DDT, hoy en día los principales productores agrícolas mundiales los siguen usando. En este trabajo queremos establecer la situación en la que se encuentra Latinoamérica en relación con el uso de estos productos, enfocados en los insecticidas por el papel que tienen en la pérdida de diversidad entomológica. Los resultados muestran que en la mayoría de los países de Latinoamérica se ha presentado un aumento en el uso de insecticidas agrícolas desde 1990, especialmente en Brasil, Ecuador y México. Paradójicamente, Brasil es el país con el mayor número de principios activos con función insecticida prohibidos de toda la región, mientras que Bolivia y Guatemala apenas tienen unos pocos productos calificados como No consentimiento para importación. Aunque una alternativa que va ganando cada vez más terreno en Latinoamérica es la agricultura orgánica, concentrada en Argentina, Uruguay y Brasil, esta está principalmente destinada a la exportación, y en los últimos años dicha producción se ha estancado. Es necesario establecer políticas más firmes y sólidas que permitan el desarrollo de la agricultura en Latinoamérica sin poner en riesgo la diversidad entomológica y la salud humana.

**Palabras clave:** FAO, insecticidas prohibidos, Brasil, plaguicidas.

## INTRODUCCIÓN

En el 2022 se cumplen 60 años de la publicación de la obra *Primavera Silenciosa*, de la bióloga Rachel Carson (1907-1964). Este trabajo fue una contraposición al auge que en ese momento había del uso de los plaguicidas químicos, en especial del dicloro difenil tricloroetano (DDT), cuya aplicación como insecticida fue descubierta por Paul Müller en 1939, hallazgo que le valió el Premio Nobel de Medicina y Fisiología en 1948 a Müller gracias a su contribución al control de plagas de cultivos y de insectos transmisores de enfermedades como el tifus, la malaria o la peste bubónica (Fresquet [c2013](#), Angulo [c2017](#)). Prácticamente desde la aparición de estos plaguicidas químicos se publicaron varios trabajos donde se mostraba su efecto dañino sobre otros eslabones de la red trófica, como peces y aves, y su tendencia a acumularse en los tejidos adiposos. Sin embargo, la publicación de *Primavera Silenciosa* generó el impacto social y político que las publicaciones anteriores no habían tenido (Vázquez Rodríguez *et al.* [2014](#)). El libro de Rachel Carson denunció el uso indiscriminado de los plaguicidas químicos, en especial del DDT, y sus consecuencias sobre el ambiente, en un lenguaje sencillo que podía ser entendido por todo el público. La gran repercusión que tuvo el libro dio lugar a la prohibición del DDT en EE. UU. en 1972 por mandato del presidente Kennedy (Vázquez Rodríguez *et al.* [2014](#), Flores *et al.* [2019](#)), per-

mitió la creación de la Agencia de Protección Ambiental en EE. UU. (Hecht [2019](#)) y dio inicio al movimiento ecologista y ambientalista al crear la conciencia en el público en general de la vulnerabilidad de la naturaleza ante la intervención humana (Haq [2012](#)). Carson había documentado durante años distintos casos de efectos graves en el ambiente y en la salud humana, así como de aplicaciones excesivas y poco justificadas de estos compuestos, cuya eficiencia resultaba dudosa ya que las poblaciones de los insectos que pretendían eliminar se reponían rápidamente a la exposición, mientras que las poblaciones de vertebrados requerían un tiempo mucho mayor para recuperar sus niveles previos (Townsend [2016](#)). El libro de Carson es hoy un referente, ya que cuestionó la euforia generalizada del gran desarrollo de la agricultura que tuvo lugar en los años 60, la llamada revolución verde (Mallén [2012](#)).

A pesar del impacto que tuvo inicialmente el libro y sus consecuencias políticas, en Estados Unidos ha aumentado el uso de insecticidas para agricultura, sin que eso haya reducido el daño causado por los insectos en los cultivos (Hecht [2019](#), Sharma *et al.* [2019](#)). En otras latitudes, como en varios países europeos o en Australia, el aumento de la conciencia social por los daños tanto ecológicos como a la salud que produce la aplicación de plaguicidas ha generado un descenso en el consumo de estos productos, a la vez que una mayor demanda en productos de origen orgánico

(FiBL y IFOAM-Organics International 2019, Sharma *et al.* 2019). En cambio, Latinoamérica, en especial en Argentina y Brasil, donde la intensificación de varios cultivos ha permitido que otras zonas del mundo con una mayor conciencia ecológica hayan podido reducir la presión sobre sus recursos naturales importando dichos cultivos (Martínez-Valderrama *et al.* 2021), parece registrar un aumento en el uso de estos plaguicidas (Sharma *et al.* 2019).

Los plaguicidas en general son considerados uno de los principales causantes de la reducción actual de diversidad de insectos (Brühl y Zaller 2019, Raven y Wagner 2021, Wagner *et al.* 2021, Wagner 2020). Muchos de estos productos han mostrado una gran toxicidad en organismos no objetivo, como los neonicotinoides sobre las abejas (Pisa *et al.* 2015, Tasman *et al.* 2020), sobre parasitoides (Wang *et al.* 2008) y sobre depredadores (Hasan y Ansari 2017). Además de provocar la muerte de muchos organismos, los plaguicidas pueden tener efectos subletales, es decir, “efectos fisiológicos o de comportamiento en individuos que sobreviven a la exposición a plaguicidas” (Desneux *et al.* 2007). Los neonicotinoides tienen alta persistencia y pueden generar parálisis de los músculos de vuelo a las abejas y afectar su comunicación y su capacidad de forrajeo (Pisa *et al.* 2015, Otesbelgue *et al.* 2018, Tasman *et al.* 2020). También se ha observado un efecto de los neonicotinoides sobre depredadores, generando una interrupción del desarrollo embrionario en *Eriopsis connexa* (Germar, 1823) (Fogel *et al.* 2013) y una reducción en la fecundidad de *Zygogramma bicolorata* Pallister, 1953 (Hasan y Ansari 2017). Incluso, algunos insecticidas de origen biológico pueden tener efectos adversos sobre insectos benéficos (Williams *et al.* 2003), como los spinosines, que son producidos por la bacteria filamentosa *Saccharopolyspora spinosa* Mertz & Yao, 1990 (Bacci *et al.* 2016). Los spinosines han mostrado una gran toxicidad en parasitoides de huevos *Anaphes iole* Girault, 1911 y *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Williams y Price 2004, Khan y Ruberson 2017) y en parasitoides de estados larvales y ninfales como *Cotesia plutellae* (Kurdjumov, 1912) (Haseeb *et al.* 2004), *Bracon nigricans* (Szépligeti, 1901) (Biondi *et al.* 2013), *Eretmocerus paulistus* Hempel, 1904 (Tello *et al.* 2013), *Cotesia vestalis* (Haliday, 1834) y *Aphidius colemani* (Dalman, 1820) (Anjum y Wright 2016), y toxicidad moderada en el depredador *Orius laevigatus* (Fieber, 1860) (Biondi *et al.* 2012). Otro problema asociado al uso excesivo de los insecticidas es la generación de resistencias en las plagas objetivo, ampliamente documentado en in-

sectos transmisores de enfermedades como *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762 (Francis *et al.* 2020, Guedes *et al.* 2020) y *Triatoma infestans* (Klug, 1838) (Rolandi *et al.* 2020, Mougabure-Cueto y Lobbla 2021).

Los insecticidas no solo tienen efecto sobre los insectos, sino que, tal y como lo observó Carson en su obra, tienen efecto bioacumulativo en los distintos niveles de la red trófica. Por ejemplo, se han encontrado residuos de algunos plaguicidas en desuso en EE.UU., en tejidos grasos de aves migratorias (Pollock 2001), e incluso residuos de DDT en mamíferos acuáticos (Torres *et al.* 2015, Durante *et al.* 2016). Adicionalmente, muchos insecticidas han sido asociados a enfermedades en humanos, como los neonicotinoides a cáncer hepático (Zhang *et al.* 2022), algunos plaguicidas asociados al maíz a enfermedades respiratorias (Simoes *et al.* 2022) y varios plaguicidas de uso común en Europa a problemas neurotóxicos en etapas de desarrollo (Bjorling-Poulsen *et al.* 2008, Laubscher *et al.* 2022).

La presente revisión tiene por objetivo conocer en qué situación se encuentra actualmente Latinoamérica en relación con el uso de los plaguicidas y las medidas tomadas por los gobiernos latinoamericanos para limitar su uso o proponer alternativas. El trabajo se focaliza en insecticidas, es decir, productos dirigidos a eliminar insectos; sin embargo, el término plaguicida se ha mantenido en parte del documento, debido a que en muchas fuentes no se separan insecticidas del resto de plaguicidas, i.e., productos dirigidos a eliminar cualquier tipo de organismo considerado plaga: insectos, plantas arvenses, hongos y nemátodos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la presente revisión, se han tomado en cuenta distintas fuentes. Por un lado, para la comparación del uso pasado y presente de insecticidas se han considerado los datos oficiales de la FAO (c2020) de las toneladas de insecticidas usados en cada país de Latinoamérica en el primer y el último año de que se disponen datos, es decir 1990 y 2018, respectivamente, y para todos los países que incluye la FAO en sus estadísticas. Por otra parte, para la comparación de los principios activos prohibidos en cada país de Latinoamérica se han considerado los datos de la Pesticide Action Network (PAN internacional c2021), donde se recoge la información de los registros del convenio de Rotterdam (FAO c2013), y se diferencian dos categorías: los productos totalmente prohibidos y los indicados como

No consentimiento para importación. Finalmente, se recopilaron los datos de la publicación de Flores (2019) sobre la situación de la agricultura orgánica en Latinoamérica. Para los plaguicidas se ha seguido la terminología del manual de plaguicidas de Centroamérica (IRAT c2021).

## RESULTADOS

### Uso pasado y presente de los plaguicidas: tendencias en Latinoamérica

No queda del todo claro cuándo se empezaron a controlar las plagas en los cultivos. Hay evidencias arqueológicas de que en el Neolítico (hace unos 7000 años), los agricultores eran conscientes de la presencia de las plagas y de sus daños, e incluso es probable que ya aplicaran algún tipo de manejo, como añadir cenizas o utilizar plantas repelentes (Antolín y Schäfer 2020). El control de plagas se mantuvo prácticamente sin cambios, todavía reducido y con uso de insecticidas naturales hasta el siglo XIX, donde se inició el uso de insecticidas químicos a nivel comercial, concretamente el aceto-arsenito de cobre (Ureta *et al.* 2014). Pero a partir de los años 40, impulsados por las investigaciones de Müller y otros químicos, la síntesis de estos productos y su uso se intensificó de forma masiva en todo el mundo.

A pesar del impacto que tuvo el libro de Carson, la producción de plaguicidas a nivel mundial ha seguido incrementándose (Carvalho 2017). Para el caso de Latinoamérica, en 1982 la demanda alcanzó los 1634 millones de dólares entre insecticidas, herbicidas y fungicidas (Constenla 1988). En 1997, la importación de plaguicidas en general alcanzó los 16 000 millones de dólares en toda Latinoamérica (Dasgupta *et al.* 2001), y la tendencia en su uso ha seguido en crecimiento en el periodo 2006-2015, especialmente en Bolivia, Brasil, Chile y Perú (OECD 2018).

Según los datos de la FAO (c2020), entre 1990 y 2018 la mayoría de los países de Latinoamérica han aumentado el uso de insecticidas para la agricultura (Fig. 1), a excepción de Chile, República Dominicana, El Salvador, Guatemala, Honduras y Panamá. Los aumentos más notables son los de Brasil, que han pasado de unas 18 000 toneladas en 1990 a superar las 60 000 t en 2018, y Ecuador, que pasó de unas 500 toneladas en 1990 a cerca de 13 000 t en 2018. México es el tercer país, por detrás de Brasil y Ecuador, cuyo uso en 2018 de insecticidas superó las 10 000 toneladas; el resto de países está por debajo de 6 000 t, incluso la mayoría apenas llega a 3 000 t.

A pesar de sus efectos adversos, los plaguicidas altamente tóxicos siguen siendo de los más utilizados en muchas regiones andinas, y factores como la pobreza, la falta de

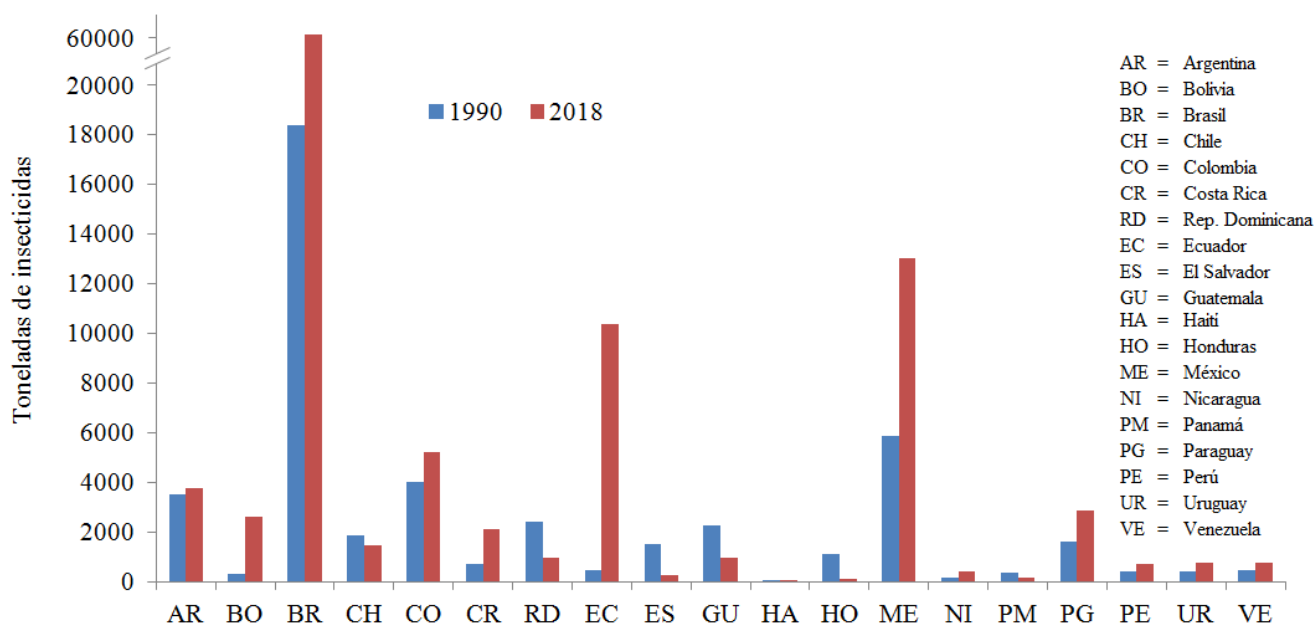
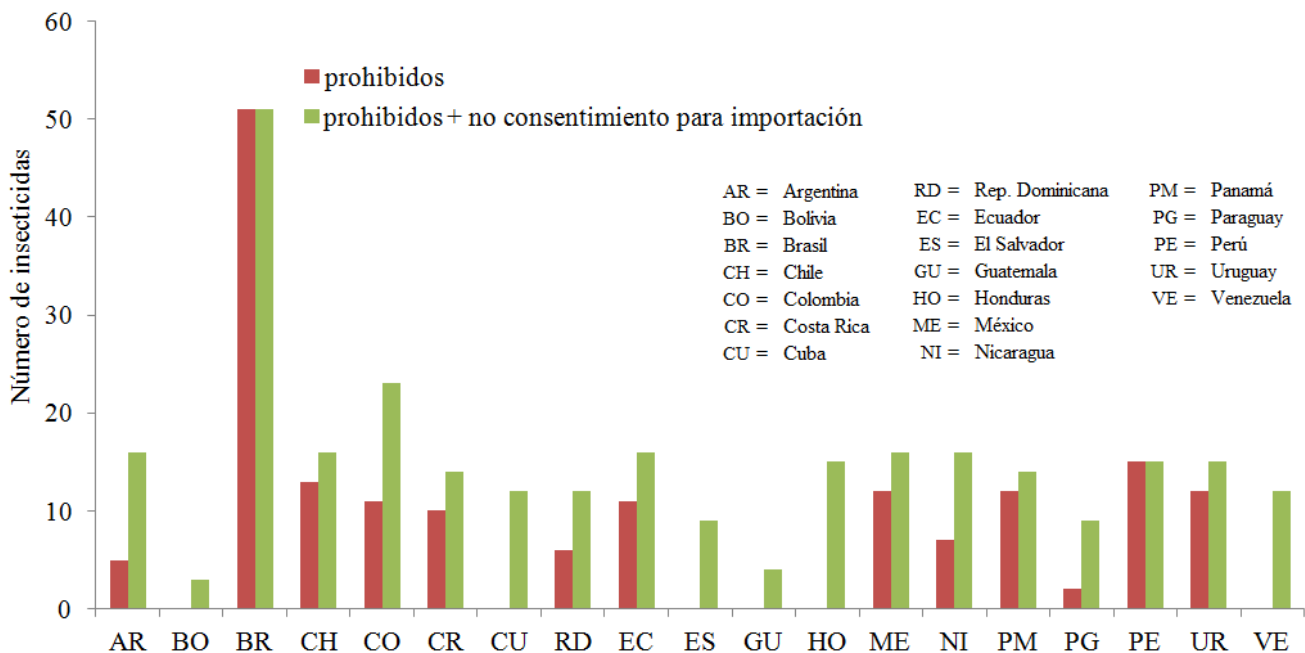


Figura 1. Cantidad de insecticidas para uso agrícola, presentado en toneladas de ingrediente activo, usado o vendido en cada país de Latinoamérica, según datos de la FAO (2020). Se presentan los valores del primero y el último año del periodo que muestra la FAO en su base de datos.

etiquetados de los productos en lenguas indígenas, la baja disponibilidad de equipos de protección y la escasa capacitación que reciben los productores hacen que los derechos de estos en el uso de los plaguicidas no se cumplan (Orozco *et al.* 2009, Varona *et al.* 2016). Por ejemplo, en un estudio realizado en varias provincias del Ecuador, se constató que el 80 % de los insecticidas usados corresponden a las clasificaciones de sumamente a moderadamente peligrosos, y la mayor parte de los productores exceden las dosis recomendadas y no respetan los tiempos de carencia (Chirinos *et al.* 2020). Otro estudio más reciente realizado en producciones de tomate en la región sur de Ecuador mostró que los productores hacían mezclas de hasta ocho principios activos en una única aplicación, sin ningún tipo de criterio técnico y superando las dosis recomendadas (Castillo-Perez y Castillo-Bermeo 2021). En otros estudios realizados en México se ha registrado el uso de varios insecticidas prohibidos, incluidos varios productos altamente tóxicos, como el carbofuran, el paratión o el malatión (Pérez *et al.* 2013, Esquivel-Valenzuela *et al.* 2019). El marcado incremento en Brasil en el uso de plaguicidas igualmente se traduce en una alta presencia de residuos de estos productos químicos en los productos alimenticios (Rigotto *et al.* 2014).

**Políticas en América Latina de prohibición de insecticidas y alternativas de producción orgánica**

Las políticas a nivel mundial en relación al uso de plaguicidas químicos se encuentran enmarcadas en el Convenio de Rotterdam, cuyo objetivo es el de “promover la responsabilidad compartida y los esfuerzos conjuntos de las Partes en la esfera del comercio internacional de ciertos productos químicos peligrosos a fin de proteger la salud humana y el ambiente frente a posibles daños y contribuir a la utilización ambiental racional, facilitando el intercambio de información acerca de sus características, estableciendo un proceso nacional de adopción de decisiones sobre su importación y difundiendo esas decisiones a las Partes” (FAO c2013). El tratado entró en vigor en 2004, y la mayoría de los países de Latinoamérica son firmantes desde su inicio a excepción de Cuba, Costa Rica, Nicaragua y Honduras, que se unieron en 2008, 2009, 2008 y 2011, respectivamente (CEPAL c2021). El Convenio de Rotterdam no establece la obligatoriedad de prohibición de los productos, sino que tiene como objetivo facilitar la comunicación entre países en relación a productos dañinos. En cambio, el Convenio de Estocolmo, que también entró en vigor en 2004, sí estipula “obligaciones para reducir o eli-



**Figura 2.** Número de insecticidas para uso agrícola prohibidos en cada país de Latinoamérica, según los datos en PAN internacional (2021). Solo se consideran los principios activos, no productos comerciales. Se mantiene la diferenciación que da PAN internacional entre producto prohibido y producto establecido como No consentimiento para importación.

minar la producción y utilización de determinados plaguicidas y productos químicos industriales que constituyen contaminantes orgánicos persistentes” (FAO [c2021](#)). Una de las primeras acciones de la Convención de Estocolmo fue prohibir el DDT, manteniendo la única excepción de su uso para el control de la malaria en países donde esta enfermedad es endémica (UN [c2004](#)). Este componente se usó en Mesoamérica hasta el año 2000 (Pérez *et al.* [2012](#)) y en Brasil se prohibió en 2009 (Pereira [2018](#)).

Pero, además del DDT, hay un gran número de insecticidas que están actualmente prohibidos en gran parte de Latinoamérica: la mayoría de países tiene alrededor de diez productos activos prohibidos con efecto insecticida, a excepción de Brasil, que cuenta con un total de 51 insecticidas prohibidos (Fig. 2, Tabla 1). En algunos casos, los países no establecen una prohibición del producto, sino un No consentimiento para importación. Aunque en la mayoría de los países latinoamericanos esta categoría aplica solo para algunos de los productos, en varios países se presenta para la totalidad de principios activos del listado. Es el caso de Bolivia, Cuba, El Salvador, Guatemala, Honduras y Venezuela. Según el Convenio de Rotterdam, el hecho de que esté categorizado como No consentimiento para importación implica que no se puede usar ni producir a nivel nacional, y de hecho la PAN (Pesticide Action Network) considera ambas categorías como equivalentes (PAN international [c2021](#)). Sin embargo, a nivel práctico, solo la categoría de Prohibido tiene validez legal, por lo que podría considerarse la categoría de No consentimiento para importación como menos estricta (M. Watts, PAN Asia Pacific, com. pers.).

Cabe destacar el caso de Brasil, ya que es a la vez el mayor consumidor de América Latina de insecticidas (Fig. 1) y el país con el mayor número de insecticidas prohibidos. Sin embargo, el listado del convenio de Rotterdam no refleja los últimos cambios en la regulación de los plaguicidas, que ha propiciado la aprobación de 475 nuevos plaguicidas desde 2019, de los cuales aproximadamente un 30 % no son aprobados por la Comisión Europea (Braga *et al.* [2020](#)). Este aumento está generando una creciente preocupación por sus consecuencias ambientales y sobre la salud humana (Páumgartten [2020](#)).

La percepción de los propios productores es que se hace un uso excesivo de los plaguicidas. En el valle agrícola de Cañete, cerca de Lima, Perú, casi el 70 % de los productores encuestados consideraron que el nivel de contami-

nación por plaguicidas era alto o muy alto (Castillo *et al.* [2020](#)). El uso inadecuado de los plaguicidas se ve reflejado en los residuos que se registran en frutas y verduras de consumo diario, que en muchos casos escapan a los controles gubernamentales: esto se ha observado en las diferencias entre los valores registrados en Ecuador por el Ministerio del Ambiente y por investigadores independientes, que en el primer caso no superaban los límites permitidos y en el segundo llegaban a estar ocho veces por encima de los mismos (Chirinos *et al.* [2020](#)). En otros países, en cambio, dichos controles parecen ser más efectivos. Es el caso de Costa Rica, que en su informe de 2019 sobre los residuos de plaguicidas en vegetales frescos, indicó que el 64,2 % de las muestras analizadas presentaban residuos de plaguicidas, y casi el 7 % superaban los límites permitidos (SFE [c2019](#)).

Una importante alternativa al uso de los plaguicidas es focalizar la producción y el mercado en la agricultura orgánica. Latinoamérica tiene una creciente producción orgánica, principalmente liderada por Argentina, Uruguay y Brasil, quienes agrupan el 80 % de área cultivada orgánicamente en Latinoamérica, pero esta producción va mayormente dirigida a la exportación (Flores [2019](#)). El área destinada a agricultura orgánica en la región ha ido aumentando de forma más o menos consistente desde 1999, con algunos periodos de decrecimiento (entre 2004 y 2007, y entre 2011 y 2016), aunque se ha estancado ligeramente en los últimos años (Meier *et al.* [2019](#)). Brasil ha tenido un Plan Nacional para la Agroecología y la Producción Orgánica que llegó a estar galardonado por la FAO (Flores [2019](#)) y permitió un aumento de un 28 % de productores orgánicos entre 2013 y 2017 (Lira [c2019](#)), pero la nueva administración política ha generado un cambio en detrimento de la agricultura orgánica y a favor de los plaguicidas químicos (Coelho *et al.* [2019](#)), generando un serio problema de salud pública (Panis *et al.* [2022](#)).

Todos los países de América Latina están unidos a través de sus respectivos Ministerios de Agricultura en la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica (CIAO), un organismo internacional creado en 2008 para facilitar el comercio y los mercados orgánicos entre los países americanos, fortalecer los sistemas nacionales de control y facilitar la transferencia de conocimiento en relación a la producción orgánica (Lacaze y Gámez [2019](#)). Según su último informe, basado en datos de The World of Organic Agriculture, Statistics & Emerging Trends 2021, en 2019 había 8,29 millones de hectáreas en Latinoamérica y el Caribe dedicadas a producción orgánica, lo cual representa el 11,47 % del total mundial (CIAO [c2021](#)).

**Tabla 1.** Listado de insecticidas prohibidos en cada país de Latinoamérica, según los datos disponibles en PAN internacional (2021). Solo se consideran los principios activos, no productos comerciales, y se mantiene la terminología del Manual de Plaguicidas de Centroamérica de la Universidad Nacional de Costa Rica (IRET 2021). Se mantiene la diferenciación que da PAN internacional entre producto prohibido (1 normal) y producto establecido como "no consentimiento para importación" (1 en cursiva). AR = Argentina, BO = Bolivia, BR = Brasil, CH = Chile, CO = Colombia, CR = Costa Rica, CU = Cuba, RD = República Dominicana, EC = Ecuador, ES = El Salvador, GU = Guatemala, HO = Honduras, ME = México, NI = Nicaragua, PM, Panamá, PG = Paraguay, PE = Perú, UR = Uruguay, VE = Venezuela.

	AR	BO	BR	CH	CO	CR	CU	RD	EC	ES	GU	HO	ME	NI	PA	PG	PE	UR	VE
aldicarb	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
amitrol									1										
arsénico (compuestos a base de)					1														1
bioresmetrina			1																
bromofos			1																
bromofos etílico			1																
carbofuran	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
carbosulfan	1							1											
cianofos													1						
ciflutrin					1														
cifenotrin			1																
clordano	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
clorfenvinfos			1																
DDT	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
demeton metílico (incluye O- y S- metil)			1																
diazinon			1																
dicofol			1		1														
dicrotofos			1																
disulfoton / tiodemeton			1		1														
DNOC			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

(Continúa)

	AR	BO	BR	CH	CO	CR	CU	RD	EC	ES	GU	HO	ME	NI	PA	PG	PE	UR	VE
endosulfan	1		1	1	1	1	1	1	1			1	1	1			1	1	1
etiofencarb			1																
etion / dietion			1																
etoprofos / etoprop													1						
fention			1															1	
fentoato			1										1						
fluctrinato			1																
formotion			1																
forato			1		1														
fosalone			1																
fosfamidon			1					1					1	1			1	1	1
furatiocarb			1																
hexaclorobenzeno (HCB/BHC)	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
hexaclorociclohexano (HCH) - alfa, beta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
iodofenos			1																
isoprocarb			1																
isoxation			1																
lindano	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
mercurio (compuestos a base de)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
metamidofos	1		1	1	1							1		1					
metidation																			1
metiocarb					1														
metomil					1									1					1

(Continúa)



	AR	BO	BR	CH	CO	CR	CU	RD	EC	ES	GU	HO	ME	NI	PA	PG	PE	UR	VE
metoxiclor			1																
mevinfos			1																
monocrotofos	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
naled			1																
ometoato			1																
oxamil			1																
paration etílico	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
paration metílico			1	1	1			1					1		1				
pentaclorofenol (PCP)	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
pirazofos			1																
piridafention			1																
protiofos			1																
quinalfos			1																
resmetrina			1																
terbufos													1						
tetradifon			1																
tiometon			1																
triazofos													1						
triclorfon	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
vamidotion			1																

## CONCLUSIONES

La mayoría de países de Latinoamérica no solo no han reducido el uso de insecticidas, sino que cuentan con un número de productos insecticidas prohibidos muy limitado, todos inferiores a 20 principios activos, pero en su mayoría incluso por debajo de diez, cuando Brasil cuenta con más de 50 principios prohibidos. La falta de mercados nacionales que demanden productos orgánicos y de políticas sólidas y contundentes en la reducción del uso de estos productos hace que Latinoamérica no consiga deshacerse de esta problemática que amenaza con reducir su gran biodiversidad antes incluso de ser conocida. Es hora de que los gobiernos latinoamericanos tomen partida activa en promover prácticas agrícolas sostenibles con el ambiente y la entomofauna en particular.

## PARTICIPACIÓN DE AUTORES

MM concepción del estudio, MM y OR búsqueda de información y escritura del documento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Meriel Watts (PAN internacional) y a Fernando Bejarano (RAPAM, México) por sus contribuciones sobre la prohibición de plaguicidas. Igualmente, queremos agradecer a los revisores anónimos que con sus comentarios sin duda ayudaron a mejorar el documento.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses que puedan afectar el contenido, resultados o conclusiones del artículo.

## LITERATURA CITADA

Angulo E. c2017. Historias de la malaria: Paul Müller, el DDT y Rachel Carson. Cuaderno de cultura científica. [Revisado en: 4 mar 2021]. <https://culturacientifica.com/2017/12/04/historias-la-malaria-paul-muller-ddt-rachel-carson/>

Anjum F, Wright D. 2016. Relative toxicity of insecticides to the crucifer pests *Plutella xylostella* and *Myzus persicae* and their natural enemies. *Crop Prot.* 88:131-136. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.002>

Antolín F, Schäfer M. 2020. Insect pests of pulse crops and their management in Neolithic Europe. *Environ. Archaeol.* doi: <https://doi.org/10.1080/14614103.2020.1713602>

Bacci L, Lupi D, Savoldelli S, Rossaro B. 2016. A review of Spinosaurs, a derivative of biological acting substances as a class of insecticides with a broad range of action against many insect pests. *J. Entomol. Acarol. Res.* 48(1):5653. doi: <https://doi.org/10.4081/jear.2016.5653>

Biondi A, Desneux N, Siscaro G, Zappalà L. 2012. Using organic-certified rather than synthetic pesticides may not be safer for biological control agents: Selectivity and side effects of 14 pesticides on the predator *Orius laevigatus*. *Chemosphere* 87(7):803-812. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.12.082>

Biondi A, Zappalà L, Stark JD, Desneux N. 2013. Do biopesticides affect the demographic traits of a parasitoid wasp and its biocontrol services through sublethal effects? *PLoS ONE* 8(9):e76548. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0076548>

Bjorling-Poulsen M, Andersen HR, Grandjean P. 2008. Potential developmental neurotoxicity of pesticides used in Europe. *Environ. Health* 7:50. doi: <https://doi.org/10.1186/1476-069X-7-50>

Braga ARC, de Rosso VV, Harayashiki CAY, Jimenez PC, Castro IB. 2020. Global health risks from pesticide use in Brazil. *Nat. Food.* 1:312-314. doi: <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0100-3>

Brühl CA, Zaller JG. 2019. Biodiversity decline as a consequence of an inappropriate environmental risk assessment of pesticides. *Front. Environ. Sci.* 7:177. doi: <https://doi.org/10.3389/fenvs.2019.00177>

Carvalho FP. 2017. Pesticides, environment, and food safety. *Food Energy Secur.* 6(2):48-60. doi: <https://doi.org/10.1002/fes3.108>

Castillo B, Ruiz JO, Manrique MAL, Pozo C. 2020. Contaminación por plaguicidas agrícolas en los campos de cultivos en Cañete (Perú). *Rev. Espacios* 41(10):11.

Castillo-Pérez B, Castillo-Bermeo V. 2021. Uso de plaguicidas químicos en tomate riñón (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero y campo en Loja, Ecuador. *CEDAMAZ* 11(1):22-41.

CEPAL. c2021. Convenio de Rotterdam Para la Aplicación del Procedimiento de Consentimiento Fundamentado Previo a Ciertos Plaguicidas y Productos Químicos Peligrosos Objeto de Comercio Internacional. [Revisado en: 15 abril 2021]. <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/convenio-rotterdam-la-aplicacion-procedimiento-consentimiento-fundamentado-previo-ciertos>

Chirinos DT, Castro R, Cun J, Castro J, Peñarrieta S, Solis L, Geraud-Pouey F. 2020. Los insecticidas y el control de plagas agrícolas: la magnitud de su uso en cultivos de algunas provincias de Ecuador. *Cienc. Tecnol. Agropecuaria* 21(1):c1276. doi: [https://doi.org/10.21930/rcta.vol21\\_num1\\_art:1276](https://doi.org/10.21930/rcta.vol21_num1_art:1276)

- CIAO. c2021. Informe de la Comisión Interamericana de Agricultura Orgánica 2020-2021. [Revisado en: 20 feb 2022]. [http://apps.iica.int/SReunionesOG/Content/Documents/CE-2021/4924a148-6055-4ba6-9e26-83ddf58a82c\\_dio2\\_informe\\_de\\_la\\_ciao\\_20202021.pdf](http://apps.iica.int/SReunionesOG/Content/Documents/CE-2021/4924a148-6055-4ba6-9e26-83ddf58a82c_dio2_informe_de_la_ciao_20202021.pdf)
- Coelho FEA, Lopes LC, Cavalcante RMS, Correa GC, Leduc AOHC. 2019. Brazil unwisely gives pesticides a free pass. *Science* 365(6453):552-553. doi: <https://doi.org/10.1126/science.aay3150>
- Constenla MA. 1988. El uso de plaguicidas en América Latina: tendencias e implicaciones ambientales. En: FAO. Pesticides: food and environmental implications. Vienna, Austria: Proceedings. pp. 123-147.
- Dasgupta S, Mamingi N, Meisner C. 2001. Pesticide use in Brazil in the era of agroindustrialization and globalization. *Environ. Dev. Econ.* 6(4):459-482. doi: <https://doi.org/10.1017/S1355770X01000262>
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52:81-106. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091440>
- Durante CA, Santos-Neto EB, Azevedo A, Crespo EA, Lailson-Brito J. 2016. POPs in the South Latin America: Bioaccumulation of DDT, PCB, HCB, HCH and Mirex in blubber of common dolphin (*Delphinus delphis*) and Fraser's dolphin (*Lagenodelphis hosei*) from Argentina. *Sci. Total Environ.* 572:352-360. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.176>
- Esquivel-Valenzuela B, Cueto-Wong JA, Valdez-Cepeda RD, Pedroza-Sandoval A, Trejo-Calzada R, Pérez-Veyna O. 2019. Prácticas de manejo y análisis de riesgo por el uso de plaguicidas en la Comarca Lagunera, México. *Rev. Int. Contam. Amb.* 35(1):25-33. doi: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.01.02>
- FAO. c2013. Convenio de Rotterdam para la aplicación del procedimiento de consentimiento fundamentado previo a ciertos plaguicidas y productos químicos peligrosos. [Revisado en: 15 abr 2021]. [https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/rotterdam\\_sp.pdf](https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/rotterdam_sp.pdf)
- FAO. c2020. Faostat, pesticides use. [Revisado en: 24 sep 2020]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/RP>
- FAO. c2021. Otros instrumentos pertinentes y oportunidades de integración [Revisado en: 15 abr 2021]. <http://www.fao.org/3/a0137s/a0137s03.htm>
- FiBL, IFOAM–Organics International. 2019. Bonn, Germany: The World of Organic Agriculture; FiBL&IFOAM–Organics International.
- Flores P. 2019. Latin America: An insight into the latest developments in organic agriculture. En: FiBL & IFOAM–Organics International. Bonn, Germany: The World of Organic Agriculture; FiBL&IFOAM–Organics International. pp. 268- 271.
- Flores PC, Ata AP, Hupffer HM. 2019. A atualidade as denúncias de Rachel Carson na Obra Primavera Silenciosa em relação ao uso do Glifosato no Brasil. En: Hupffer HM, Engelmann W, Weyer Müller AR (Org.). Os desafios jurídico-ambientais do uso de agrotóxicos. Sao Leopoldo, Casa Leiria. pp. 13-48.
- Fogel MN, Schneider MI, Desneux N, González B, Ronco AE. 2013. Impact of the neonicotinoid acetamiprid on immature stages of the predator *Eriopsis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae). *Ecotoxicology* 22:1063-1071. doi: <https://doi.org/10.1007/s10646-013-1094-5>
- Francis S, Campbell T, McKenzie S, Wright D, Crawford J, Hamilton T, Huntley-Jones S, Spence S, Belemvire A, Alavi K, Torres Gutierrez C. 2020. Screening of insecticide resistance in *Aedes aegypti* populations collected from parishes in Eastern Jamaica. *PLoS Negl. Trop. Dis.* 14(7):e0008490. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008490>
- Fresquet JL. c2013. Paul Hermann Müller (1899-1965). [Revisado en: 14 ene 2021]. <http://www.historiadelamedicina.org/mueller.html>
- Guedes RNC, Beins K, Costa DN, Coelho GE, Bezerra HSS. 2020. Patterns of insecticide resistance in *Aedes aegypti*: meta-analyses of surveys in Latin America and the Caribbean. *Pest Manag. Sci.* 76(6):2144-2157. doi: <https://doi.org/10.1002/ps.5752>
- Haq PA. 2012. Environmentalism since 1945. London: Routledge.
- Hasan F, Ansari MS. 2017. Lethal and sublethal effects of insecticides on the biological attributes of *Zygogramma bicolorata* Pallister (Coleoptera: Chrysomelidae): a biocontrol agent of *Parthenium hysterophorus* L. *Neotrop. Entomol.* 46(5):473-486. doi: <https://doi.org/10.1007/s13744-017-0485-3>
- Haseeb M, Liu T-X, Jones WA. 2004. Effects of selected insecticides on *Cotesia plutellae*, endoparasitoid of *Plutella xylostella*. *BioControl.* 49:33-46. doi: <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000009377.75941.d7>
- Hecht R. 2019. Rachel Carson y su ataque a la verdolatría. ARQ (Santiago). 103:50-63. doi: <https://doi.org/10.4067/S0717-69962019000300050>
- IRAT. c2021. Manual de Plaguicidas de Centroamérica, Universidad Nacional de Costa Rica. [Revisado en: 15 abr 2021]. <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu>
- Khan MA, Ruberson JR. 2017. Lethal effects of selected novel pesticides on immature stages of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Pest Manag. Sci.* 73(12):2465-2472. doi: <https://doi.org/10.1002/ps.4639>
- Lacaze G, Gámez JM. 2019. The Inter-American Commission for Organic Agriculture (CIAO). En: FiBL, IFOAM–Organics International. Bonn, Germany: The World of Organic Agriculture; FiBL&IFOAM–Organics International. pp. 272- 273.
- Laubscher B, Diezi M, Renella R, Mitchell EAD, Aebi A, Mulot M, Glauser G. 2022. Multiple neonicotinoids in children's cerebrospinal fluid, plasma, and urine. *Environ. Health* 21:10. doi: <https://doi.org/10.1186/s12940-021-00821-z>
- Lira VMC. c2019. Produção Orgânica no Brasil entre 2013 e 2017. [Revisado en: 14 abril 2021] <https://www.organicsnet.com.br/producao-organica-no-brasil-entre-2013-e-2017/>
- Mallén C. 2012. Rachel Carson, 50 años de romper el silencio. *Rev. Mex. Cienc. For.* 3(14):3-10.

- Martínez-Valderrama J, Sanjuán ME, del Barrio G, Guirado E, Ruiz A, Maestre FT. 2021. Mediterranean landscape re-greening at the expense of South American agricultural expansion. *Land*. 10(2):204. doi: <https://doi.org/10.3390/land10020204>
- Meier C, Schlatter B, Keller O, Trávníček J. 2019. Latin America and the Caribbean: Current statistics. En: FiBL, IFOAM—Organics International. Bonn, Germany: The World of Organic Agriculture; FiBL&IFOAM—Organics International. pp. 274-281.
- Mougabure-Cueto G, Lobbla PA. 2021. Estado de la resistencia a insecticidas en *Triatoma infestans* de Argentina. *Rev. Salud Ambient.* 21(2):137-146.
- OECD. 2018. Biodiversity conservation and sustainable use in Latin America: Evidence from Environmental performance reviews. Paris: OECD Publishing. doi: <https://doi.org/10.1787/19900090>
- Orozco FA, Cole DC, Forbes G, Kroschel J, Wanigaratne S, Arica D. 2009. Monitoring adherence to the international code of conduct. Highly hazardous pesticides in Central Andean agriculture and farmers' rights to health. *Int. J. Occup. Environ. Health.* 15(3):268. doi: <https://doi.org/10.1179/0eh.2009.15.3.255>
- Otesbelgue A, dos Santos CF, Blochtein B. 2018. Queen bee acceptance under threat: Neurotoxic insecticides provoke deep damage in queen-worker relationships. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 166:42-47. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.09.048>
- PAN international. 2021. Consolidated list of banned pesticides. [Actualizado en: marzo 2021] [Revisado en: 5 mar 2021]. <http://pan-international.org/pan-international-consolidated-list-of-banned-pesticides/>
- Panis C, Kawassaki ACB, Crestani APJ, Pascotto CR, Bortoloti DS, Vicentini GE, Lucio LC, Ferreira MO, Prates RTC, Vieira VK, Gaboardi SC, Candiotti LZP. 2022. Evidence on human exposure to pesticides and the occurrence of health hazards in the Brazilian population: A systematic review. *Front. Public Health* 9:787438. doi: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.787438>
- Páumgartten FJR. 2020. Pesticides and public health in Brazil. *Curr. Opin. Toxicol.* 22:7-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cotox.2020.01.003>
- Pereira EM. 2018. Rachel Carson, Ciência e Coragem. *Ciência Hoje.* 348.
- Pérez IN, Alegría-Torres JA, Gaspar-Ramírez O, Pérez FJ, Ortega-García ST, Pruneda LG. 2012. DDT and its metabolites in Mexico. En: Farzana Perveen. *Insecticides – Pest Engineering*. IntechOpen. pp. 99-116. doi: <https://doi.org/10.5772/28703>
- Pérez MA, Navarro H, Miranda E. 2013. Residuos de plaguicidas en hortalizas: problemática y riesgo en México. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29:45-64.
- Pisa LW, Amaral-Rogers V, Belzunces LP, Bonmatin JM, Downs CA, Goulson D, Kreutzweiser DP, Krupke C, Liess M, McField M, Morrissey CA, Noome DA, Settele J, Simon-Delso N, Stark JD, Van der Sluijs JP, Van Dyck H, Wiemers M. 2015. Effects of neonicotinoids and fipronil on non-target invertebrates. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22:68-102. doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3471-x>
- Pollock CG. 2001. Silent spring revisited: A 21st-Century look at the effect of pesticides on wildlife. *J. Avian Med. Surg.* 15(1):50-53. doi: [https://doi.org/10.1647/1082-6742\(2001\)015\[0050:SS RACL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1647/1082-6742(2001)015[0050:SS RACL]2.0.CO;2)
- Raven PH, Wagner DL. 2021. Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *PNAS* 118(2):e2002548117. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2002548117>
- Rigotto RM, Vasconcelos DP, Rocha MM. 2014. Pesticide use in Brazil and problems for public health. *Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro* 30(7):1360-1362. doi: <https://doi.org/10.1590/0102-311XPE020714>
- Rolandi C, Roca-Acevedo G, Schilman PE, Germano MD. 2020. Aerobic metabolism alterations as an evidence of underlying deltamethrin resistance mechanisms in *Triatoma infestans* (Hemiptera: Reduviidae). *J. Med. Entomol.* 57(6):1988-1991. doi: <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa099>
- SFE, Servicio Fitosanitario del Estado. 2019. Informe del año 2019 sobre los análisis de residuos de plaguicidas realizados. [Revisado en: 14 abril 2021]. [https://www.sfe.go.cr/DocsResiduosAgroquim/Informe\\_sobre\\_an%C3%A1lisis\\_de\\_residuos\\_de\\_plaguicidas\\_2019.pdf](https://www.sfe.go.cr/DocsResiduosAgroquim/Informe_sobre_an%C3%A1lisis_de_residuos_de_plaguicidas_2019.pdf)
- Sharma A, Kumar V, Shahzad B, Tanveer M, Sidhu GPS, Handa N, Kohli SK, Yadav P, Bali AS, Parihar RD, Dar OI, Singh K, Jasrotia S, Bakshi P, Ramakrishnan M, Kumar S, Bhardwaj R, Thukral AK. 2019. Worldwide pesticide usage and its impacts on ecosystem. *SN Appl. Sci.* 11446. doi: <https://doi.org/10.1007/s42452-019-1485-1>
- Simoes M, Huss A, Brouwer M, Krop E, Janssen N, Vermeulen R. 2022. Residential proximity to crops and agricultural pesticide use and cause-specific mortality: A prospective census-based cohort study in the Netherlands. *Sci. Total Environ.* 817:152932. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.152932>
- Tasman K, Rands SA, Hodge JLL. 2020. The neonicotinoid insecticide imidacloprid disrupts bumblebee foraging rhythms and sleep. *iScience.* 23(12):101827. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101827>
- Tello V, Díaz L, Sánchez M. 2013. Side effects of the natural pesticide Spinosad (GF-120 formulation) on *Eretmocerus paulistus* (Hymenoptera: Aphelinidae), a parasitoid of the whitefly *Aleurothrixus floccosus* (Hemiptera: Aleyrodidae), under laboratory conditions. *Cienc. Investig. Agrar.* 40(2):407-417. doi: <https://doi.org/10.4067/S0718-16202013000200015>
- Torres P, Miglioranza KSB, Uhart MM, Gonzalez M, Commendatore M. 2015. Organochlorine pesticides and PCBs in Southern Right Whales (*Eubalaena australis*) breeding at Península Valdés, Argentina. *Sci. Total Environ.* 518-519:605-615. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.064>
- Townsend P. 2016. *The dark side of the technology*. UK: Oxford University Press.
- UN. 2004. Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants to enter into force 17 May 2004. [Revisado en: 4 dic 2020]. <https://www.un.org/press/en/2004/unep204.doc.htm>

- Ureta C, Espinosa AE, Ureta E. 2014. El control de plagas agrícolas: pasado, presente y futuro. *Ciencia*. 65(3):78-87.
- Varona ME, Díaz SM, Briceño L, Sánchez-Infante CI, Torres CH, Palma RM, Groot H, Idrovo AJ. 2016. Determinantes sociales de la intoxicación por plaguicidas entre cultivadores de arroz en Colombia. *Rev. Salud Pública* 18(4):617-629.
- Vázquez Rodríguez GA, Lucho-Constantino C, Coronel C, Beltrán I. 2014. Esbozo histórico de las ciencias ambientales I. De Hipócrates a Primavera Silenciosa. *Bol. Cient. Cienc. Basic. Ing. ICBI PADI*. 2(3). doi: <https://doi.org/10.29057/icbi.v2i3.528>
- Wagner DL. 2020. Insect declines in the anthropocene. *Annu. Rev. Entomol.* 65:457-480. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011019-025151>
- Wagner DL, Fox R, Salcido D, Dyer LA. 2021. A window to the world of global insect declines: Moth biodiversity trends are complex and heterogeneous. *PNAS* 118(2):e2002549117. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2002549117>
- Wang HY, Yang Y, Su JY, Shen JL, Gao CF, Zhu YC. 2008. Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *Crop Prot.* 27(3-5):514-522. doi: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2007.08.004>
- Williams L, Price LD. 2004. A space-efficient contact toxicity bioassay for minute Hymenoptera, used to test the effects of novel and conventional insecticides on the egg parasitoids *Anaphes iole* and *Trichogramma pretiosum*. *BioControl* 46:163-185. doi: <https://doi.org/10.1023/B:BICO.0000017287.50875.de>
- Williams T, Valle J, Viñuela E. 2003. Is the naturally derived insecticide Spinosad compatible with insect natural enemies? *Biocontrol Sci. Technol.* 13(5):459-475. doi: <https://doi.org/10.1080/0958315031000140956>
- Zhang H, Zhang R, Zeng X, Wang X, Wang D, Jia H, Xu W, Gao Y. 2022. Exposure to neonicotinoid insecticides and their characteristic metabolites: Association with human liver cancer. *Environ. Res.* 208:112703. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.112703>