

Biotempo (Lima)



<https://revistas.urp.edu.pe/index.php/Biotempo>

REVIEW ARTICLE / ARTÍCULO DE REVISIÓN

EFFECT OF PESTICIDES ON THE HEALTH OF FARMERS: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE

EFFECTO DE LOS PLAGUICIDAS EN LA SALUD DE LOS AGRICULTORES: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

Miguel Damián Cabrejos-Robles^{1*}; José Iannacone^{2,3}; Luis Miguel Romero-Echevarría¹; Alejandro Rivera-Romero¹ & René Vignati-Dueñas¹

¹ Escuela Universitaria de Posgrado (EUPG). Grupo de Investigación en Sostenibilidad Ambiental (GISA). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú.

² Laboratorio de Zoología. Facultad de Ciencias Biológicas. Grupo de Investigación "One Health". Universidad Ricardo Palma (URP). Lima, Perú. E-mail: mdcabrejosr@gmail.com / lromeroe@unfv.edu.pe / joseiannacone@gmail.com / ariverarr@yahoo.es / renewig@hotmail.com

*Corresponding author: mdcabrejosr@gmail.com

Miguel Damián Cabrejos-Robles: <https://orcid.org/0000-0003-1859-0726>

José Iannacone: <https://orcid.org/0000-0003-3699-4732>

Luis Miguel Romero-Echevarría: <https://orcid.org/0000-0002-1693-2115>

Alejandro Rivera-Romero: <https://orcid.org/0000-0003-4655-2292>

René Vignati-Dueñas: <https://orcid.org/0000-0002-0633-7734>

ABSTRACT

Pesticides are chemical products used in agriculture to control pests and their extensive use represents a serious threat to health. The objective of the study was to systematically analyze the available evidence on the main damage caused by pesticides in the health of farmers. A systematic review was carried out applying the PRISMA technique. The ScienceDirect, Scielo and PubMed databases were used as search engines. The following search filter was used: that the publication date is between 2014 and 2022, only scientific articles in English, Spanish, and Portuguese were considered. The search keywords were: "pesticides", "exposure", "farmers" and "health". In the 50 selected scientific articles, it was found that the most prevalent diseases were the following: Parkinson's, motor and neurobehavioral damage, cancer, genetic damage, sleep disturbances, hematological damage, and general symptoms such as respiratory problems, skin irritation, and pain, headache, sore throat, and nausea. The evidence found has shown that pesticides have acute, chronic, and long-term effects on the health of farmers. On the other hand, the identification of risk factors associated with the use of pesticides will serve as the basis for the design of timely and effective interventions.

Keywords: effects of pesticides – farmers – health – Parkinson

RESUMEN

Los plaguicidas son productos químicos usados en la agricultura para controlar plagas y su uso extenso representa una severa amenaza a la salud. El objetivo del estudio fue analizar de forma sistemática las evidencias disponibles sobre los principales daños causados por los plaguicidas en la salud de los agricultores. Se realizó una revisión sistemática aplicando la técnica PRISMA. Se utilizaron como motores de búsqueda a las bases de datos ScienceDirect, Scielo y PubMed. Se utilizó el siguiente filtro de búsqueda: que la fecha de publicación sea entre el 2014 y 2022, se consideró solo artículos científicos en idioma inglés, español y portugués. Las palabras claves de búsqueda fueron: “pesticides”, “exposure”, “farmers” y “health”. En los 50 artículos científicos seleccionados, se encontró que las enfermedades de mayor prevalencia fueron las siguientes: Parkinson, daño motor y neuroconductual, cáncer, daño genético, alteraciones del sueño, daño hematológico y síntomas generales como problemas respiratorios, irritación a la piel, dolores de cabeza, dolor de garganta y náuseas. Las evidencias encontradas han demostrado que los plaguicidas tienen efectos agudos, crónicos y a largo plazo en la salud de los agricultores. Por otro lado, la identificación de factores de riesgo asociados al uso de plaguicidas servirá de base para el diseño de intervenciones oportunas y eficaces.

Palabras clave: agricultores – efectos de plaguicidas – Parkinson – salud

INTRODUCCIÓN

La salud de las personas depende mucho de que se den todas las condiciones armoniosas con el ambiente. Sin embargo, en estos últimos años el ser humano se encuentra expuesto a diferentes contaminantes que causa alteración en su salud en general (Bascopé *et al.*, 2019).

Dentro de los contaminantes que causan daño en la salud en general se encuentran los plaguicidas que son usados por las personas que se dedican a la agricultura. Ello se ven en la necesidad de usar los agroquímicos para proporcionar nutrientes y controlar las plagas. Aunque los plaguicidas usados tienen un papel importante para el control de enfermedades en los cultivos, algunos de ellos son considerados de moderada a altamente peligrosos por su toxicidad lo que implica daños a la salud de las personas y al medio ambiente (Guzmán-Plazola *et al.*, 2016).

El uso cotidiano de plaguicidas afecta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales, y sobre todo la salud de los agricultores y comunidades que se encuentran cercanos a una zona de aplicación de agroquímicos. La búsqueda de la productividad como acción prioritaria trae como consecuencia que se ponga en riesgo la sustentabilidad ecológica en todos los seres vivos (García *et al.*, 2018).

Por otro lado, el mal uso de la aplicación de los plaguicidas puede provocar daño en la salud de los trabajadores. Los

efectos negativos más comunes asumidos a estas sustancias son dolores de cabeza, náuseas, vómitos, dolores de estómago y diarreas; sin embargo, la intensidad de estos efectos sobre la salud depende del tipo de plaguicida y su grado de toxicidad, cantidad o dosis de exposición, frecuencias de aplicación y utilización de medidas de protección personal causan daño a los seres humanos si es que no son usados de manera segura (Bin-Sulaiman *et al.*, 2019; Huyen *et al.*, 2020; Marete *et al.*, 2021; Istriningsih *et al.*, 2022;).

En la mayoría de los casos, los agricultores y los aplicadores de los plaguicidas se exponen a diferentes formas de exposición a través de la piel y los ojos y pueden absorber por ingestión por la boca y la nariz (Adamu & Abebe, 2022).

Los agricultores aplican los pesticidas por la necesidad de proteger a sus cultivos, pero muchas veces no toman en cuenta la toxicidad del producto, que trae como consecuencia no solo la contaminación de sus cultivos, suelo, aire y agua, sino que puede ocasionar un gran daño a la salud humana (Muñoz-Quezada *et al.*, 2016).

La literatura científica muestra los diferentes daños a la salud causados por el uso indiscriminado de los plaguicidas (Muñoz *et al.*, 2014; Sankoh *et al.*, 2016; Butinof *et al.*, 2018; Ramírez-Mora *et al.*, 2018; Castillo *et al.*, 2020; Arciniega, 2021; Cohecha *et al.*, 2021; Goeb & Lupi, 2021; Zúñiga-Venegas *et al.*, 2021; Istriningsih *et al.*, 2022), lo cual es relevante para diseñar u orientar

intervenciones efectivas que permitan prevenir estos eventos. En este sentido, se considera pertinente realizar una revisión exhaustiva de la evidencia publicada, teniendo en cuenta los diferentes contextos y analizando la calidad de los estudios realizados, para así determinar hallazgos que fortalezcan las acciones preventivas y ayuden a mantener la salud de los agricultores y de sus familias.

La exposición a plaguicidas provoca diversas patologías crónicas; sin embargo, no existen muchos estudios a nivel latinoamericano y mundial que determine con exactitud el tipo de daño causado por el tipo de químicos utilizados (Burillo-Putze *et al.*, 2014; Weichenthal *et al.*, 2012).

Por ello, el objetivo de esta investigación de revisión fue analizar de forma sistemática las evidencias empíricas disponibles sobre los principales daños causados por los plaguicidas a la salud de los agricultores. Todos ellos con la intención de arrojar luz al panorama actual sobre sobre las principales enfermedades a las que se exponen los trabajadores que hacen uso de los plaguicidas y contribuir a la preservación de su salud.

MATERIALES Y MÉTODOS

En este trabajo se ha llevado a cabo una revisión sistemática de la literatura científica publicada sobre los efectos de los plaguicidas en la salud humana. Para su elaboración, se han seguido las directrices de la declaración PRISMA para la correcta realización de revisiones sistemáticas. A continuación, se detalla el proceso de elaboración en sus distintas fases.

Búsqueda

Las primeras búsquedas combinaron los términos “efectos de los plaguicidas” “plaguicidas y agricultores”, “effects” y “pesticides”, en las bases de datos ScienceDirect, Scielo, Redalyc y PubMed. Posteriormente, se amplió con una combinación, usando los operadores booleanos AND y OR, de los términos “farmers”, “health risk”, “toxicity risk”, “exposure”, “human health”, “environmental damage” “agrotóxicos” e “intoxicações”.

Estas búsquedas arrojaron una cantidad considerable de resultados, bastantes de ellos repetidos o poco útiles para la revisión, pero nos dieron una visión global de la amplitud de la temática y permitieron comprobar que, en torno a ella, se habían realizado diversos estudios sobre todo con más frecuencia en Europa, África, Asia y América.

Debido a que los resultados arrojados por Redalyc fueron los más escasos y no parecían aportar ningún estudio que no estuviera incluido en las otras dos bases de datos, y se decidió su eliminación de la búsqueda sistemática.

Búsqueda sistemática

La búsqueda sistemática se realizó nuevamente entre enero y marzo de 2022, en ScienceDirect, PubMed y Scielo, acotando los resultados a las publicaciones realizadas desde el 2014 (inclusive) hasta la actualidad.

Concretamente se obtuvieron 259 artículos de investigación, 147 resultados en Science Direct, 47 en Scielo y 65 en PubMed entre los años 2014 y 2022. Se buscó información en idioma español, portugués e inglés. Antes de proceder a la selección de artículos, se definieron los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de exclusión:

- Que hablen del impacto de los plaguicidas en la calidad de los productos agrícolas y animales.
- Que se estudie el sesgo en un contexto industrial y químico.

Criterios de inclusión:

- Que se hable de efectos de los plaguicidas en la salud humana.
- Que sean artículos científicos.
- Que se hayan publicado entre el 2014 y 2022.

Según estos criterios, y sólo con la lectura del título y resumen, se consideraron adecuados 50 artículos que cumplieron los criterios de inclusión y se seleccionaron para llevar a cabo la revisión sistemática. Todos ellos señalaban enfermedades causadas por plaguicidas.

A continuación, se presenta el diagrama PRISMA (Figura 1).

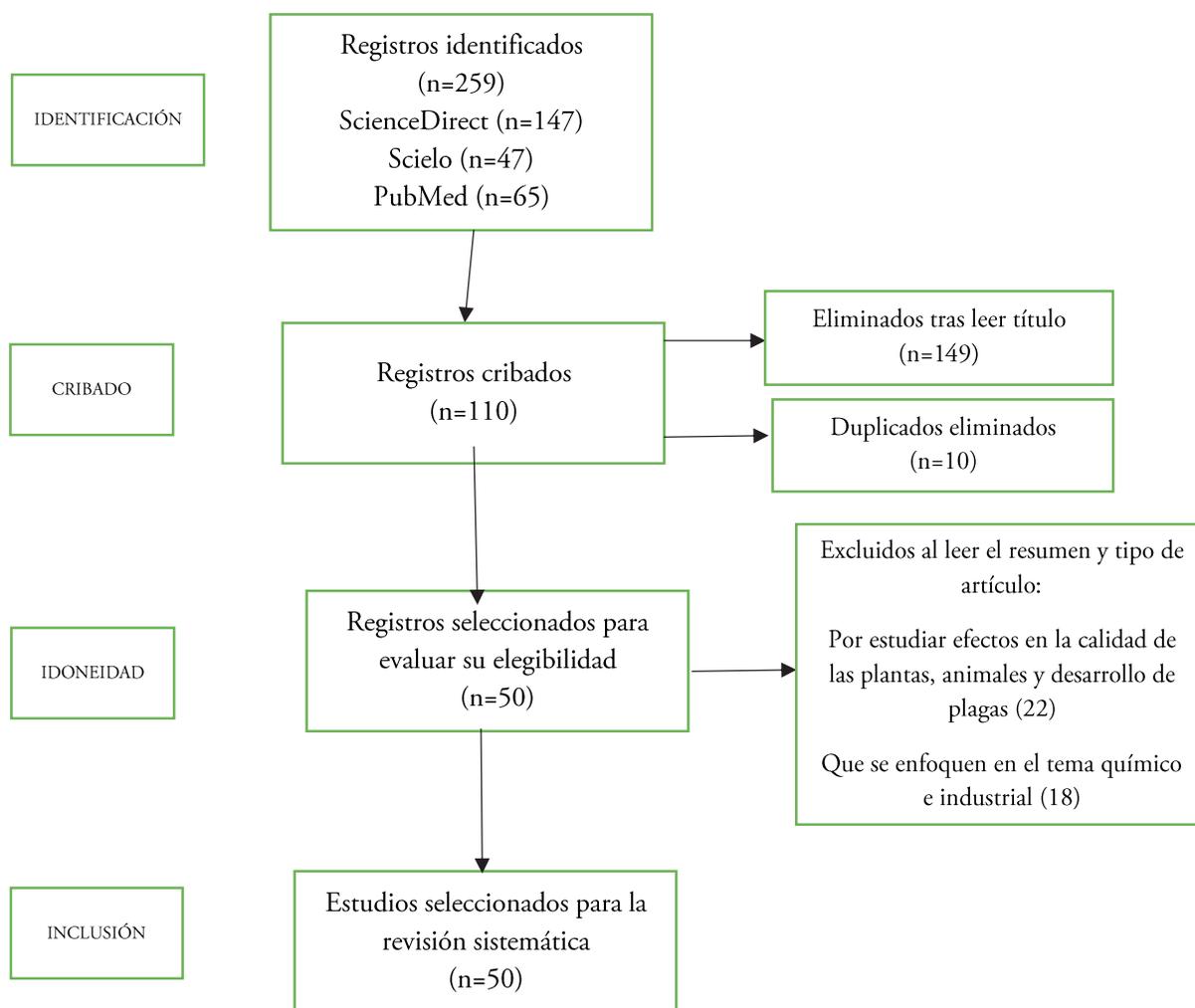


Figura 1. Diagrama PRISMA para la revisión sistemática sobre los principales daños causados por los plaguicidas a la salud de los agricultores.

Aspectos éticos: Los autores declaran que se cumplieron todos los aspectos éticos nacionales e internacionales para efectuar la siguiente revisión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una síntesis de los resultados de los estudios seleccionados puede consultarse en la tabla 1. El análisis que se lleva a continuación sigue el orden que hemos considerado más pertinente para facilitar la comprensión e integración de los resultados.

El análisis con relación al año de estudio mostró que en el 2014 se realizaron tres estudios, en el 2015 dos, en el

2016 cuatro, en el 2017 tres, en el 2018 siete, en el 2019 siete, en el 2020 siete, en el 2021 doce, en el 2022 cinco (Tabla 1).

También, la mayor cantidad de literatura científica fue en Brasil (n=7), Estados Unidos (n=6) seguida de Chile (n=2), China (n=3), México (n=3), Uganda (n=3), Irán (n=3), Tailandia (n=2), Gran Bretaña (n=2), Indonesia (n=3), Argentina (n=1), Colombia (n=1), Bolivia (n=1), Corea del Sur (n=1), España (n=1), Francia (n=1), Ghana (n=1), Grecia (n=2), Kenya (n=1), Malasia (n=1), Países Bajos (1), Sierra Leone (n=1), Suiza (n=1), Venezuela (n=1) y Vietnam (n=1) (Tabla 1).

De los 50 documentos científicos, 42 fueron en el idioma inglés (84%) porque es el idioma de publicación de las

revistas que tratan temas relacionados a los plaguicidas en la salud, siete en español (14%) y uno en Portugués (2%) (Tabla 1).

El buscador ScienceDirect recuperó el mayor número de documentos científicos puesto que es una base de datos multidisciplinar que cubre las áreas temáticas de ciencias de la vida y de la salud, seguido por PubMed que también aborda la cobertura temática de ciencias de la salud (Tabla 1)

De los 50 trabajos seleccionados, la enfermedad de mayor prevalencia observada en seis documentos es el Parkinson (Brouwer *et al.*, 2017; Narayan *et al.*, 2017; Juntarawijit & Juntarawijit, 2018; Dardiotis *et al.*, 2020; Shrestha *et al.*, 2020; Islam *et al.*, 2021), puesto que los compuestos químicos de los plaguicidas afectan a las neuronas y producen daño neuroconductual.

Asimismo, se asoció el uso de plaguicidas al cáncer en cinco documentos científicos (Maryam *et al.*, 2015; Guida *et al.*, 2021; Lerro *et al.*, 2021; Poh *et al.*, 2021; Miao *et al.*, 2021), al daño genético en tres documentos científicos (Miranda-Contreras *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2021; Jacobsen-Pereira *et al.*, 2018;) y un estudio asociado a ideas de suicidio (Kim *et al.*, 2014).

Además, se encontraron estudios que ocasionan síntomas generales en la salud (Burillo-Putze *et al.*, 2014; Povey

et al., 2014; Hoppin *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2018; Choochouy *et al.*, 2019; Wumbei *et al.*, 2019; van den Berg *et al.*, 2020; Marete *et al.*, 2021) como dolor de cabeza, dolor de oído, daño a la piel (Hamka *et al.*, 2021), daño respiratorio, dolor de garganta (Huyen *et al.*, 2020) y náuseas (Sankoh *et al.*, 2016; Istriningsih *et al.*, 2022). Estos síntomas son los que más se presentan en la población de agricultores o aplicadores tal como lo afirman.

Otros estudios estuvieron relacionados con la incidencia de la apnea del sueño (Baumert *et al.*, 2018) y alteración en la duración del sueño y horario para dormir en madres adolescentes jóvenes (Zamora *et al.*, 2022). Estos estudios están asociados al daño neuroconductual encontrado en otros estudios científicos (Fuhrmann *et al.*, 2021; Pawestri & Sulistyaningsih, 2021; Patel & Sangeeta, 2019; Sapbamrer *et al.*, 2019; Muñoz-Quezada *et al.*, 2016). Otros estudios están relacionados a daños ocasionados en la sangre como efecto del tiempo de uso de los plaguicidas en agricultores (Galindo-Reyes & Alegria, 2018; Piccoli *et al.*, 2019) y daño endocrino (Londoño *et al.*, 2018; Bernieri *et al.*, 2019).

De los 50 artículos revisados la mayoría tomó como muestra a poblaciones de varones y solo tres estudios incluyeron mujeres en sus investigaciones científicas (Jacobsen-Pereira *et al.*, 2018; Miao *et al.*, 2021; Zamora *et al.*, 2022) debido que la mayoría de personas que trabajan en actividades agrícolas son del sexo masculino.

Tabla 1. Publicaciones consideradas según el año de publicación de los artículos relacionados con los efectos de los plaguicidas en la salud de los agricultores.

Autor	Año	País	Muestra	Buscador	Efecto en la salud
Dong <i>et al.</i>	2022	China	60 muestras de leche materna	Science Direct	Leche materna contaminada, pero no se encontró daños comprobados a la salud. Se requiere futuros estudios
Intriningish <i>et al.</i>	2022	Indonesia	298 agricultores	Science Direct	Mareo, náusea y vómito
Fuhrmann <i>et al.</i>	2022	Uganda	288 agricultores	Science Direct	Daño en la memoria visual y función motora
Benavides-Piracón <i>et al.</i>	2022	Colombia	232 niños	Science Direct	Bajo índice de inteligencia y capacidad cognitiva
Zamora <i>et al.</i>	2022	México	137 madres adolescentes	Science Direct	Alteraciones en el sueño

Continúa Tabla 1

Continúa Tabla 1

Hamka <i>et al.</i>	2021	Indonesia	68 agricultores	Science Direct	Enfermedad ocupacional. Daños en la piel
Islam <i>et al.</i>	2021	Irán	-	Science Direct	Parkinson y Alzheimer
Sookhtanlou <i>et al.</i>	2021	Iran	370 agricultores	Science Direct	Alto riesgo en la salud
Marete <i>et al.</i>	2021	Kenya	60 agricultores	Science Direct	Efectos en la salud después de usar los plaguicidas
Miao <i>et al.</i>	2021	China	313 mujeres	Science Direct	Cáncer de mama
Poh <i>et al.</i>	2021	Estados Unidos	Registro de cáncer de California	Science Direct	Cáncer linfático
Pawestri & Sulistyaningsi	2021	Indonesia	90 agricultores	Science Direct	Daño neuroconductual
Guida <i>et al.</i>	2021	Brazil	2 regiones de Brazil	Science Direct	Riesgo de cáncer
Fuhrimann <i>et al.</i>	2021	Uganda	288 agricultores	Science Direct	Daño neuroconductual
Costa <i>et al.</i>	2021	Brazil	90 muestras de agricultores	Science Direct	Daño en el ADN
Andersson & Isgren	2021	Uganda	167 agricultores (50 mujeres y 117 hombres)	Science Direct	Daño general a la salud
Lerro <i>et al.</i>	2021	Carolina del Norte, Estados Unidos	Cohorte de aplica- dores de Carolina del Norte	Science Direct	Cáncer de tiroides
Dardiotis <i>et al.</i>	2020	Grecia	104 pacientes	Science Direct	Parkinson
Van Den Berg <i>et al.</i>	2020	Suiza	194 países	Science Direct	Riesgo a la salud en todo el ciclo del pesticida
Moshou <i>et al.</i>	2020	Grecia	Muestras de san- gre	Science Direct	Daño genotóxico
Huyen <i>et al.</i>	2020	Vietnam	300 agricultores	Science Direct	Enfermedad a los ojos, oídos, garganta, piel e intestinales
Shrestha <i>et al.</i>	2020	Estados Unidos	38274 aplicadores y 27836 esposas	Science Direct	Parkinson
Buralli <i>et al.</i>	2020	Brazil	78 agricultores	PubMed	Síntomas de daño men- tal
Bascope <i>et al.</i>	2020	Bolivia	Agricultores de Soya del municipio de San Pedro	Scielo	Riesgo en la salud en general
Butinof <i>et al.</i>	2019	Argentina	47 agricultores	Science Direct	Síntomas cardiorrespiratorios y dermatológicos así como daño genotóxico
Sapbamrer <i>et al.</i>	2019	Tailandia	134 agricultores	Science Direct	Daño motor y sensorial

Continúa Tabla 1

Continúa Tabla 1

Bin-Sulaiman <i>et al.</i>	2019	Malasia	270 agricultores	PubMed	Vómitos, diarrea y daños a la piel
Wumbei <i>et al.</i>	2019	Ghana	100 agricultores	PubMed	Potenciales efectos en la salud general
Bernieri <i>et al.</i>	2019	Brazil	46 agricultores	PubMed	Daño endocrino
Choochouy <i>et al.</i>	2019	Gran Bretaña	172 agricultores	PubMed	Daño al oído
Piccoli <i>et al.</i>	2019	Brazil	274 agricultores	PubMed	Daño hematológico
Baumert <i>et al.</i>	2018	Estados Unidos	1569 aplicadores	Science Direct	Apnea del sueño
Ramírez-Mora <i>et al.</i>	2018	México	109 productores de caña de azúcar	Scielo	Disrupción endócrina e inmunitaria, daños al sistema nervioso central y periférico, y carcinogénesis.
Galindo-Reyes & Alegria	2018	México	Muestra de sangre y orina de 49 agricultores	Scielo	Daño en la sangre (Hemoglobina)
Oliveira <i>et al.</i>	2018	Brazil	339 trabajadores rurales	Scielo	Intoxicación y daño a la salud en general
Juntarawijit & Juntarawijit	2018	Tailandia	866 agricultores	PubMed	Asociación con diabetes
Londoño <i>et al.</i>	2018	Bogota	819 participantes	PubMed	Hipotiroidismo
Jacobsen-Pereira	2018	Brazil	20 hombres y 26 mujeres	PubMed	Daño genético
Narayan <i>et al.</i>	2017	California	360 casos de Parkinson	Science Direct	Parkinson
Brouwer <i>et al.</i>	2017	Países Bajos	352 casos	Science Direct	Parkinson
Hoppin <i>et al.</i>	2017	Carolina del Norte	22134 agricultores	PubMed	Efectos respiratorios
Muñoz-Quezada <i>et al.</i>	2016	Chile	93 agricultores expuestos y 84 personas no expuestas	Science Direct	Efectos en la comprensión verbal
Sankoh <i>et al.</i>	2016	Sierra Leone, África	500 agricultores y 100 trabajadores de salud	Science Direct	Naúseas, daño respiratorio y visión borrosa
Guzmán-Plazola <i>et al.</i>	2016	Chile	Estadísticas (2001-2010) brindada por el Sector Salud	Scielo	Intoxicación y daño a la salud en general

Continúa Tabla 1

Continúa Tabla 1

Huang <i>et al.</i>	2016	China	224 agricultores	PubMed	Daño general a la salud
Miranda-Contreras <i>et al.</i>	2015	Venezuela	64 agricultores y 64 hombres control.	Scielo	Alteraciones en la calidad espermática, creando riesgo para la capacidad reproductiva de los trabajadores del campo.
Maryam <i>et al.</i>	2015	Iran	314 sujetos diagnosticados con leucemia (94 casos pediátricos y 230 adultos)	PubMed	Leucemia
Burillo-Putze	2014	España	363 muestras de suero de adultos	Science Direct	Exposición inadvertida a plaguicidas no persistentes que puede afectar a la salud
Kim <i>et al.</i>	2014	Corea del Sur	1958 agricultores	Science Direct	Ideas de suicidio
Povey <i>et al.</i>	2014	Gran Bretaña	Base de datos de agricultores de 1970	Science Direct	Mala salud en general

Este documento de revisión resume los hallazgos más recientes que describen la asociación entre la exposición a los plaguicidas y los efectos relacionados con la salud en los agricultores y trabajadores que participan regularmente en actividades agrícolas.

Estudios de todo el mundo han demostrado los efectos negativos para la salud de los pesticidas de uso común en la ocupación agrícola. Se ha identificado la relación entre la exposición a plaguicidas y el desarrollo de una amplia variedad de enfermedades que van desde efectos respiratorios, Parkinson y hasta varios tipos de cáncer. Aunque la información publicada no incluye todas las variables que pueden ayudar en la evaluación del riesgo de exposición, el riesgo real asociado con la exposición a plaguicidas está bien establecido.

Recomendamos que se realicen intervenciones educativas en el sector agrario para mejorar las prácticas que garanticen el uso y manejo seguro de los plaguicidas y se realicen estudios sobre los efectos de estas sustancias químicas en Latinoamérica y sobre todo en Perú. Así los agricultores pueden ganar control en el proceso de implementar cambios en su comportamiento relacionado con la reducción del uso de plaguicidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamu, A. & Abebe, W. 2022. Practices and challenges of wheat producer farmers on safe pesticide use in Basoliben district, East Gojjam zone, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21: 43-50.
- Andersson, E. & Isgren, E. 2021. Gambling in the garden: Pesticide use and risk exposure in Ugandan smallholder farming. *Journal of Rural Studies*, 82: 76-86.
- Arciniega, M. 2021. Riesgos a la salud por exposición a plaguicidas químicos en trabajadores agrícolas del Valle del Carrizo, Ahome, Sinaloa. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 4: 4395-4407.
- Bascopé, R.; Bickel, U. & Jacobi, J. 2019. Plaguicidas químicos usados en el cultivo de soya en el Departamento de Santa Cruz, Bolivia: riesgos para la salud humana y toxicidad ambiental. *Acta Nova*, 9: 386-416.
- Baumert, B.; Carnes, M.; Hoppin, J.; Jackson, C.; Sandler, D.; Freeman, L.; Henneberger, P.K.; Umbach, D.M.; Shrestha, S.; Long, S. & London, S. 2018. Sleep apnea and pesticide exposure in a study of US farmers. *Sleep Health*, 4: 20-26.

- Benavides-Piracón, J. A.; Hernández-Bonilla, D.; Menezes-Filho, J. A.; van Wendel de Joode, B.; Lozada, Y. A. V.; Bahia, T. C.; Quintana-Cortes, M.A.; Molina-Achury, N.J.; Moya-Muñoz, I.A. & Pardo, M. A. H. 2022. Prenatal and postnatal exposure to pesticides and school-age children's cognitive ability in rural Bogotá, Colombia. *NeuroToxicology*, 90: 112-120.
- Bernieri, T.; Rodrigues, D.; Barbosa, I. R.; Ardenghi, P. G. & Basso da Silva, L. 2019. Occupational exposure to pesticides and thyroid function in Brazilian soybean farmers. *Chemosphere*, 218: 425-429.
- Bin-Sulaiman, S. K.; Ibrahim, Y. & Jeffree, M. S. 2019. Evaluating the perception of farmers towards pesticides and the health effect of pesticides: A cross-sectional study in the oil palm plantations of Papar, Malaysia. *Interdisciplinary Toxicology*, 12: 15-25.
- Brouwer, M.; Huss, A.; van der Mark, M.; Nijssen, P. C. G.; Mulleners, W. M.; Sas, A. M. G.; van Laar, T.; de Snoo, G.R.; Kromhout, S.H.; Vermeulen, R.C.H. & Vermeulen, R. C. H. 2017. Environmental exposure to pesticides and the risk of Parkinson's disease in the Netherlands. *Environment International*, 107: 100-110.
- Buralli, R.J.; Ribeiro, H.; Iglesias, V.; Muñoz-Quezada, M.T.; Leão, R.S.; Marques, R.C.; Almeida, M.M.C. & Guimarães, J.R.D. 2020. Occupational exposure to pesticides and health symptoms among family farmers in Brazil. *Revista Saude Publica*, 54: 133.
- Burillo-Putze, G.; Luzardo, O. P.; Pérez García, C.; Zumbado, M.; Yanes, C.; Trujillo-Martín, M. d. M.; Fernández del Campo, C.B. & Boada, L. D. 2014. Exposición a plaguicidas persistentes y no persistentes en población no expuesta laboralmente de la isla de Tenerife. *Gaceta Sanitaria*, 28: 301-304.
- Butinof, M.; Fernández, R.; Lerda, D.; Lantieri, M. J.; Filippi, I. & Díaz, M. d. P. 2018. Biomonitoring in exposure to pesticides and its contribution to epidemiological surveillance in agroapplicators in Córdoba, Argentina. *Gaceta Sanitaria*, 33: 216-221.
- Castillo, B.; Ruiz, J.; Manrique, M. & Pozo, C. 2020. Contaminación por plaguicidas agrícolas en campos de cultivos en Cañete, Perú. *Revista Espacios*, 41: 11.
- Choochouy, N.; Kongtip, P.; Chantanakul, S.; Nankongnab, N.; Sujirarat, D. & Woskie, S. R. 2019. Hearing loss in agricultural workers exposed to pesticides and noise. *Annals of Work Exposures and Health*, 63: 707-718.
- Cohecha, A.; Niño, S. & De Arco-Canales, O. 2021. Efectos en la salud de los agricultores latinoamericanos expuestos a plaguicidas: una revisión sistemática 1991 – 2018. *Revista de Toxicología*, 38: 22-28.
- Costa, M. B.; Farias, I. R.; da Silva Monte, C.; Filho, L. I. P. F.; de Paula Borges, D.; de Oliveira, R. T. G.; Ribeiro-Junior, H.L.; Meira-Magalhães, S.M.; Pinheiro, R. F. 2021. Chromosomal abnormalities and dysregulated DNA repair gene expression in farmers exposed to pesticides. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 82: 103564.
- Dardiotis, E.; Aloizou, A.-M.; Sakalakis, E.; Siokas, V.; Koureas, M.; Xiromerisiou, G.; Petinaki, E.; Wilks, M.; Tsatsakis, A.; Hadjichristodoulou, C.; Stefanis, L. & Hadjigeorgiou, G. M. 2020. Organochlorine pesticide levels in Greek patients with Parkinson's disease. *Toxicology Reports*, 7: 596-601.
- Dong, Y.; Yin, S.; Zhang, J.; Guo, F.; Aamir, M.; Liu, S.; Liu, K. & Liu, W. 2022. Exposure patterns, chemical structural signatures, and health risks of pesticides in breast milk: A multicenter study in China. *Science of The Total Environment*, 830: 154617. Fuhrmann, S.; Farnham, A.; Staudacher, P.; Atuhaire, A.; Manfioletti, T.; Niwagaba, C. B., Namirembe, S.; Mugweri, J.; Winkler, M.S.; Portengen, L.; Kromhout, H. & Mora, A. M. 2021. Exposure to multiple pesticides and neurobehavioral outcomes among smallholder farmers in Uganda. *Environment International*, 152: 106477.
- Fuhrmann, S.; van den Brenk, I.; Atuhaire, A.; Mubezi, R.; Staudacher, P.; Huss, A. & Kromhout, H. 2022. Recent pesticide exposure affects sleep: A cross-sectional study among smallholder farmers in Uganda. *Environment International*, 158: 106878.
- Galindo-Reyes, J. G. & Alegria, H. 2018. Toxic effects of exposure to pesticides in farm workers in Navolato, Sinaloa (México). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34: 505-516.

- García, J.; Leyva, J.; Martínez, I. & Hernández, M. 2018. Estado actual de la investigación sobre plaguicidas en México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34: 29-60.
- Goeb, J. & Lupi, F. 2021. Showing pesticides' true colors: The effects of a farmer-to-farmer training program on pesticide knowledge. *Journal of Environmental Management*, 279: 111821.
- Guida, Y.; Carvalho, G. O. d.; Capella, R.; Pozo, K.; Lino, A. S.; Azeredo, A.; Carvalho, D.F.P.; Braga, A.L.F.; Torres, J.P.M. & Meire, R. O. 2021. Atmospheric occurrence of organochlorine pesticides and inhalation cancer risk in urban areas at southeast Brazil. *Environmental Pollution*, 271: 116359.
- Guzmán-Plazola, P.; Guevara-Gutiérrez, R. D.; Olguin-López, J. L. & Mancilla-Villa, O. R. 2016. Perspectiva campesina, intoxicaciones por plaguicidas y uso de agroquímicos. *Idesia (Arica)*, 34: 69-80.
- Hamka, U. T. N.; Sillehu, S.; Pelu, A. D.; Djarami, J.; Tukiman, S.; Tunny, I.R.; Tuharea, A. & Cahyawati, S. 2021. Analyzing the use of pesticides on health complaints of farmers in Waihatu Village, Indonesia. *Gaceta Sanitaria*, 35: S23-S26.
- Huang, X.; Zhang, C.; Hu, R.; Li, Y.; Yin, Y.; Chen, Z.; Cai, J.; Cui, F. 2016. Association between occupational exposures to pesticides with heterogeneous chemical structures and farmer health in China. *Scientific Reports*, 6: 25190.
- Hoppin, J. A.; Umbach, D. M.; Long, S.; London, S. J.; Henneberger, P. K.; Blair, A.; Alavanja, M.; Freeman, L.E.B. & Sandler, D. P. 2017. Pesticides are Associated with Allergic and Non-Allergic Wheeze among Male Farmers. *Environmental Health Perspectives*, 125: 535-543.
- Huyen, V. N.; Van Song, N.; Thuy, N. T.; Dung, L. T. P. & Hoan, L. K. 2020. Effects of pesticides on farmers' health in Tu Ky district, Hai Duong province, Vietnam. *Sustainable Futures*, 2: 100026.
- Islam, M. S.; Azim, F.; Saju, H.; Zargarán, A.; Shirzad, M.; Kamal, M.; Fatema, K.; Rehman, S.; Azad, M.A.M. & Ebrahimi-Barough, S. 2021. Pesticides and Parkinson's disease: Current and future perspective. *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 115: 101966.
- Istriningsih, Dewi, Y. A.; Yulianti, A.; Hanifah, V. W.; Jamal, E.; Dadang; Sarwani, M.; Mardiharini, M.; Anugrah, I. S.; Darwis, V.; Suib, E.; Herteddy, D.H.; Sutriadi, M.T.; Kurnia, A. & Harsanti, E. S. 2022. Farmers' knowledge and practice regarding good agricultural practices (GAP) on safe pesticide usage in Indonesia. *Heliyon*, 8: e08708.
- Jacobsen-Pereira, C.H.; Dos Santos, C. R.; Troina-Maralis, F.; Pimentel, L.; Feijó, A. J. L.; Silva, C.I.; da Silva de Medeiros, G.; Zeferino, R.C.; Pedrosa, R.C. & Maluf, S.W. 2018. Markers of genotoxicity and oxidative stress in farmers exposed to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148: 177-183.
- Jacobsen-Pereira, H.C.; Dos Santos, C.R.; Troina-Maralis, F.; Pimentel, L.; Feijó, A.J.L.; Iomara-Silva, C.; Silva de Medeiros, G.; Costa-Zeferino, R.; Curi-Pedrosa, R. & Maluf, S.W. 2018. Markers of genotoxicity and oxidative stress in farmers exposed to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148: 177-183.
- Jantarawijit, C. & Jantarawijit, Y. 2018. Association between diabetes and pesticides: a case-control study among Thai farmers. *Environmental Health and Preventive Medicine*, 23: 3.
- Kim, J.; Shin, D.H. & Lee, W. J. 2014. Suicidal ideation and occupational pesticide exposure among male farmers. *Environmental Research*, 128: 52-56.
- Lerro, C. C.; Beane Freeman, L. E.; DellaValle, C. T.; Andreotti, G.; Hofmann, J. N.; Koutros, S.; Parks, C.G.; Shrestha, S.; Alavanja, M.C.R.; Blair, A.; Lubin, J.H.; Sandler, D.P. & Ward, M. H. 2021. Pesticide exposure and incident thyroid cancer among male pesticide applicators in agricultural health study. *Environment International*, 146: 106187.
- Londoño Á, L.; Restrepo, B.; Sánchez, J. F.; García-Ríos, A.; Bayona, A. & Landázuri, P. 2018. Pesticides and hypothyroidism in farmers of plantain and coffee growing areas in Quindío, Colombia. *Revista de Salud Pública (Bogotá)*, 20: 215-220.
- Marete, G. M.; Lalah, J. O.; Mputhia, J. & Wekesa, V. W. 2021. Pesticide usage practices as sources of occupational exposure and health impacts on horticultural farmers in Meru County, Kenya. *Heliyon*, 7: e06118.
- Maryam, Z.; Sajad, A.; Maral, N.; Zahra, L.; Sima, P.; Zeinab, A.; Zahra, M.; Fariba, E.; Sezaneh, H.

- & Davood, M. 2015. Relationship between exposure to pesticides and occurrence of acute leukemia in Iran. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16: 239-244.
- Miao, Y.; Rong, M.; Li, M.; He, H.; Zhang, L.; Zhang, S.; Liu, C.; Zhu, Y.; Deng, Y.L.; Chen, P.P.; Zeng, J.Y.; Zhong, R.; Mei, S.R.; Miao, X.P. & Zeng, Q. 2021. Serum concentrations of organochlorine pesticides, biomarkers of oxidative stress, and risk of breast cancer. *Environmental Pollution*, 286: 117386.
- Miranda-Contreras, L.; Cruz, I.; Osuna, J.; Gómez-Pérez, R.; Berrueta, L.; Salmen, S.; Colmenares, M.; Barreto, S.; Balza, A.; Morales, Y.; Zavala, L.; Labarca, E.; García, N.; Sanchez, B.; Contreras, C.A. & Andrade, H. 2015. Efectos de la exposición ocupacional a plaguicidas sobre la calidad del semen en trabajadores de una comunidad agrícola del estado Mérida, Venezuela. *Investigación Clínica*, 56: 123-126.
- Moshou, H.; Karakitsou, A.; Yfanti, F.; Hela, D.; Vlastos, D.; Paschalidou, A. K.; Kassomenos, P. & Petrou, I. 2020. Assessment of genetic effects and pesticide exposure of farmers in NW Greece. *Environmental Research*, 186: 109558.
- Muñoz, M.; Lucero, B.; Iglesias, V. & Muñoz, M. 2014. Vías de exposición a plaguicidas en escolares de la Provincia de Talca. *Gaceta Sanitaria*, 28: 190-195.
- Muñoz-Quezada, M. T.; Lucero, B.; Iglesias, V.; Muñoz, M. P.; Achú, E.; Cornejo, C.; Concha, C.; Grillo, A. & Brito, A. M. 2016. Organophosphate pesticides and neuropsychological and motor effects in the Maule Region, Chile. *Gaceta Sanitaria*, 30: 227-231.
- Narayan, S.; Liew, Z.; Bronstein, J. M. & Ritz, B. 2017. Occupational pesticide use and Parkinson's disease in the Parkinson Environment Gene (PEG) study. *Environment International*, 107: 266-273.
- Oliveira, C.; Braga, R.; Guedes, J.; Da Silva, L.; Melo, C.; De Assis, A. & Lemos, G. 2018. Avaliação do efeito do uso de agrotóxicos sobre a saúde de trabalhadores rurais da fruticultura irrigada. *Ciência & Saúde Coletiva*, 24: 3117-3128.
- Patel, S. & Sangeeta, S. 2019. Pesticides as the drivers of neuropsychotic diseases, cancers, and teratogenicity among agro-workers as well as general public. *Environmental Science and Pollution Research*, 26: 91-100.
- Pawestri, I. N. & Sulistyaningsih, E. 2021. Neurobehavioral performance of Indonesian farmers and its association with pesticide exposure: A cross-sectional study. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 11: 100754.
- Piccoli, C.; Cremonese, C.; Koifman, R.; Koifman, S. & Freire, C. 2019. Occupational exposure to pesticides and hematological alterations: A survey of farm residents in the South of Brazil. *Ciência & Saúde coletiva*, 24: 2325-2340.
- Poh, C.; McPherson, J. D.; Tuscano, J.; Li, Q.; Parikh-Patel, A.; Vogel, C. F.; Cockburn, M. & Keegan, T. 2021. Effect of Pesticide Exposure on Non-Hodgkin Lymphoma Incidence and Survival in California. *Blood (Supplement 1)*, 138: 5006.
- Povey, A. C.; McNamee, R.; Alhamwi, H.; Stocks, S. J.; Watkins, G.; Burns, A. & Agius, R. 2014. Pesticide exposure and screen-positive neuropsychiatric disease in British sheep farmers. *Environmental Research*, 135: 262-270.
- Ramírez-Mora, E.; Vásquez, A.; Landeros, C.; Martínez-Dávila, J. P.; Villanueva-Jimenez, J. A. & Lagunez-Espinoza, L. D. C. 2018. Uso histórico de plaguicidas en caña de azúcar del DR035 La Antigua, Veracruz. *Acta Universitaria*, 28: 42-49.
- Sankoh, A. I.; Whittle, R.; Semple, K. T.; Jones, K. C. & Sweetman, A. J. 2016. An assessment of the impacts of pesticide use on the environment and health of rice farmers in Sierra Leone. *Environment International*, 94: 458-466.
- Sapbamrer, R.; Hongsihsong, S.; Sittitoon, N. & Amput, P. 2019. DNA damage and adverse neurological outcomes among garlic farmers exposed to organophosphate pesticides. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 72: 103241.
- Shrestha, S.; Parks, C. G.; Umbach, D. M.; Richards-Barber, M.; Hofmann, J. N.; Chen, H.; Blair, A.; Freeman, L.E.B. & Sandler, D. P. 2020. Pesticide use and incident Parkinson's disease in a cohort of farmers and their spouses. *Environmental Research*, 191: 110186.
- Sookhtanlou, M.; Allahyari, M. S. & Surujlal, J. 2021. Health risk of potato farmers exposed to overuse of chemical pesticides in Iran. *Safety and Health at Work*, 13: 23-31.

- Van Den Berg, H.; Gu, B.; Grenier, B.; Kohlschmid, E.; Al-Eryani, S.; da Silva-Bezerra, H. S.; Nagpal, B.N.; Chanda, E.; Gasimov, E.; Velayudhan, R. & Yadav, R. S. 2020. Pesticide lifecycle management in agriculture and public health: Where are the gaps? *Science of The Total Environment*, 742: 140598.
- Weichenthal, S.; Moase, C. & Chan, P. 2012. A review of pesticide exposure and cancer incidence in the agricultural health study cohort. *Ciência & Saúde Coletiva*, 17: 255-270.
- Wumbei, A.; Houbraken, M. & Spanoghe, P. 2019. Pesticides use and exposure among yam farmers in the Nanumba traditional area of Ghana. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191: 307.
- Zamora, A. N.; Watkins, D. J.; Peterson, K. E.; Téllez-Rojo, M. M.; Hu, H.; Meeker, J. D., Cantoral, A.; Mercado-García, A. & Jansen, E. C. 2022. Prenatal maternal pesticide exposure in relation to sleep health of offspring during adolescence. *Environmental Research*, 204: 111977.
- Zúñiga-Venegas, L.; Saracini, C.; Pancetti, F.; Muñoz-Quezada, M. T.; Lucero, B.; Foerster, C. & Cortés, S. 2021. Exposición a plaguicidas en Chile y salud poblacional: urgencia para la toma de decisiones. *Gaceta Sanitaria*, 35: 480-487.

Received April 23, 2022.

Accepted June 9, 2022.