

## **Análisis Bibliométrico Acerca de la Contaminación por Organo-Fosforados en Cuerpos de Agua en Colombia, sus Implicaciones, Afectaciones Especialmente de Origen de Fertilizantes en Suelos Agrícolas**

**Gina Carolina Posada C<sup>1</sup>**

[gcposada@sena.edu.co](mailto:gcposada@sena.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-2494-911X>

MSc. Centro Agropecuario La Granja  
Servicio Nacional de Aprendizaje, Espinal  
Colombia

**Javier Andrés Quintero**

[jaquintero@sena.edu.co](mailto:jaquintero@sena.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-8879-6095>

MSc. Centro Agropecuario La Granja  
Servicio Nacional de Aprendizaje, Espinal  
Colombia

**Diana Palacios-Arrieta**

[dpalaciosa@sena.edu.co](mailto:dpalaciosa@sena.edu.co)

<https://orcid.org/0000-0002-3660-5875>

MSc Gestión ambiental  
Centro Agropecuario La Granja  
Servicio Nacional de Aprendizaje, Espinal  
Colombia

**Juan Manuel Páez Ciro**

[juanpaci85@hotmail.com](mailto:juanpaci85@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1774-1393>

MSc. Centro Agropecuario La Granja  
Servicio Nacional de Aprendizaje, Espinal  
Colombia

### **RESUMEN**

La contaminación por organofosfatos, causada por el exceso de compuestos químicos organofosforados utilizados como pesticidas, plantea riesgos para la salud y el medio ambiente. Estos químicos, persistentes y tóxicos, pueden afectar la salud humana, la biodiversidad y la economía local. Para abordar este problema, es crucial promover prácticas más sostenibles y desarrollar alternativas menos perjudiciales. Además, en el sector agrícola, el uso indiscriminado de plaguicidas representa un riesgo laboral, con efectos adversos variables según el tipo de plaguicida y las medidas de protección empleadas. Este estudio tiene como objetivo realizar un análisis bibliométrico sobre la contaminación por organofosfatos en cuerpos de agua en Colombia, evaluando sus implicaciones y efectos, especialmente aquellos relacionados con fertilizantes en suelos agrícolas.

**Palabras clave:** *contaminación; biorremediación; efluente; tratamiento*

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [gcposada@sena.edu.co](mailto:gcposada@sena.edu.co)

# **Bibliometric Analysis of Organophosphate Contamination in Water Bodies in Colombia, its Implications, Effects Especially from the Origin of Fertilizers in Agricultural Soils**

## **ABSTRACT**

Organophosphate pollution, caused by excess organophosphate chemical compounds used as pesticides, poses health and environmental risks. These persistent and toxic chemicals can affect human health, biodiversity and the local economy. To address this issue, it is crucial to promote more sustainable practices and develop less harmful alternatives. Furthermore, in the agricultural sector, the indiscriminate use of pesticides represents an occupational risk, with variable adverse effects depending on the type of pesticide and the protection measures used. This study aims to carry out a bibliometric analysis on organophosphate contamination in water bodies in Colombia, evaluating its implications and effects, especially those related to fertilizers in agricultural soils.

*Key words: contamination; effluent; treatment*

*Artículo recibido 15 setiembre 2023  
Aceptado para publicación: 28 octubre 2023*

## INTRODUCCIÓN

La contaminación por organofosforados es el resultado de la presencia excesiva de compuestos químicos organofosforados en el medio ambiente (Chrinós et al., 2020). Estos compuestos se utilizan comúnmente como pesticidas, plaguicidas y agentes tóxicos para matar insectos y otros animales no deseados (Rosero, 2022). Sin embargo, su uso excesivo puede tener efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente, incluyendo la contaminación del agua, la degradación de suelos y la muerte de animales no objetivo (Quezada et al., 2022). Para reducir la contaminación por organofosforados, se recomienda el uso de alternativas menos tóxicas y la implementación de regulaciones y prácticas más sostenibles en la industria agrícola y de pesticidas (Madrigal et al., 2019; Vilaplana y Bueno, 2022).

Los organofosforados son tóxicos y persistentes, lo que significa que pueden persistir en el medio ambiente durante años después de su uso y dañar la salud de los animales y los seres humanos que entran en contacto con ellos (Muñoz et al., 2020). La contaminación por organofosforados también puede contribuir a la degradación de los suelos y la contaminación de los recursos hídricos, lo que puede tener graves consecuencias para la biodiversidad y la economía local (Henaó et al., 2021). Para abordar este problema, es necesario un enfoque global que promueva prácticas más sostenibles y la investigación y desarrollo de alternativas más seguras (Henaó et al., 2021; Cabrera, 2020).

Domínguez y González (2022), definen los riesgos como aquellos elementos, eventos o acciones humanas que puede provocar daño en la salud de los trabajadores, en el sector rural uno de los riesgos por falta de medidas preventivas es el manejo y uso indiscriminado de plaguicidas. Según Bejarano 20112, 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 (Díaz y Muñoz, 2013).

El objetivo del presente trabajo se centra en realizar un análisis bibliométrico acerca de la contaminación por organo-fosforados en cuerpos de agua en Colombia, sus implicaciones, afectaciones especialmente de origen de fertilizantes en suelos agrícolas.

## **MÉTODOS**

Para el desarrollo del presente trabajo se opta por hacer uso de la investigación cualitativa, este es un enfoque de investigación en el que se busca comprender y explicar fenómenos sociales y humanos a través del análisis de datos no numéricos, como entrevistas, observaciones, discursos, textos, entre otros. La investigación cualitativa se enfoca en el significado que los participantes le otorgan a su experiencia y en la comprensión de los fenómenos en su contexto natural. El objetivo principal es desarrollar una comprensión profunda y detallada de los temas de estudio, y se utiliza a menudo en disciplinas sociales, humanas y educativas. A diferencia de la investigación cuantitativa, que se basa en la recolección y análisis de datos numéricos, la investigación cualitativa se basa en la recolección y análisis de datos no numéricos (Urbina, 2020).

Por otro lado, se hizo uso de la revisión documental, que es un proceso de investigación en el que se examinan y analizan documentos relevantes para un tema específico. Se trata de una técnica utilizada para recopilar y evaluar la información existente en fuentes secundarias, como libros, artículos de revistas, informes gubernamentales, tesis, entre otros. La revisión documental se utiliza a menudo como una etapa inicial en un proyecto de investigación, para establecer una base de conocimiento y para determinar la dirección futura de la investigación.

Esta permite a los investigadores evaluar la calidad y relevancia de la información disponible, identificar las tendencias y patrones en la literatura existente, y desarrollar una comprensión general de un tema de investigación. Además, la revisión documental puede ayudar a identificar lagunas en el conocimiento existente y proporcionar ideas para futuros estudios. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la revisión documental tiene sus limitaciones y es importante considerar otros tipos de investigación para obtener una visión completa y precisa del tema.

## **RESULTADOS**

En Colombia, la contaminación por organofosfatos es un problema relevante, especialmente en zonas agrícolas donde se utilizan ampliamente como pesticidas y plaguicidas. El uso excesivo de estos compuestos ha llevado a la contaminación de suelos y agua, y ha tenido efectos negativos en la salud de las personas y los animales que viven en las zonas afectadas. Además, la falta de regulaciones adecuadas y la falta de conciencia sobre los riesgos ambientales y de salud asociados con estos compuestos, han

agravado la situación. Para abordar este problema, se requiere una mayor regulación y control del uso de organofosfatos en Colombia, así como la educación y concientización de la población sobre los riesgos asociados con su uso. También es necesario apoyar el desarrollo y uso de alternativas más seguras y sostenibles en la industria agrícola.

Los plaguicidas organofosforados de mayor uso en Colombia, clasificados por su principio activo son: Dieldrin, Mevinfos, Monocrofos, Metilparation, Paration, tamidofos (clase I), Diazinon Fention Profenofos (clase II) y Malation (Clase III) y Álvarez, Hernández & Ríos (2017) citan que los organofosforados más estudiados en las investigaciones sobre su degradación por microorganismos son: clorpirifós, fenamifos, tributil fosfato, malatión, metil paratión y fenitrotión, coincidiendo con varios de los plaguicidas reportados por Navas (2017) y por la Superintendencia de Industria y Comercio (2013) en el estudio sobre plaguicidas en Colombia.

En una investigación de Hernández et al. (2021), se encontró que el análisis de plaguicidas organoclorados y organofosforados, para conocer la influencia de las actividades agrícolas. el objetivo de este trabajo fue determinar el índice de calidad del agua (ICA) y establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes fuentes antropogénicas, para establecer origen común de contaminación. Se tomaron muestras en seis estaciones, en el periodo seco y húmedo del 2018. Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se analizaron empleando los métodos estandarizados de la American Public Health Association. Los plaguicidas, se cuantificaron por el método cromatografía de gases con espectrometría de masas (GC-MS). En promedio, el ICA fue 74,1, clasificando la fuente hídrica con buena calidad, exceptuando las estaciones (E4 y E5), en el periodo húmedo, cuya clasificación fue media, debido al aporte de coliformes fecales y turbidez.

La concentración de plaguicidas se presentó por debajo del límite de detección del método. En general, el análisis estadístico multivariado indica que las fuentes de contaminación derivan de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, excretas del ganado porcino y minería de arena.

Por otro lado, Trujillo et al. (2020), realizó un trabajo de investigación sobre metales en suelos productores de arroz del distrito juncal, Huila Colombia. Se establece como objetivo evaluar la incidencia del Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Cromo (Cr), Manganeso (Mn), Cobre (Cu) y Zinc (Zn) en

suelos dedicados a la producción intensiva de arroz en el área del Juncal en el departamento del Huila, teniendo en cuenta que este departamento es uno de los principales productores de arroz del país. En los inventarios de Torrente (2018) en suelos del Huila, reconocen un promedio de 20 productos agroquímicos o plaguicidas utilizados por campaña de arroz y constituidos especialmente por herbicidas, funguicidas, insecticidas, que utilizan como ingredientes activos sustancias de la familia organoclorados, organofosforados, piretroides, carbamatos y otros compuestos plaguicidas

El tema ambiental como de la seguridad alimentaria relacionada con el arroz y los metales pesados ha traído una atención sustancial recientemente debido a su incidencia sobre los recursos naturales y la población que vive en áreas expuestas a contaminación por metales pesados. Para evaluar la concentración de algunos metales en suelos, se seleccionaron nueve fincas dedicadas a la producción intensiva de arroz, y se analizaron algunas propiedades físicas y químicas del suelo mediante técnicas y métodos estandarizados; la concentración de los metales se midió con espectroscopia de absorción atómica utilizando la metodología EPA 3050B. La concentración de los metales pesados analizados resultó en el rango normal a excepción del elemento Cadmio que resultó superior a 1,1 mg/kg en 6 de los 9 predios, y el elemento manganeso en la finca la Pista, donde opera una base de avionetas dedicada a la fumigación de agroquímicos (Trujillo et al., 2020).

Galindo et al. (2019), realizó una investigación en la que encontró que, entre los plaguicidas inhibidores de la acetilcolinesterasa más usados en la actualidad, y a su vez los más tóxicos, se encuentran los organofosforados. La enzima acetilcolinesterasa (AChE) es ampliamente utilizada para la detección de contaminantes organofosforados, ya que éstos son inhibidores de su actividad. La lombriz de tierra (*Eisenia foetida*) es una fuente de esta enzima, ya que las AChE presentes en estas lombrices son susceptibles a dicho efecto. En este trabajo se preparó un concentrado enzimático de acetilcolinesterasa de *E. foetida*, con el cual se evaluó el efecto inhibitorio de plaguicidas organofosforados comerciales como malatión, diazinón, metamidofos y dimetoato, así como su selectividad al utilizar plaguicidas organoclorados, carbamatos y piretroides. La actividad de acetilcolinesterasa se midió usando acetato de indoxilo como sustrato cromogénico. Los resultados mostraron que todos los plaguicidas organofosforados ensayados en concentraciones de 1 a 10 mg/L fueron capaces de disminuir la actividad de acetilcolinesterasa en porcentajes de  $36 \pm 16\%$  en promedio, mientras que los carbamatos inhibieron

sólo ligeramente la actividad enzimática en un  $16 \pm 7$  %. Los organoclorados y piretroides por su parte presentaron efecto inhibitorio poco o no significativo de  $1 \pm 5$  % para cualquiera de las concentraciones ensayadas debido a que el modo de acción de los grupos de plaguicidas es diferente. Por este motivo, la actividad de la enzima no se ve afectada de manera significativa y continúa catalizando la descomposición del acetato de indoxilo aun en presencia de plaguicidas con grupos químicos diferentes a los organofosforados, lo cual obedece a la selectividad de la acetilcolinesterasa frente a este tipo de inhibidores.

Rodríguez et al. (2023), realizó un trabajo cuyo objetivo se basó en determinar los niveles de colinesterasa sérica y factores relacionados con la exposición a organofosforados en agricultores de la vereda de Páramo Lagunas de San Pablo de Borbur, Boyacá, Colombia. Esto lo realizó bajo un estudio prospectivo, de corte transversal, con una muestra de 57 trabajadores; a cada individuo se le aplicó una encuesta de datos sociodemográficos y factores laborales, y se tomó una muestra de sangre venosa en ayuno de 8-12 horas; se determinaron las concentraciones de colinesterasa sérica (kit Colinesterasa Butiriltiocolina Biosystems), con el equipo automatizado de química clínica A-15 de Biosystems. Dentro de los resultados se encontró que el rango de edad de los participantes estuvo entre los 22 y 64 años; el 72 % de los individuos pertenecía al sexo masculino. El 3,5 % (2 varones) presentó valores inferiores al intervalo biológico de referencia (IBR); el 88 % de las personas afirmó realizar tareas con plaguicidas, y el 54 % afirmó no utilizar los elementos de protección personal (EPP) al trabajar con estas sustancias. Como conclusión se evidenció la falta de escolaridad y la ausencia del acompañamiento técnico en esta zona, lo que induce a que estos agricultores realicen procesos agrícolas, como aplicación de plaguicidas, sin el adecuado conocimiento y sin la utilización adecuada de EEP.

Hernández et al. (2021), hizo una investigación sobre la evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia, el objetivo de este estudio fue determinar el índice de calidad del agua (ICA) y establecer la relación entre los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con las diferentes fuentes antropogénicas, para establecer origen común de contaminación. Se tomaron muestras en seis estaciones, en el periodo seco y húmedo del 2018. Las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se analizaron empleando los métodos estandarizados de la American Public Health Association. Los plaguicidas, se cuantificaron por el método cromatografía de gases con

espectrometría de masas (GC-MS). En promedio, el ICA fue 74,1, clasificando la fuente hídrica con buena calidad, exceptuando las estaciones (E4 y E5), en el periodo húmedo, cuya clasificación fue media, debido al aporte de coliformes fecales y turbidez. La concentración de plaguicidas, se presentó por debajo del límite de detección del método. En general, el análisis estadístico multivariado indica que las fuentes de contaminación derivan de aguas residuales domésticas, escorrentía agrícola, excretas del ganado porcino y minería de arena.

Diaz et al. (2017), hizo un trabajo acerca de los niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. El objetivo fue identificar los posibles efectos adversos en la salud y el ambiente asociados al uso y manejo de plaguicidas en el cultivo de papa. Se realizó bajo un estudio descriptivo transversal en el municipio de Totoró, departamento de Cauca (Colombia), con una muestra de 125 trabajadores. A cada individuo seleccionado se le aplicó encuesta y recolectó una muestra de 10 ml de sangre para determinar la actividad de la enzima acetilcolinesterasa tanto en plasma como en eritrocitos por la técnica de Michel. Como resultado, el 74,4% (n=93) de los trabajadores empleaban plaguicidas en su trabajo y el 49,6% (n=62) los usaban en el hogar. La mayor frecuencia de uso de plaguicidas tanto en el trabajo como en el hogar está dada por los organofosforados. En relación con la determinación de la actividad de la enzima acetilcolinesterasa, el 8,0% (n=10) de los individuos presentaron inhibición de la acetilcolinesterasa eritrocitaria; Como conclusión, el mayor porcentaje de los plaguicidas empleados en el trabajo pertenecen a la categoría toxicológica III, medianamente tóxicos, seguido por la categoría I (extremadamente tóxicos). El plaguicida más frecuentemente utilizado en el trabajo fue el Manzate de categoría toxicológica III, mientras que en casa fue el Furadan (categoría toxicológica I). La inhibición de la AChE fue mínima, aunque se informó del uso de plaguicidas organofosforados, carbamatos y ditiocarbamatos, entre otros.

Dominguez y Gonzales (2022), se enfocaron en identificar los principales riesgos a los cuales están expuestos los campesinos agricultores de la microcuenca “La Pila”, municipio de Pasto, por el uso y manejo inadecuado de plaguicidas en sus labores de producción. Materiales y métodos: Se comparó los resultados obtenidos en la simulación de la dispersión de plaguicidas a través del Software HYSPLIT libre y la evaluación de los riesgos por contacto inmediato identificados a través de criterios establecidos en la GTC45 de ICONTEC. Como resultado, se pudo determinar que el factor de riesgo al cual se

encuentran sometidos los agricultores de la zona es de tipo químico; que la dispersión de dichos contaminantes alcanza una longitud máxima de dispersión de 250 m y que a pesar de que los trabajadores conocen de la importancia de la implementación de Elementos de Protección Personal no los utilizan como barreras para atenuar e impedir la materialización de los peligros. Como conclusión los riesgos identificados son más latentes en los agricultores de la zona media y baja de la microcuenca.

En Colombia, los agentes involucrados en las intoxicaciones masivas por plaguicidas siempre han sido los compuestos organofosforados, mientras que a nivel mundial son en orden descendente los organofosforados, los carbamatos, los organoclorados y los compuestos mercuriales orgánicos (Idrovo, 1999). El paratión y el metil-paratión fueron claramente identificados en los episodios de Pasto y Chiquinquirá, respectivamente, mientras que en el caso de Puerto López solo se sospecha que fue alguno de estos agentes; estos plaguicidas organofosforados tienen acción sobre los insectos, siendo considerados como extremadamente peligrosos, clase la de la OMS, teniendo una dosis letal (DL50) 50 orales de 13 mg/kg para el paratión y de 14 mg/kg para el metilparatión (Caro et al., 2019)

En el incidente de Puerto López no se conoció con certeza la forma en la cual se contaminó el río Negro. Sin embargo, el conocimiento que la zona era aprovechada para el cultivo de arroz y que en este tipo de cultivo era frecuente el uso de paratión y metil-paratión, permite afirmar con un alto grado de certeza que ambos o alguno de estos plaguicidas fue la causa de la intoxicación (Caro et al., 2019). La contaminación ambiental de lagos, ríos y bahías con plaguicidas organofosforados y la consecuente muerte de organismos acuáticos ha sido descrita en varias regiones del mundo (Jeyaratnam & Maroni, 1994). La dosis necesaria para la muerte de los peces depende de la especie y tamaño del animal. Como en los ríos de la zona del Meta y en general de la Orinoquia son frecuentes los peces payaras, cachamas, rayados, sapuaras, mapurites, nicuros y amarillos, la dosis solo pudo haberse logrado por el vertimiento del plaguicida directamente en el agua, ya que en la fumigación aérea el viento puede transportar el compuesto hasta 2 km del lugar de fumigación. Además, si el reporte de la mortandad de peces ocurrió el 31 de diciembre, es probable que el vertimiento haya ocurrido el mismo día o el anterior debido a que los plaguicidas organofosforados no son estables en el medio acuoso y solo son tóxicos durante el tiempo en el cual no se ha completado su hidrólisis.

La infraestructura nacional en los campos de toxicología y epidemiología ambiental aún sigue siendo incipiente, las políticas en salud pública en materia de sustancias peligrosas han volcado casi todos los esfuerzos a la prevención de los efectos adversos de los plaguicidas y olvidado a toda una amplia gama de otros agentes químicos muchas veces más peligrosos. Sin duda alguna, el país aún tiene mucho que aprender de estas catástrofes para poder llegar a prevenir la ocurrencia de eventos futuros similares y lograr así una mejor salud de los colombianos, máxime cuando agentes químicos como los aquí presentados tienen el potencial de causar la muerte, enfermedad o incapacidad de miles de personas en un lapso muy corto de tiempo.

## **CONCLUSIONES**

La contaminación por organofosforados en el suelo de cultivo en Colombia es un problema importante de salud pública y ambiental. Los organofosforados son un grupo de pesticidas utilizados en la agricultura para controlar plagas y enfermedades en los cultivos. Sin embargo, su uso excesivo o inadecuado puede llevar a la acumulación de estos productos químicos en el suelo y, en consecuencia, a la contaminación del agua subterránea y superficial, la fauna y la flora, así como de los alimentos producidos en estas tierras.

En Colombia, la exposición a organofosforados ha sido asociada con una variedad de efectos en la salud, incluyendo problemas neurológicos, respiratorios, cardiovasculares y endocrinos. Además, se han reportado casos de intoxicación aguda y crónica, especialmente en trabajadores agrícolas y poblaciones cercanas a las zonas de cultivo.

Para abordar este problema, es necesario implementar estrategias de gestión integrada de plagas que reduzcan la dependencia de los pesticidas químicos y promuevan prácticas agrícolas sostenibles. Además, es importante monitorear regularmente los niveles de contaminación en el suelo y tomar medidas preventivas y de control para minimizar los riesgos para la salud y el medio ambiente.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen al Sistema de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico (SENNOVA) del Servicio Nacional de Aprendizaje por la financiación del proyecto.

## Conflictos de intereses

El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, N, Hernández, G, & Ríos, L. (2017). Biorremediación de organofosforados por hongos y bacterias en suelos agrícolas: revisión sistemática. *Corpoica, Ciencia Tecnología Agropecuaria, Mosquera, Colombia*, 18(1):139-159 ISSN 0122-8706 ISSN: 2500-5308
- Hernández-Álvarez, U., Pinedo-Hernández, J., Paternina-Urbe, R., & Marrugo-Negrete, J. L. (2021). Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *Revista UDCA Actualidad & divulgación científica*, 24(1).
- Jeyaratnam, J., & Maroni, M. (1994). Organophosphorous compounds. *Toxicology*, 91(1), 15-27.
- Navas, M (2017) Valoración del crecimiento de las microalgas *Chlorella* sp. y *Scenedesmus* sp. a diferentes concentraciones del insecticida organofosforado clorpirifos (Lorsban®). Informe final de pasantía de investigación. Facultad de Ciencias Básicas Programa de Biología. Universidad del Magdalena. Recuperado de <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/1719>
- T Chirinos, D., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Peñarrieta Bravo, 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. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(1), 84-99.
- Cabrera, L. M. M. (2022). Consumo e impactos de los agrotóxicos en Colombia: comunidades envenenadas. *Saúde em Debate*, 46, 75-88.
- Caro-Gamboa, L. J., Forero-Castro, R. M., Torres-Torres, V. E., Suárez-Pulido, D. X., & Dallos-Báez, A. E. (2019). Evaluación de colinesterasa plasmática en floricultores de los municipios de Chiquinquirá y Toca, Boyacá, Colombia. *Pensamiento y Acción*, (27), 21-42.
- Trujillo, A. T., Manchola, L. V. C., & Santofimio, E. M. J. (2020). Metales en suelos productores de arroz del distrito juncal, Huila-Colombia. *Suelos Ecuatoriales*, 50(1y2), 1-12.
- Galindo-Guzmán, M., Flores-Loyola, E., Gallegos-Robles, M. Á., Fortis-Hernández, M., Figueroa-Viramontes, U., & Vázquez-Vázquez, C. (2019). Acetilcolinesterasa de *Eisenia foetida* como

- indicador de contaminación por plaguicidas organofosforados. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(1), 115-124.
- Idrovo AJ. Intoxicaciones masivas con plaguicidas en Colombia. *biomedica* [Internet]. 1 de marzo de 1999 [citado 18 de febrero de 2023];19(1):67-76. Disponible en:  
<https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/1009>
- Díaz, S. M., Sánchez, F., Varona, M., Eljach, V., & Muñoz, M. (2017). Niveles de colinesterasa en cultivadores de papa expuestos ocupacionalmente a plaguicidas, Totoró, Cauca. *Revista de la Universidad Industrial de Santander. Salud*, 49(1), 85-92.
- Rodríguez-Gil, A. F., Urbano-Cáceres, E. X., Ramírez-López, L. X., & Meza-Fandiño, D. F. (2023). Niveles de colinesterasa sérica en agricultores de San Pablo de Borbur, Boyacá, expuestos a organofosforados. *Salud UIS*, 55.
- Hena Muñoz, I. M., Triana Velasquez, T. M., Galindo Martínez, C. A., & Bernal Bautista, M. H. (2021). Toxicidad de tres insecticidas organofosforados en embriones de anuros a diferentes temperaturas. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 5-11.
- Muñoz, I. A. M., Piracón, J. A. B., & Bazzani, L. C. (2020). Exposición a plaguicidas y desempeño sensorial y neuromotor en trabajadores agrícolas de Sumapaz, Bogotá, Colombia. *Revista Salud, Historia y Sanidad*, 15(1), 1-9.
- Hena Muñoz, L. M., Triana Velasquez, T. M., Galindo Martínez, C. A., & Bernal Bautista, M. H. (2021). Toxicity of three organophosphate insecticides in anuran embryos at different temperatures. *Acta Biológica Colombiana*, 26(1), 5-11.
- Madrigal-de la Selva, M., Mata-Monge, A., González-Suarez, S., & Alfaro-Mora, R. (2019). Adulterantes presentes en plantas medicinales de mercados municipales en Costa Rica. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 48(2), 385-395.
- Sánchez, E. & Ortiz, L. (2011). Riesgos y estrategias en el uso de plaguicidas. *Narraciones de la Ciencia. Inventio, la génesis de la cultura universitaria en Morelos*, 2011 (14). 21-27.
- Rosero, M. D. C. V. (2022). Química de plaguicidas. *Toxicología*, 121.

- Quezada, T. D. C. N., Villasmil, N. R., Prado, R. E. S., Jaramillo, C. G. J., & Japón, G. E. R. (2022). Biomarcadores de afección hematológica, hepática y renal en trabajadores expuestos a plaguicidas. *Polo del Conocimiento*, 7(7), 827-842.
- Domínguez Vilaplana, R., & González Bueno, A. (2022). Anilinas vs. organofosforados: la implicación de la empresa Bayer en las polémicas en torno al Síndrome del Aceite Tóxico. *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque. Historiam Illustrandam*, 42(1), 0201-224.
- Díaz, O, Muñoz C. Aplicación de la GTC 34 y GTC 45 en una S.A.S. de servicios en HSEQ: estudio de caso. 2013: 4-6
- Urbina, E. C. (2020). Investigación cualitativa. *Applied Sciences in Dentistry*, 1(3).