

**DESARROLLO Y ADECUACIÓN DE  
UN MÉTODO ANALÍTICO PARA LA  
DETECCIÓN DE RESIDUOS DE  
PLAGUICIDAS CLORADOS Y  
FOSFORADOS EN MUESTRAS DE  
AGUA CRUDA**

**Facultad de Ingenierías**

**Fabiana Polanía Mejía  
Geremy Pautt Julio  
Olga Lucía Borda Prada  
Ariel Fabricio Guerrero Rodríguez**

**N.º ININ4/2025**



**UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia**



## Resumen

La gestión sostenible de los recursos hídricos es un pilar fundamental para la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas. Sin embargo, el uso intensivo de plaguicidas en la actividad agrícola ha generado una preocupación creciente por la contaminación de las fuentes de agua, comprometiendo su calidad y seguridad. En particular, los plaguicidas organoclorados y fosforados, debido a su persistencia y toxicidad, representan un riesgo significativo para la biodiversidad acuática y la salud humana. A pesar de su regulación, la ausencia de datos actualizados y la falta de metodologías analíticas adaptadas a las condiciones locales impiden una evaluación precisa de la problemática.

En este contexto, la presente investigación aborda la necesidad de analizar la presencia de estos compuestos en las redes de abastecimiento hídrico del departamento de Cundinamarca, Colombia. Esta región, caracterizada por una intensa actividad agrícola, es especialmente vulnerable a la contaminación por escorrentía superficial y filtración. El objetivo de este estudio es doble: primero, desarrollar y validar un método analítico, utilizando técnicas de espectrofotometría UV-VIS, para la detección de residuos de plaguicidas organoclorados y fosforados en matrices acuosas. Y segundo, aplicar dicho método para generar un diagnóstico cualitativo y cuantitativo del estado de la calidad del agua en puntos estratégicos de la red de abastecimiento.

Los resultados de esta investigación proporcionarán datos científicos fiables que servirán de base para la toma de decisiones informadas por parte de las autoridades ambientales y de salud. El análisis detallado de la concentración y distribución de los contaminantes permitirá identificar zonas de mayor vulnerabilidad y riesgo, facilitando la formulación de estrategias de prevención y control más efectivas. En última instancia, este estudio busca contribuir a la protección del recurso hídrico, garantizando un suministro de agua segura para la comunidad y promoviendo prácticas agrícolas más sostenibles.

### Palabras clave

calidad del agua, espectrofotometría UV-VIS, organoclorados, organofosforados.

## Abstract

Sustainable management of water resources is a fundamental pillar for public health and ecosystem balance. However, the intensive use of pesticides in agricultural activities has generated growing concern about the contamination of water sources, compromising their quality and safety. In particular, organochlorine and organophosphate pesticides, due to their persistence and toxicity, pose a significant risk to aquatic biodiversity and human health. Despite their regulation, the lack of updated data and the absence of analytical methodologies adapted to local conditions prevent an accurate assessment of the problem.

In this context, the present research addresses the need to analyze the presence of these compounds in the water supply networks of the Cundinamarca department, Colombia. This region, characterized by intense agricultural activity, is particularly vulnerable to contamination from surface runoff and infiltration. The objective of this study is twofold: first, to develop and validate an analytical method, using UV-VIS spectrophotometry techniques, for the detection of organochlorine and organophosphate pesticide residues in aqueous matrices; and second, to apply this method to generate a qualitative and quantitative assessment of water quality at strategic points in the supply network.

The results of this research will provide reliable scientific data that will serve as a basis for informed decision-making by environmental and health authorities. The detailed analysis of the concentration and distribution of pollutants will allow the identification of areas of greatest vulnerability and risk, facilitating the formulation of more effective prevention and control strategies. Ultimately, this study aims to contribute to the protection of water resources, ensuring a safe water supply for the community and promoting more sustainable agricultural practices.

## Keywords

organochlorines, organophosphates, UV-VIS spectrophotometry, water quality.

### **Cómo citar / How to cite?:**

Polanía Mejía, F., Pautt Julio, G., Borda Prada, O. L. y Guerrero Rodríguez, A. F. (2025). Desarrollo y adecuación de un método analítico para la detección de residuos de plaguicidas clorados y fosforados en muestras de agua cruda [documento de trabajo n.º ININ4]. Universidad La Gran Colombia.  
<https://hdl.handle.net/11396/8942>

# 1. Introducción

La calidad del agua potable es fundamental para la salud pública y la sostenibilidad ambiental, siendo su aseguramiento una prioridad global (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2022). Sin embargo, las redes de abastecimiento de agua se enfrentan constantemente a la amenaza de la contaminación por sustancias químicas de origen antropogénico, particularmente los plaguicidas, debido a su uso extendido en actividades agrícolas y urbanas cercanas a las fuentes hídricas.

Entre los contaminantes más preocupantes se encuentran los plaguicidas organoclorados (OCPs) y los plaguicidas organofosforados (OPPs). Los OCPs, aunque en gran medida prohibidos o restringidos persisten en el ambiente por su alta estabilidad química, lipofilicidad y potencial de bioacumulación, representando un riesgo toxicológico a largo plazo para los ecosistemas y la salud humana (Li *et al.*, 2020).

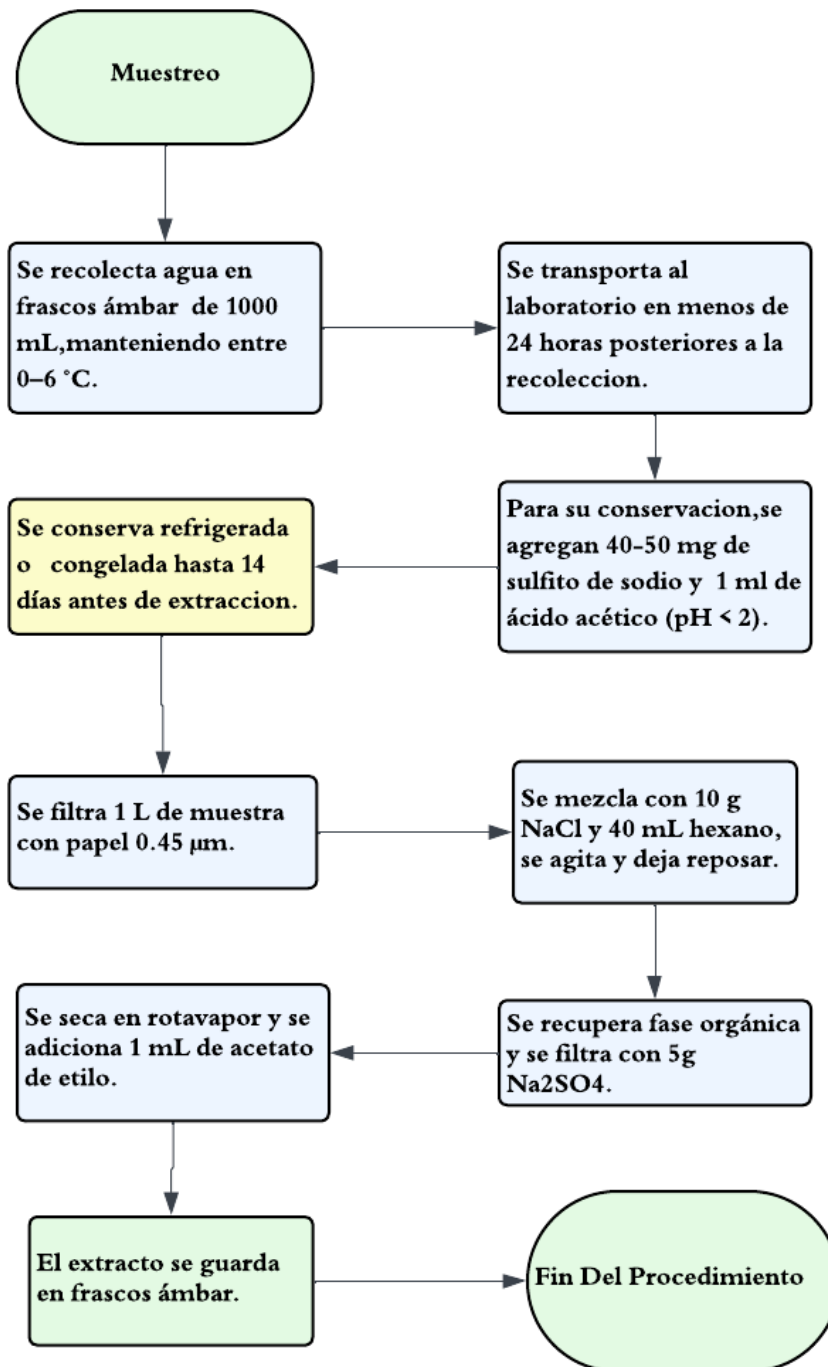
Por otro lado, los OPPs (como el malatión y el paratión) son ampliamente utilizados como sustitutos de los OCPs. Si bien son menos persistentes en el ambiente, su alta toxicidad aguda por inhibición de la acetilcolinesterasa los convierte en un riesgo inminente para la salud cuando se detectan en el agua de consumo (Eze & Onwuka, 2021).

La presencia de estas sustancias en el agua cruda puede superar las capacidades de remoción de las plantas de tratamiento convencionales, permitiendo su paso a las redes de distribución. Por consiguiente, la evaluación y monitoreo continuo de los OCPs y OPPs en las redes de abastecimiento es esencial para determinar la vulnerabilidad del sistema, caracterizar el riesgo para la población y validar la eficacia de los procesos de potabilización.

# 2. Metodología

La problemática se aborda en las siguientes fases, a continuación, en la figura 1 se describe la fase 1:

Figura 1. Extracción de plaguicidas en muestras de agua cruda.

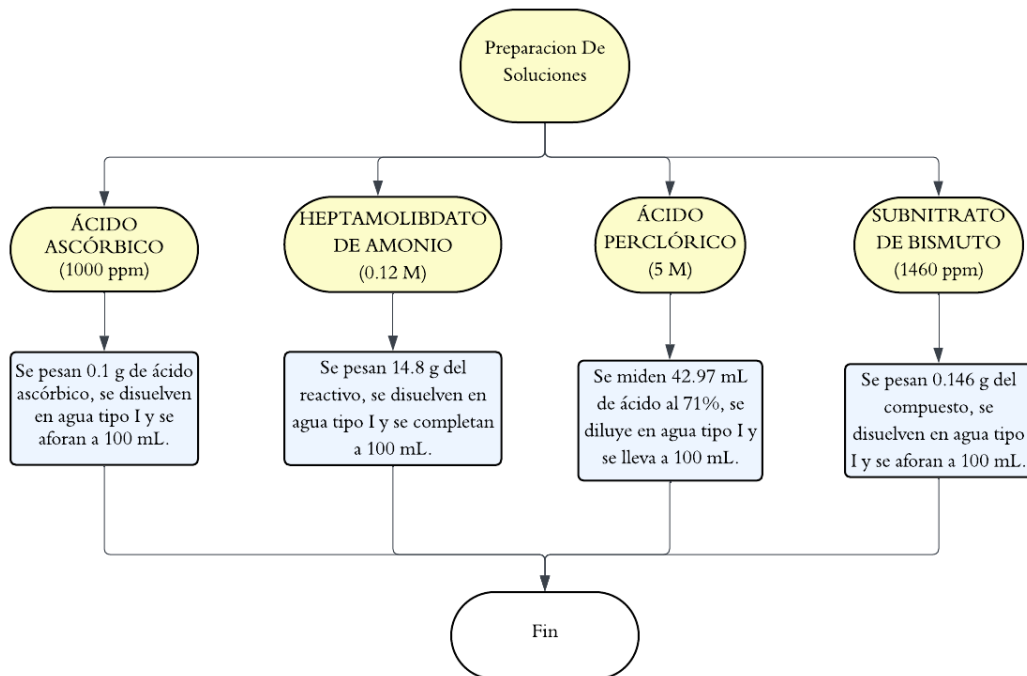


Fuente: elaboración propia.

Dicho procedimiento (figura 1) muestra que la extracción se lleva a cabo por extracción líquido-líquido, se vierten 60 mL de solvente hexano-acetona proporción 5:1 en el embudo de decantación y se colocan 100 mL de la muestra de agua para posteriormente agitar por 1 min y dejar reposar otros 15 min hasta observar la separación de fases, recuperando la fase orgánica. Se repite la operación tres veces, el

producto recuperado se guarda en frascos ámbar. En la figura 2, se amplía la técnica preparación de soluciones.

Figura 2. Preparación de soluciones.



Fuente: elaboración propia.

Seguido de la extracción, se adecua un procedimiento para la cuantificación de plaguicidas mediante la técnica espectrofotometría UV-VIS, en este sentido, Se agregan 0.2 mL de NBP(4-(4-nitrobencil) piridina) (45% de acetona) a 2 mL de muestra, mezclándolo por 30 segundos en vortex. La mezcla se lleva a calentamiento hasta 100 °C por 20 min en baño maría, para después dejar enfriar a temperatura ambiente. Se agrega 0.2 mL de TEP (Tetraetilenpentamina) y 2 mL de éter dietílico, posteriormente se extraen los complejos de color formados vertiéndolos en celdas de cuarzo para su análisis mediante un espectrofotómetro UV-Vis a 540 nm (figura 3). A continuación, se señalan los parámetros de adecuación:

- **Reactivos:** se prepara las siguientes soluciones en agua tipo 1: ácido ascórbico 10 000 ppm, molibdato de amonio 0,12 M, ácido perclórico 5 M, subnitrato de bismuto 1460 ppm.
- **Selección de longitud de onda:** se toma hasta 1 ml de la solución estándar con una concentración de 10 ppm y se le adiciona 2,5 ml de ácido perclórico, 1 ml de molibdato de amonio, 2 ml de subnitrato de bismuto, 5 ml de ácido ascórbico y se lleva a aforo en balón de 50 ml con agua tipo 1. Se realiza un barrido espectral entre 400-800 nm. Se identifica la longitud de onda de máxima absorbancia.
- **Curva de calibración:** se toma 1 ml de la serie de concentraciones de soluciones estándar (5, 10, 15, 20 y 25 ppm) y se le añade 2,5 ml de ácido perclórico, 1 ml de molibdato de amonio, 2 ml de subnitrato de bismuto, 5 ml de ácido ascórbico

y se lleva a aforo en balón de 50 ml con agua tipo 1. Se deja reposar y se lee la absorbancia a longitud de onda máxima definida anteriormente.

- **Análisis de la muestra:** filtrar la muestra de agua por papel filtro 0,45  $\mu\text{m}$ . Se toma 1 ml de la muestra y se agrega 2,5 ml de ácido perclórico, 1 ml de molibdato de amonio, 2 ml de subnitrito de bismuto, 5 ml de ácido ascórbico y se lleva a aforo en balón de 50 ml con agua tipo 1. La solución se deja reposar y se lee la absorbancia a longitud de onda máxima definida anteriormente.

Figura 3. Espectrofotómetro UV-VIS.



Fuente: Laboratorio Química, UPN.

- **Límites de detección y cuantificación y selectividad:** se realiza la medición por UV-VIS con tres blancos de matriz, extraídos según las metodologías a evaluar en la misma secuencia con los estándares preparada en extracto de matriz blanco. Se estiman los límites de detección (LD) y cuantificación (LC) con base en el criterio de la EPA. Se realiza medición por UV-VIS de blanco fortificado al valor del límite de detección y al límite de cuantificación estimados para verificar la capacidad instrumental de detectar el analito a estas concentraciones y garantizar la ausencia de interferencias. Con base en estos resultados se calculan los límites de detección y cuantificación en matriz.
- **Porcentaje de recuperación y precisión:** se fortifican por triplicado las muestras blanco de matriz a las concentraciones establecidas como límite de cuantificación y se analizan igual que las muestras. Se determina el porcentaje de recuperación y la desviación estándar relativa.

### 3. Resultados esperados

Se espera que este proyecto de análisis de plaguicidas en fuentes de abastecimiento de agua potable proporcione una evaluación de la presencia y concentración de los grupos clorados y fosforados. Fundamentalmente, se logrará determinar el riesgo potencial para la salud pública asociado al consumo de estas fuentes, y se generará una línea base de datos georreferenciada y temporalmente relevante sobre la calidad del agua. Esta información será esencial para informar a las autoridades competentes y aportar en la toma de decisiones sobre estrategias de mitigación (como la optimización de los

tratamientos de potabilización o la gestión de vertidos) y establecer programas de monitoreo continuos y focalizados.

## 4. Referencias

- American Public Health Association, American Water Works Association, & Water Environment Federation. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater* (23<sup>a</sup> ed.).
- Eze, V. C., & Onwuka, C. P. (2021). A review on organophosphorus pesticides: Classification, pollution, and impact on human health. *Toxicology Reports*, 8, 2038–2050.
- Li, S., Zhang, J., Wu, W., Cai, H., Hu, Y., Du, X., & Xu, Z. (2020). Occurrence and risk assessment of organochlorine pesticides in drinking water source. *Environmental Pollution*, 266(Pt 1), 115206.
- Maldonado-Ortega, V. (2018). *Adaptación de técnica espectrofotométrica para detección de residuos de plaguicidas en muestras de suelo y agua* [tesis de maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro].
- Maldonado-Ortega, V., Cerna-Chávez, E., Hernández-Bautista, O. y Ochoa-Fuentes, Y. M. (2022). Comparación de técnicas analíticas para la determinación de plaguicidas organofosforados en muestras agrícolas. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, e3168. <https://doi.org/10.33064/iycuaa2022853168>
- Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007, 22 de junio). *Resolución 2115. Características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano*. Diario Oficial, 46.671.
- Ministerio de Protección Social. (2007, 9 de mayo). *Decreto 1575. Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano*. Diario Oficial, 46.623.
- Namera, A., Utsumi, Y., Yashiki, M., Ohtani, M., Imamura, T., & Kojima, T. (2000). Direct colorimetric method for determination of organophosphates in human urine. *Clinica Chimica Acta*, 291, 7–15. Nota: Se buscó el número de página final para completar la referencia.
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2022). *Guías para la calidad del agua potable: Cuarta edición incorporando la primera, segunda y tercera adendas*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Tumembouw, S. S., Tarore, M. L. A., Tumbol, R. A., & Manoppo, H. (2021). Detection of organochlorine pesticide residues in seawater and sediments of Manado Bay.



AES Bioflux, 13(2), 705–713. Nota: Se buscó el volumen y las páginas para completar la referencia.



UNIVERSIDAD  
La Gran Colombia