



**Gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia**

Laura Carolina Castaño Gaviria

Cristian Eduardo Ortega Riascos

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gestión Ambiental

Asesora

Laura Catalina Ossa Carrasquilla, Magíster (MSc) en Gestión Ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería  
Especialización en Gestión Ambiental  
Medellín, Antioquia, Colombia  
2023

---

<b>Cita</b>	(Ortega Riascos & Castaño Gaviria, 2023)
<b>Referencia</b>	Ortega Riascos, C. E, & Castaño Gaviria, L. C. (2023). <i>Gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia</i> .
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	[Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

---



Especialización en Gestión Ambiental.

Grupo de Investigación Laboratorio de Monitoreo Ambiental (G-LIMA).



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

A nuestra amada familia,

Este logro no habría sido posible sin el apoyo incondicional y el amor que cada uno de ustedes ha puesto en mi vida.

A través de cada desafío y cada triunfo, su presencia ha sido mi mayor inspiración.

A mis padres, quienes me han guiado con sabiduría y paciencia, les agradezco por ser mis pilares fundamentales. Su

ejemplo de dedicación y esfuerzo me ha impulsado a alcanzar este logro académico.

A mis hermanos, quienes han compartido risas, lágrimas y momentos inolvidables, les agradezco por su apoyo

constante. Cada uno de ustedes ha sido mi fuerza motivadora y mi refugio en los momentos difíciles.

A mi pareja, gracias por su aliento y comprensión a lo largo de este viaje. Sus palabras de aliento han sido el

combustible que necesitaba para persistir.

Este logro no solo es mío, sino de todos ustedes. Cada paso que ha dado en este camino ha sido con el respaldo de

una familia extraordinaria. Este trabajo de grado es una expresión de mi gratitud hacia ustedes, quienes han sido mi

mayor fuente de inspiración.

Con amor y agradecimiento,

Cristian Eduardo Ortega Riascos, Laura Carolina Castaño Gaviria

### **Agradecimientos**

Queremos expresar nuestros sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de grado.

Principalmente, a la asesora Laura Catalina Ossa Carrasquilla, por su orientación experta, paciencia y dedicación a lo largo de este proyecto. Sus conocimientos y consejos fueron fundamentales para el desarrollo y la finalización de esta investigación.

---

## Tabla de contenido

Resumen .....	7
Abstract .....	8
1. Introducción .....	9
2. Objetivos .....	10
2.1 Objetivo general .....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
3. Marco teórico .....	11
3.1. Normatividad Colombiana sobre los residuos de agroquímicos .....	13
4. Metodología .....	15
5. Resultados .....	17
6. Análisis de resultados.....	22
7. Discusión.....	25
8. Conclusiones .....	26
9. Recomendaciones.....	27
10. Referencias .....	28

### Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Artículos de seleccionados para constituir el portafolio bibliográfico.....	18
<b>Tabla 2.</b> Resultados obtenidos de las categorías para el análisis sistémico .....	21
<b>Tabla 3.</b> Categorías del análisis sistémico con las referencias de los autores .....	22

### Lista de gráficas

<b>Gráfica 1.</b> Número de resultados obtenidos por base de datos.....	17
<b>Gráfica 2.</b> Autores destacados.....	19
<b>Gráfica 3.</b> Número de publicaciones por municipio de acuerdo al tipo de residuo .....	20

### Siglas, acrónimos y abreviaturas

LI: logística inversa

## Resumen

La gestión de residuos de agroquímicos en Colombia ha ganado relevancia en los últimos años, dado el impacto potencial en el medio ambiente y la salud humana. Aunque regulada por la Resolución 1675 de 2013, la eficacia de las políticas existentes es objeto de investigación activa (Silva, 2022; Contreras et al., 2013; Guzman et al., 2020). A pesar de las regulaciones, la gestión de residuos de agroquímicos en Colombia, especialmente en zonas rurales, presenta deficiencias críticas, como entierro, quema a cielo abierto y disposición en fuentes hídricas. Estas prácticas amenazan la sostenibilidad agrícola y generan impactos ambientales más allá de la recolección y disposición final, evidenciando un problema significativo (Nove et al., 2017). El objetivo de este estudio es analizar la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia. Para ello, se llevó a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva entre septiembre y noviembre de 2023, utilizando el enfoque Proknow-C y la herramienta Mendeley para recopilar y analizar artículos científicos. Se seleccionaron palabras clave como residuos de agroquímicos, “residuos de pesticidas”, “gestión”, “Colombia”, y “logística inversa” combinándolas para obtener información relevante. El análisis reveló la incipiente información sobre la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia. Se identificó la implementación de programas de logística inversa y responsabilidad extendida del productor como soluciones prometedoras, pero su éxito requiere una comprensión más profunda de las realidades locales y la participación activa de todas las partes involucradas. La gestión actual de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia presenta deficiencias perjudiciales para el medio ambiente. La falta de conocimiento de los agricultores, la escasa capacitación y el incumplimiento de normativas contribuyen a situaciones ambientales críticas. Urge realizar más investigaciones para llenar estas brechas de información y desarrollar estrategias más efectivas y contextualizadas, asegurando la sostenibilidad de las comunidades agrícolas en el país.

*Palabras clave:* residuos de agroquímicos, residuos de pesticidas, gestión, Colombia, y logística inversa.

---

### Abstract

The management of agrochemical waste in Colombia has gained relevance in recent years, given the potential impact on the environment and human health. Although regulated by Resolution 1675 of 2013, the effectiveness of existing policies is an active area of research (Silva, 2022; Contreras et al., 2013; Guzman et al., 2020). Despite regulations, the management of agrochemical waste in Colombia, especially in rural areas, presents critical deficiencies, such as burial, open burning, and disposal in water sources. These practices threaten agricultural sustainability and generate environmental impacts beyond collection and final disposal, evidencing a significant problem (Nove et al., 2017). The aim of this study is to analyze the management of agrochemical waste in rural areas of Colombia. To this end, an exhaustive literature review was carried out between September and November 2023, using the Proknow-C approach and the Mendeley tool to collect and analyze scientific articles. Keywords such as agrochemical waste, “pesticide waste”, “management”, “Colombia”, and “reverse logistics” were selected and combined to obtain relevant information. The analysis revealed the emerging information about the management of agrochemical waste in rural areas of Colombia. The implementation of reverse logistics programs and extended producer responsibility was identified as promising solutions, but their success requires a deeper understanding of local realities and the active participation of all involved parties. The current management of agrochemical waste in rural areas of Colombia presents harmful deficiencies for the environment. The lack of knowledge of farmers, scarce training, and non-compliance with regulations contribute to critical environmental situations. It is urgent to carry out more research to fill these information gaps and develop more effective and contextualized strategies, ensuring the sustainability of agricultural communities in the country.

*Keywords:* agrochemical waste, pesticide waste, management, Colombia, and reverse logistics.



## 1. Introducción

La gestión de residuos de agroquímicos en Colombia ha sido un tema de creciente importancia en los últimos años. Los agroquímicos, que incluyen plaguicidas y fertilizantes, son esenciales para la agricultura moderna, pero también representan un desafío significativo en términos de gestión de residuos debido a su potencial impacto en el medio ambiente y la salud humana (Silva, 2022)

En Colombia, la gestión de estos residuos está regulada por la Resolución 1675 de 2013, expedida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1675 de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2013). Esta resolución establece los elementos que deben contener los planes de gestión de devolución de productos posconsumo los cuales constituyen el instrumento de gestión que contiene reglas, acciones, procedimientos y medios dispuestos para facilitar la devolución y acopio de productos posconsumo que al desecharse se convierten en residuos o desechos peligrosos (Contreras et al., 2013). A pesar de estas regulaciones, la gestión de residuos de agroquímicos sigue siendo un desafío en Colombia, la eficacia de las políticas y prácticas actuales es un área de investigación activa y es fundamental para garantizar la sostenibilidad de la agricultura colombiana y la protección del medio ambiente (Guzmán et al., 2020).

En este contexto, diversas investigaciones han resaltado la urgencia de abordar la gestión de residuos de agroquímicos como una prioridad en la agenda ambiental y agrícola del país, algunos estudios muestran que países con contextos agrícolas similares han implementado estrategias exitosas para minimizar los impactos negativos asociados con el uso de agroquímicos, proporcionando valiosas lecciones y mejores prácticas que podrían ser adaptadas a la realidad colombiana (Nove et al., 2017). La falta de una normativa clara y la ausencia de sistemas de recopilación de datos confiables sobre la cantidad y composición de los residuos de agroquímicos generados en Colombia han contribuido a la falta de conciencia y acción sobre el problema. Este vacío de información resalta la importancia de realizar una investigación exhaustiva que no solo identifique las dimensiones del desafío, sino que también proponga soluciones viables y efectivas.

En las extensiones rurales de Colombia, la gestión de residuos de agroquímicos es un desafío ambiental de proporciones críticas. Sin embargo, a pesar de estas disposiciones, el análisis revela prácticas inadecuadas en las zonas rurales, como el entierro de residuos, la quema a cielo abierto, el rehusó doméstico y la disposición en fuentes hídricas, estas acciones desencadenan impactos ambientales críticos que van más allá de la simple recolección y disposición final.

La gestión actual de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia muestra falencias perjudiciales para el medio ambiente, las prácticas usadas son inadecuadas e incompletas y están atribuidas en parte a la falta de conocimiento de los agricultores, la escasa capacitación por parte de las entidades responsables y el incumplimiento de la normativa vigente, contribuyen a situaciones ambientales críticas que amenazan la sostenibilidad de las comunidades agrícolas por lo que urge realizar más investigaciones que llenen estas brechas de información y permitan desarrollar estrategias más efectivas y contextualizadas para abordar esta problemática en el país.

En este contexto, la implementación de programas de logística inversa y enfoques de responsabilidad extendida del productor se ve como una solución prometedora, pero su éxito depende de un entendimiento más profundo de las realidades locales y de la participación activa de todas las partes involucradas.

La presente investigación analizó, a partir de la consulta de información científica, la gestión de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia, para lo cual se realizó la descripción del proceso de gestión actual, desde la generación, recolección, el acopio hasta la disposición final, y el análisis de las fortalezas y oportunidades de mejora de las alternativas propuestas por diferentes autores en el campo colombiano.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo general**

Analizar la gestión de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia.

### **2.2 Objetivos específicos**

**2.2.1.** Describir el proceso de gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia, desde la generación, recolección, el acopio y la disposición final.

**2.2.2.** Analizar las fortalezas y las oportunidades de mejora de las alternativas propuestas por diferentes autores para la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia.

### 3. Marco teórico

La agricultura en Colombia juega un papel crucial en la economía del país, lo que la consolida como un soporte del sistema económico, debido a que no sólo proporciona alimentos y materias primas, sino también oportunidades de empleo a una importante cantidad de población campesina. Además, hay varios estudios que analizan las implicaciones socioeconómicas de la agricultura en Colombia. Por ejemplo, el sector agropecuario es responsable del 40% de las exportaciones colombianas, y el 21% de la población depende directamente de la agricultura como fuente de empleo (Lau et al., 2013).

Para mantener los niveles de productividad agrícola, es necesario el uso de una alta cantidad de productos agroquímicos durante los diferentes ciclos de crecimiento del cultivo (Tossou et al., 2023). Los agroquímicos son definidos como sustancias químicas que se utilizan en la agricultura con dos objetivos fundamentales: controlar las plagas y enfermedades que afectan a los cultivos, y por otra parte aumentar el rendimiento del suelo (RAE, n.d.). Estos se encuentran en una amplia variedad de productos utilizados en la agricultura, que incluyen plaguicidas, fungicidas, herbicidas, fertilizantes, entre otros (Salamanca, 2020).

De acuerdo con (Ortíz et al., 2014), los agroquímicos son empleados para controlar diferentes plagas que amenazan la producción agrícola. Por otro lado, (M. Rojas & Gámez, 2002), recomiendan emplear los herbicidas para la prevención y eliminación de malezas que compiten con los cultivos por recursos. Asimismo, el control de plagas y de hongos se lleva a cabo mediante el uso de fungicidas, como señalan (Amaya & Sandoval, 2020). Además, para optimizar el crecimiento de las plantas, los fertilizantes desempeñan un papel crucial al proporcionar nutrientes esenciales al suelo, siendo clasificados en orgánicos o químicos, según (Shen, 2023). Así, esta variedad de productos químicos contribuye de manera integral a la gestión y prosperidad de los cultivos, asegurando la calidad y cantidad de la producción agrícola.

Los agroquímicos desempeñan un papel crucial en la agricultura moderna, ya que ayudan a mejorar el crecimiento de los cultivos al eliminar los agentes dañinos y proporcionar nutrientes esenciales para las plantas (Shen, 2023). Los agroquímicos permiten optimizar el trabajo a los agricultores para lograr rendimientos más altos en los cultivos, protegerlos de plagas y enfermedades, y optimizar las condiciones de crecimiento de las plantas (Popp et al., 2013). Al prevenir las pérdidas de cultivos debido a plagas y enfermedades, los agroquímicos contribuyen a un suministro de alimentos más estable y abundante, reduciendo el riesgo de hambre y desnutrición (Popp et al., 2013)

El sector agrícola juega un papel estratégico en la mejora de la disponibilidad de alimentos y la consecución de la seguridad alimentaria (Pawlak & Kołodziejczak, 2020). A pesar de que hay un acuerdo general sobre el aumento de la demanda mundial de alimentos que se espera en las próximas décadas, existe incertidumbre en torno a la capacidad de la agricultura global para satisfacer esta demanda a través de una producción sostenible (Pawlak & Kołodziejczak, 2020).

El uso de agroquímicos en la agricultura implica la generación de residuos, particularmente en términos de envases y empaques vacíos. Además, el uso excesivo de fertilizantes, ya sea de origen natural o sintéticos, podrían ocasionar un exceso de nutrientes con posibles repercusiones en los recursos naturales y la salud, debido a que los nitratos pueden entrar rápidamente en los cuerpos de agua y son altamente solubles. Por lo tanto, es crucial gestionar adecuadamente estos residuos para evitar problemas ambientales y sociales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022).

La gestión de residuos de agroquímicos en Colombia se realiza principalmente a través de los planes posconsumo establecidos por los productores, que implementan mecanismos de recolección por medio de centros de acopio y puntos fijos de recolección, enfocados en los envases resultantes del uso de agroquímicos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2022). Es importante mencionar que, aunque estos planes y programas están en marcha, aún existen desafíos en la gestión de residuos agroquímicos en Colombia, como lo es la existencia de una cantidad significativa de residuos que se gestionan a través de sistemas no autorizados (Departamento Nacional de Planeación, 2022). En el contexto de la gestión de residuos de agroquímicos, la logística inversa se ocupa de los aspectos derivados de la cadena de suministros del traslado de envases de agroquímicos desde el usuario o consumidor hacia el fabricante o hacia los puntos de recolección, para su reutilización, reciclaje o eventualmente, su destrucción (Campoverde et al., 2022)

Los beneficios potenciales de la logística inversa incluye entre otros: mejorar la relación entre distribuidores y clientes, favorecer la imagen de la empresa al reducir el impacto medioambiental, reducir costos de los embalajes industriales si se utilizan correctamente y minimizar el impacto en el medio ambiente (Montes & Rodríguez, 2021).

Con relación a las investigaciones que se han hecho en Colombia frente a la inadecuada disposición de residuos de envases de agroquímicos, también se han desarrollado investigaciones en países vecinos, en este caso en Brasil, en São Paulo, en la región Alta Paulista donde predomina la agricultura con un uso considerable de plaguicidas, se realizó una investigación con la participación de 178 productores rurales y una muestra constituida por 36 productores rurales, la cual demostró que la mayor parte de estos productores (53,1%) queman los envases, el 9,4% de ellos guardan para devolver o tirar en la montaña y apenas el 37,5% pretende devolver los envases vacíos a la tienda donde los adquirió inicialmente. (Nove et al., 2017).

Aun cuando el uso de agroquímicos representa beneficios en términos del mejoramiento a los niveles de producción agrícola, los residuos que se generan al utilizarlos representan una amenaza significativa, ya que pueden contaminar y degradar el suelo, afectando sus propiedades fundamentales, tales como la estructura, composición química y la productividad agrícola (J. Rojas et al., 2019). Además, estos residuos tienen el potencial de generar un impacto negativo en la biodiversidad del suelo, afectando a los organismos que desempeñan un papel crucial en sus procesos (Departamento Nacional de Planeación, 2022).

La problemática se extiende al agua, ya que los residuos de agroquímicos pueden contaminarla, comprometiendo su calidad y alterando su composición química causando eutrofización lo cual

afecta la vida acuática. Este impacto repercute directamente en los organismos cruciales para la biodiversidad\_(Rodríguez, 2019).\_Las modernas operaciones agrícolas desempeñan un papel significativo en la degradación y contaminación de nuestro entorno, así como de los ecosistemas circundantes.

Los fertilizantes, pesticidas, herbicidas, estiércol animal y otros agroquímicos contienen nutrientes químicos y sustancias tóxicas que, con frecuencia, son las principales fuentes de contaminación agrícola (Campoverde et al., 2022). El uso desmedido de agroquímicos, especialmente de pesticidas destinados al control de plagas y enfermedades para reducir su incidencia en los cultivos, afecta ampliamente la calidad de los suelos y del agua, además, la aplicación sin supervisión ni orientación profesional, está contribuyendo a la disminución de la fertilidad del suelo. Los expertos señalan que el uso indiscriminado de estos pesticidas genera numerosos problemas ambientales a nivel regional y global, siendo uno de los principales la destrucción de los ecosistemas naturales, la disminución de la fertilidad del suelo, la pérdida de cosechas y la contaminación del agua (Velazquez et al., 2022).

En el país se ha presentado un aumento importante en el uso de plaguicidas por la expansión de la ganadería, la agricultura y el uso en cultivos como el algodón, el plátano, la caña, las flores, entre otros, o en el control de malezas, parásitos, roedores y vectores fundamentalmente; también se ha presentado un aumento en la cantidad de casos de intoxicación (Instituto Nacional de Salud, 2010). Los plaguicidas pueden generar efectos agudos como dolores de cabeza, erupciones cutáneas e irritaciones oculares y crónicos en la salud de las personas, dependiendo de la cantidad y la forma de exposición, adicional a esto los plaguicidas pueden permanecer durante años en el suelo y el agua (Velazquez et al., 2022).

La exposición continua a dosis considerables de plaguicidas de las personas que fabrican o aplican estos productos en los cultivos, puede llegar a causarles efectos cancerígenos, mutagénicos, entre otros (Velazquez et al., 2022).

### **3.1. Normatividad Colombiana sobre los residuos de agroquímicos**

La Resolución 1675 de 2013 establece en su Artículo cuarto la necesidad de los fabricantes y/o importadores de plaguicidas de presentar el Plan de Gestión de Devolución de Productos de Posconsumo de Plaguicidas ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales ANLA, así mismo, determina los elementos que debe contener el plan de devolución de productos de posconsumo de plaguicidas; establece los actores responsables y los niveles de participación, entre los que se encuentran, los acopiadores del residuo, los proveedores, los consumidores, aplicadores de los plaguicidas, los gestores autorizados para el manejo de los residuos posconsumo recolectados y operadores logísticos del plan. Por lo tanto, se recomienda encarecidamente que quienes estén involucrados en estas actividades tomen medidas de protección adecuadas, como el uso de equipos de seguridad personal, la adopción de prácticas seguras de manipulación y la limitación de la exposición directa, a fin de mitigar los riesgos para la salud asociados con el manejo de plaguicidas.

Así mismo, orienta las estrategias de comunicación a los consumidores mediante los medios de comunicación como radio, prensa, televisión nacional, regional, redes sociales y páginas web, campañas de información y sensibilización. Por otro lado, considera necesario presentar una actualización y avance del plan ante la Autoridad Ambiental. Además, establece las metas de recolección y la cobertura de población en su respectivo numeral, en el cual la meta establecida a partir del 2019 es del 75% para de esta forma recoger los envases de agroquímicos puestos en el mercado.(Decreto 1675 de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2013)

El Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible No. 1076 del 2015, en el Artículo 2.2.3.3.4.19. Establece el control de contaminación por agroquímicos. También, el Artículo 2.2.6.1.4.1. Hace referencia a los residuos o desechos peligrosos provenientes del consumo de productos o sustancias peligrosas.

El Título 7 dicta la relevancia con relación a la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental por el Manejo de Plaguicidas. Este título no solo establece directrices sino también aclara las medidas a seguir para mitigar los impactos ambientales asociados al uso de plaguicidas. A continuación, se detallan los artículos que complementan y refuerzan estas disposiciones:

Artículo 2.2.7.2.1.1. Plaguicidas en desuso, este artículo señala que se entenderán por plaguicidas en desuso a aquellos que: Ha sido retirado del mercado por razones de salud o ambientales, ha sido prohibido o se ha cancelado su registro por decisión de la autoridad competente, ha perdido sus propiedades de control para los organismos previstos. Entre otros. El Artículo 2.2.7.2.1.3. establece la responsabilidad por la generación y manejo de desechos o residuos peligrosos provenientes de los plaguicidas, el fabricante, importador y receptor de plaguicidas equipara en cuanto la responsabilidad por el manejo de embalaje y desecho de residuos peligrosos. En cuanto el Artículo 2.2.7.2.1.6. Dicta que el generador será responsable de: Todos los efectos de salud y al ambiente ocasionados por los residuos o desechos peligrosos, todos los costos asociados al manejo de los plaguicidas en desuso o sus residuos, de acuerdo con los requerimientos y criterios de la autoridad ambiental competente.

El artículo 2.2.7.2.1.8. Señala la prevención de la existencia de desechos o residuos peligrosos provenientes de los plaguicidas. Las responsabilidades establecidas para los fabricantes, formuladores, importadores y distribuidores de: Considerar diseños de envases y empaques que favorezcan la prevención generación de residuos o desechos peligrosos, asumir la responsabilidad directa de la gestión de los envases y empaques. Entre otros. El Artículo 2.2.7.3.1.5. establece la responsabilidad de las autoridades ambientales. Las autoridades ambientales controlarán y vigilarán el manejo de los plaguicidas, y de los residuos o desechos peligrosos provenientes de los mismos, de conformidad con lo consagrado en el presente título y demás normas ambientales vigentes.(Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 del, 2015)

#### 4. Metodología

Con el propósito de llevar a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva que permita comprender cómo es la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia, se realizó la recopilación de información a partir de fuentes digitales en el período comprendido entre septiembre y noviembre de 2023. Para la aplicación de esta metodología, se empleó el enfoque Proknow-C desarrollado por el Laboratorio MCDA de la Universidad Federal de Santa Catalina, un método reconocido por su eficacia en la construcción de conocimiento a partir de la búsqueda y análisis de artículos científicos, el cual permite construir un portafolio bibliográfico relevante y acorde al tema de investigación (Bolzán & Mendes, 2022; Feyh et al., 2012; Vilela, 2012). Además, se utilizó la herramienta Mendeley para facilitar la aplicación de la metodología, lo que permitió un enfoque más efectivo en la gestión de las fuentes bibliográficas.

Una vez establecido el tema de investigación, se procedió a la selección de palabras clave que posibilitan la conexión con la gestión de residuos de agroquímicos en Colombia. Para ello, se eligieron términos como "residuos de agroquímicos," "residuos de pesticidas," "gestión," "Colombia," y "logística inversa." A continuación, se realizaron diversas combinaciones de estas palabras clave, en inglés y español, mediante el operador booleano "AND."

Las bases de datos utilizadas para llevar a cabo la consulta, siguiendo las combinaciones pertinentes al tema de investigación, incluyeron Scopus, Sciencedirect, Scielo, Dialnet, DOAJ, Springerlink y Google Académico. A los cuales se les aplicaron filtros específicos para identificar artículos de revisión relacionados con el área de estudio, tales como: tema de investigación, artículos de revisión y área de estudio, la cual se enfoca netamente en Colombia.

Una vez finalizó la búsqueda de información, se procedió a identificar los artículos combinados con el apoyo del software Mendeley, utilizando la opción "Tools" y, posteriormente, la función "check for duplicates.", los cuales se depuraron mediante la opción "merge".

Acto seguido, con el objetivo de conformar un portafolio bibliográfico relevante, se realizó un filtro de los artículos obtenidos tras la depuración de duplicados. Lo anterior consistió en la lectura de los títulos, con el fin de asegurar la alineación y pertinencia con los criterios de investigación, con lo cual con el apoyo de Mendeley se conformó el banco de información.

Siguiendo el procedimiento de Proknow-C, se llevó a cabo un segundo filtro de información al analizar los resúmenes de los artículos resultantes. El objetivo de este paso fue verificar nuevamente, con mayor certeza, si estos artículos se relacionaban con el tema de la investigación, por lo cual, se consideraron únicamente los documentos que proporcionaban información sobre agroquímicos en desuso y los residuos de envases y empaques de agroquímicos, así como los modelos de gestión aplicados.

Finalmente, se confeccionó el portafolio bibliográfico mediante la selección de artículos. A continuación, de acuerdo a Feyh et al. (2012), se llevó a cabo el análisis bibliométrico correspondiente, para posteriormente, se identificar categorías alineadas con los objetivos de investigación, y se realizar el análisis sistémico correspondiente. Para la exploración bibliográfica

se definieron la investigación se definieron 32 comandos de búsqueda en la que se utilizó las palabras clave en inglés y español están siendo combinadas con el operador booleano and y comillas.

Se establecieron 32 combinaciones con las palabras clave seleccionadas, las mismas se conformaron con base en las 8 combinaciones siguientes: gestión and residuos de agroquímicos and Colombia, gestión de residuos de agroquímicos and Colombia, gestión and residuos de pesticidas and Colombia, gestión de residuos de pesticidas and Colombia, Logística inversa and residuos de agroquímicos and Colombia, Logística inversa de residuos de agroquímicos and Colombia, Logística inversa and residuos de pesticidas and Colombia, Logística inversa de residuos de pesticidas and Colombia.



## 5. Resultados

En los comandos en español se encontraron 721 resultados y en inglés 2361 resultados. En cada base de datos se realizó la misma búsqueda de usar los 32 comandos para un total de 3088 resultados. Al concluir la búsqueda, se pudo observar una predominancia de resultados obtenidos en inglés en comparación con el español, destacándose la combinación "Management and waste of agrochemicals and Colombia" como aquella que generó el mayor número de resultados relevantes.

Posteriormente, se utilizaron las mismas combinaciones, pero cada palabra clave se encerró entre comillas, lo que resultó en la duplicación de la cifra inicial y en un total de 16 combinaciones. Finalmente, estas 16 combinaciones fueron traducidas al idioma inglés, generando así las 32 combinaciones finales.

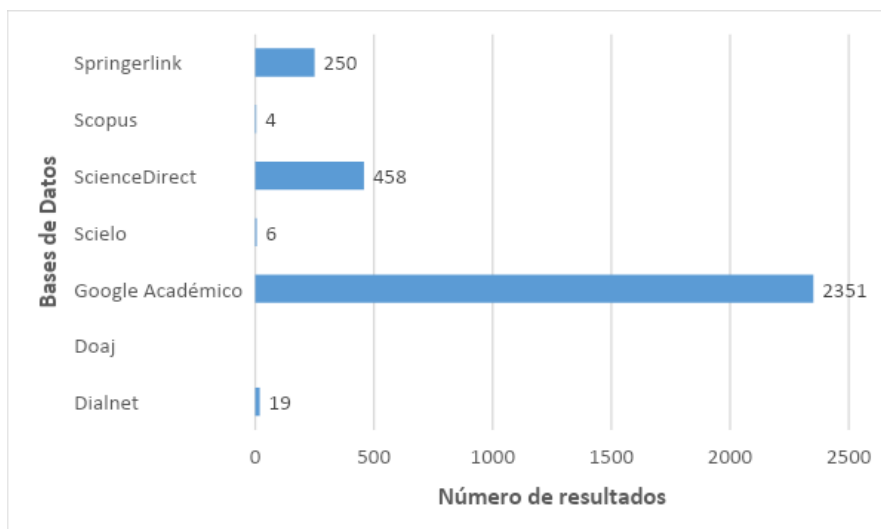
Se llevó a cabo la búsqueda en cada base de datos seleccionada y al finalizar, se obtuvo un total de 721 resultados empleando las combinaciones en español y un total de 2361 resultados con las combinaciones en inglés, para un total de 3088 resultados. Con base en lo anterior, se evidenció una predominancia de resultados en inglés en contraste con el español. Destaca la combinación "Management and waste of agrochemicals and Colombia" como aquella que arrojó el mayor número de resultados relevantes, totalizando 592, le sigue la combinación "management" and "pesticide residues" and "Colombia" con 517 resultados, y por último la combinación "pesticide residue management and Colombia" con 316.

La siguiente gráfica muestra los resultados obtenidos de la búsqueda por cada base de datos empleada, destacando que la mayor cantidad de resultados se obtuvo en Google Académico, con un total de 2351, y Scimedirect, con un valor de 458, por otro lado, es relevante mencionar que la base de datos DOAJ no arrojó resultados para esta búsqueda.

### Gráfica

1.

*Número de resultados obtenidos por base de datos*



*Fuente:* Elaborado por los autores (2023)

De los 3088 resultados obtenidos se identificaron 1.709 artículos duplicados, los cuales, se depuraron mediante el software Mendeley. Como resultado de esta depuración, se obtuvo un total de 1.379 artículos no duplicados. Tras la aplicación del primer filtro de revisión de títulos, se obtuvo un total de 88 artículos alineados al tema de investigación, posteriormente, con la lectura de los resúmenes se obtuvo un total de 8 artículos que conforman el portafolio bibliográfico.

**Tabla 1.**

Artículos de seleccionados para constituir el portafolio bibliográfico

Ítem	Título	Autor	Año	Revista
1	Diseño de una red de logística inversa: caso de estudio Usocicamocho - Boyacá	Julián Silva	2017	Ingeniería y Ciencia
2	Residuos de plaguicidas en cultivos del municipio Zona Bananera, departamento del Magdalena, Colombia	Yiniva Camargo, Fredy Tovar y Eliana Álvarez	2021	Revista Internacional de Contaminación Ambiental
3	Simulación de un proceso de logística inversa: recolección y acopio de envases y empaques vacíos de plaguicidas	Julián Silva y Eduin Contreras	2015	Entre Ciencia e Ingeniería
4	Análisis de los efectos generados en el suelo a causa de la inadecuada disposición de envases de agroquímicos en la vereda Lavadero, Fόμεque, Cundinamarca, Colombia	Daniela Guzmán, Liliana Figueroa, Laura Cabezas	2020	Gestión y ambiente
5	Modelo logístico integral para envases y empaques vacíos de plaguicidas en el departamento de Boyacá	Julián Silva	2022	Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI
6	Pesticidas obsoletos en Colombia. Situación actual y alternativas de tratamiento y disposición	Nancy Sánchez, Manuel Rodríguez y Víctor Sarria	2006	Revista de ingeniería
7	Estudio del manejo, clasificación y recolección de fitosanitarios en el cultivo de fríjol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> ) en Sibundoy Putumayo (Colombia)	Adriana Guerra, Anderson Mena, Melaly Burbano, María Burbano y Lizeth Pardo	2021	Revista de Investigación Agraria y Ambiental
8	Diseño de un sistema de logística inversa para la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas	Eduin Contreras, Ana Fraile y Julián Silva	2013	Revista Ingeniería industrial

*Fuente:* Elaborado por los autores (2023)

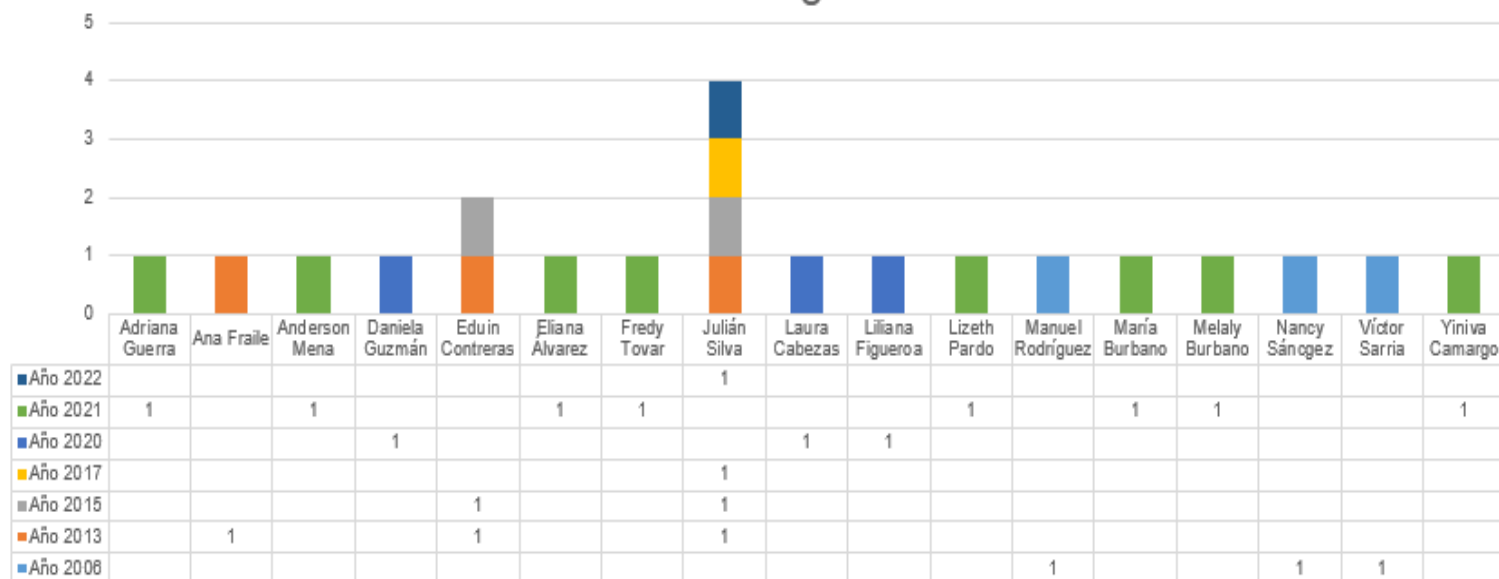
A continuación, se presentan las cifras correspondientes al número de publicaciones por autor, derivadas de los resultados obtenidos mediante la aplicación de la metodología Proknow-C, la cual fue utilizada para estructurar el portafolio bibliométrico. Es relevante señalar que la mayor concentración de resultados, con un total de 8 publicaciones, se registra en el año 2020. Por otra parte, se observa la presencia destacada de autores vinculados a la investigación sobre la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales del país. Entre ellos, resalta la contribución de Julián Silva, quien ha aportado un total de 4 publicaciones, así como la participación de Eduin Contreras, con 2 publicaciones en dicho ámbito.

Además, se presenta el número de publicaciones recopiladas por año, considerando que algunos autores han trabajado mancomunadamente en diferentes publicaciones que conforman el portafolio bibliométrico. En líneas generales, se aprecia una variabilidad en los años de publicación, abarcando los años 2006, 2013, 2015, 2017, 2020, 2021 y 2022. No obstante, destaca el año 2021 con la cifra más elevada, contabilizando un total de 2 publicaciones relacionadas con la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia.

**Gráfica**

2.

*Autores destacados*



Fuente: Elaborado por los autores (2023)

A continuación, se muestran el número de resultados obtenidos por municipio según los tipos de residuos agroquímicos, los cuales se dividen en envases de agroquímicos y agroquímicos en desuso, resaltando que la mayor cantidad de resultados se encuentran en el municipio de Paipa, ubicado en Departamento de Boyacá, con un total de 2 resultados.

**Gráfica 3.**

*Número de publicaciones por municipio de acuerdo al tipo de residuo*



*Fuente:* Elaborado por los autores (2023)

A continuación, se presentan los resultados derivados de la revisión de los artículos que componen el portafolio bibliográfico, los cuales se convierten en las categorías para el análisis sistémico, las cuales abarcan diversos aspectos relacionados con la gestión de residuos de agroquímicos, incluyendo la gestión actual de los residuos de agroquímicos, las propuestas de gestión sugeridas por los autores, las causas que contribuyen a una gestión inadecuada de estos residuos, así como las consecuencias que esta inadecuada gestión conlleva, manifestándose en diversos impactos ambientales.

En cuanto a la gestión actual de los residuos de agroquímicos, se destaca principalmente el método empírico con proveedor externo, con un total de cinco resultados. Este enfoque hace referencia a procesos llevados a cabo sin el uso de herramientas tecnológicas o ingenieriles. Le siguen en frecuencia el entierro de residuos, la quema a cielo abierto y la disposición en fuentes hídricas, cada una de ellas con 3 resultados. Asimismo, la gestión actual con disposición en suelo o cultivos obtuvo 2 resultados, mientras que la opción de reúso doméstico registró el valor más bajo, con un total de 1 resultado.

En relación a las propuestas de gestión, la logística inversa se destaca como la más recurrente en las publicaciones, obteniendo un total de 6 resultados. A continuación, con un valor unitario, se encuentran las propuestas de gestión relacionadas con el almacenamiento, seguimiento a proveedores y agricultores, la devolución de envases y el reciclaje.

Por otro lado, se puede observar que las causas que generan una inadecuada gestión de residuos de agroquímicos están lideradas por las inadecuadas prácticas de gestión, con un total de 6 resultados. Les siguen el desconocimiento e insuficiente capacitación, así como la falta de supervisión en la gestión adecuada de los residuos de plaguicidas, ambas con un valor de 2 en la matriz de resultados. Cabe mencionar que la gestión empírica, la escasa normatividad y el incumplimiento de la existente, así como la intensiva aplicación de agroquímicos, obtuvieron la calificación más baja, con un valor de 1 cada una, convirtiéndose en las causas menos frecuentes identificadas.

Finalmente, se presentan las consecuencias generadas por la inadecuada gestión de residuos de agroquímicos, en donde se destacan la contaminación del suelo, los efectos a la salud humana y la contaminación del agua, cada una con un valor de 6, por último, la contaminación del aire, aunque con una frecuencia no muy distante de las anteriormente mencionadas, cierra el listado con un valor de 5 en la matriz de resultados.

**Tabla**

2.

*Resultados obtenidos de las categorías para el análisis sistémico*

<b>INFORMACIÓN</b>		<b>TOTAL</b>
<b>GESTIÓN ACTUAL</b>	Entierro de residuos	<b>3</b>
	Disposición en suelo o cultivos	<b>2</b>
	Quema a cielo abierto	<b>3</b>
	Reúso doméstico	<b>1</b>
	Proceso empírico con proveedor externo	<b>5</b>
	Disposición en fuentes hídricas	<b>3</b>
<b>GESTIÓN PROPUESTA</b>	Logística inversa	<b>6</b>
	Almacenamiento	<b>1</b>
	Seguimiento a proveedores y agricultores	<b>1</b>
	Devolución de envases	<b>1</b>
	Reciclaje	<b>1</b>
<b>CAUSAS</b>	Desconocimiento e insuficiente capacitación	<b>2</b>
	Gestión empírica	<b>1</b>
	Escasa normatividad e incumplimiento de la existente	<b>1</b>
	Inexistencia de supervisión	<b>2</b>
	Inadecuadas prácticas de gestión	<b>6</b>
	Intensiva en la aplicación de agroquímicos	<b>1</b>
<b>CONSECUENCIAS</b>	Contaminación del suelo	<b>6</b>
	Contaminación del aire	<b>4</b>
	Efectos a la salud humana	<b>6</b>
	Contaminación del agua	<b>6</b>

*Fuente:* Elaborado por los autores (2023)

## 6. Análisis de resultados

La siguiente tabla muestra las categorías del análisis sistémico, acompañadas de las referencias de los autores que las abordan en sus artículos de investigación. Este análisis sirve como fundamento para abordar y resolver los objetivos establecidos.

### Tabla

3.

*Categorías del análisis sistémico con las referencias de los autores*

INFORMACIÓN		REFERENCIAS
GESTIÓN ACTUAL	Entierro de residuos	(Guerra et al., 2021; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017)
	Disposición en suelo o cultivos	(Guzmán et al., 2020; Silva & Contreras, 2015)
	Quema a cielo abierto	(Contreras et al., 2013; Guzmán et al., 2020; Silva, 2017)
	Reúso doméstico	(Silva, 2017)
	Proceso empírico con proveedor externo	(Contreras et al., 2013a; Guerra et al., 2021; Guzmán et al., 2020; Silva, 2022; Silva & Contreras, 2015)
	Disposición en fuentes hídricas	(Camargo et al., 2021a; Silva, 2017; Silva & Contreras, 2015)
GESTIÓN PROPUESTA	Logística inversa	(Camargo et al., 2021; Contreras et al., 2013; Guzmán et al., 2020; Silva, 2017, 2022; Silva & Contreras, 2015)
	Almacenamiento	(Sánchez et al., 2006)
	Seguimiento a proveedores y agricultores	(Guzmán et al., 2020)
	Devolución de envases	(Guerra et al., 2021)
	Reciclaje	(Guerra et al., 2021)
CAUSAS	Desconocimiento e insuficiente capacitación	(Contreras et al., 2013; Silva, 2022)
	Gestión empírica	(Silva & Contreras, 2015)
	Escasa normatividad e incumplimiento de la existente	(Contreras et al., 2013a)
	Inexistencia de supervisión	(Contreras et al., 2013; Silva, 2022)
	Inadecuadas prácticas de gestión	(Contreras et al., 2013; Guerra et al., 2021; Guzmán et al., 2020; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017, 2022)
	Intensiva en la aplicación de agroquímicos	(Camargo et al., 2021a)

INFORMACIÓN		REFERENCIAS
CONSECUENCIAS	Contaminación del suelo	(Camargo et al., 2021a; Contreras et al., 2013a; Guerra et al., 2021; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017; Silva & Contreras, 2015)
	Contaminación del aire	(Contreras et al., 2013; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017; Silva & Contreras, 2015)
	Efectos a la salud humana	(Contreras et al., 2013; Guzman et al., 2020; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017, 2022; Silva & Contreras, 2015)
	Contaminación del agua	(Camargo et al., 2021; Contreras et al., 2013; Guerra et al., 2021; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017; Silva & Contreras, 2015)

*Fuente:* Elaborado por los autores (2023)

Según Silva (2017), la actividad económica predominante en algunos municipios es la ganadería y la agricultura, ambas con una participación significativa. A pesar de que se destina una mayor cantidad de hectáreas a la ganadería, el número de predios dedicados a la agricultura es superior, aunque con extensiones de tierra más reducidas.

Desde la perspectiva de Camargo et al. (2021), se destaca que, en el departamento del Magdalena, el cultivo de banano, específicamente en el proceso productivo, está estrechamente vinculado a la generación de residuos o desechos peligrosos. Este aspecto se debe a las estrictas características fitosanitarias que el banano debe cumplir para ser exportado. A pesar de la importancia de la agricultura en el país, existen brechas significativas en cuanto a la recolección adecuada de los residuos de envases agroquímicos, según afirman Guzmán et al. (2020).

Por otro lado, Contreras et al. (2013), señalan que los actores involucrados en la recolección y disposición final de los residuos de agroquímicos no cumplen con la normativa establecida. Se observa que el proceso actual es empírico y carece de consideraciones propias de la logística inversa, lo que, según Guzmán et al. (2020), conlleva a problemáticas ambientales significativas debido a la lenta degradación y fragmentación en microplásticos de estos residuos.

La problemática se agrava, ya que, según Camargo et al. (2021), la mala disposición de los envases y empaques conlleva a la contaminación de los recursos hídricos y del suelo. Además, Guzmán et al. (2020), señalan que en la vereda Fomeque prevalecen prácticas como la quema de envases, lo que, según (Guerra et al., 2020), ocasiona deterioro del aire debido a los gases tóxicos generados por los agroquímicos presentes en los envases.

Dada la situación descrita, la gestión actual de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia, Las prácticas más comunes incluyen el entierro de residuos, la quema a cielo abierto, el rehusó doméstico, procesos empíricos con proveedores externos y la disposición en fuentes hídricas, las cuales, conllevan situaciones ambientales críticas (Sánchez et al., 2006; Silva, 2017) (Silva Rodríguez, 2017; Sánchez, Nancy P. Manuel Rodríguez, 2006; (Guerra et al., 2020)

---

Las causas subyacentes de estas prácticas, según estudios anteriores desarrollados por Contreras et al. (2013), Silva (2022) y Silva & Contreras (2015), se atribuyen a la falta de conocimiento de los agricultores, la insuficiente capacitación por parte de las entidades responsables y, además, al incumplimiento de la normativa vigente, lo que permite que estas prácticas persistan y se intensifiquen. En particular, la aplicación excesiva de agroquímicos, junto con prácticas inadecuadas de gestión de los residuos asociados, se señala como la causa principal. Todo esto se agrava por la falta de acompañamiento y seguimiento por parte de las entidades pertinentes (Guzmán et al., 2020; Sánchez et al., 2006; Silva, 2017).

No obstante, en relación con las causas previamente expuestas, las soluciones propuestas por estudios como los de Camargo et al. (2021), Guzmán et al. (2020) y Silva (2017) resaltan la importancia de implementar programas de logística inversa.

Según Silva (2017), la importancia y los beneficios que conlleva la implementación de esta es obtener incentivos económicos, crecimiento de la cultura ciudadana con respecto al tema de la responsabilidad extendida del productor, por lo tanto, Silva (2017), establece que la importancia del papel de la logística es la devolución de productos, el reciclaje, la sustitución de materiales, reutilización de materiales, eliminación de residuos, así como la renovación, reparación y re fabricación

Por otro lado, Guerra et al. (2021), sostienen que la medida más acertada para abordar esta problemática radica en considerar la devolución de envases y el reciclaje de los residuos de agroquímicos. Estas perspectivas convergentes destacan la necesidad de estrategias concretas que promuevan la responsabilidad ambiental y sostenible en la gestión de estos desechos.



## 7. Discusión

La gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia es un problema complejo que requiere una solución integral, actualmente las prácticas de gestión de residuos son inadecuadas y perjudiciales para el medio ambiente, lo que se atribuye a la falta de conocimiento de los agricultores, la insuficiente capacitación y el incumplimiento de la normativa vigente.

Las prácticas inadecuadas incluyen el entierro de residuos, la quema a cielo abierto, el rehusó doméstico, procesos empíricos con proveedores externos no autorizados y la disposición en fuentes hídricas. Estas prácticas generan impactos ambientales críticos y representan un desafío significativo para la gestión de residuos. A pesar de estos desafíos, hay una falta de información disponible sobre la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia. Es necesario realizar más investigaciones para llenar estas brechas de información y desarrollar estrategias más efectivas y contextualizadas.

La implementación de programas de logística inversa y enfoques de responsabilidad extendida del productor parece ser una solución prometedora. Sin embargo, el éxito de estas soluciones depende de un entendimiento más profundo de las realidades locales y de la participación activa de todas las partes involucradas. En resumen, la gestión de residuos de agroquímicos es un problema complejo que requiere una solución integral y multifacética. Ante dicha situación los autores anteriormente mencionados relatan las alternativas propuestas para mejorar la gestión de residuos de agroquímicos presentan oportunidades significativas por lo que la implementación de programas de logística inversa y enfoques de responsabilidad extendida del productor parece ser una solución prometedora.

## 8. Conclusiones

La gestión de los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia presenta desafíos significativos que van más allá de la simple recolección y disposición final. El análisis revela prácticas inadecuadas como el entierro de residuos, la quema a cielo abierto, el rehusó doméstico, procesos empíricos con proveedores externos no autorizados y la disposición en fuentes hídricas, que generan impactos ambientales críticos. Es imperativo implementar estrategias integrales que aborden no solo la gestión de residuos, sino también las causas subyacentes de estas prácticas.

La gestión incorrecta e incompleta que se realiza actualmente a los residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia, conllevan a situaciones socioambientales críticas y posiblemente irreversibles. La principal razón de esta situación se puede atribuir a la falta de conocimiento de los agricultores, la insuficiente capacitación por parte de las entidades responsables y el incumplimiento de la normativa vigente. Sin embargo para cambiar el paradigma actual y lograr que las alternativas de éxito, que han sido viabilizadas científicamente y representan oportunidades significativas, funcionen será necesario no solo tener voluntad política y rigurosidad normativa sino también un esquema de acompañamiento y seguimiento por parte de las entidades pertinentes para garantizar la implementación y efectividad.

A lo largo del análisis, se destaca la incipiente disponibilidad de información respecto a la gestión de residuos de agroquímicos en las zonas rurales de Colombia. Urge realizar más investigaciones que llenen estas brechas de información y permitan desarrollar estrategias más efectivas y contextualizadas para abordar esta problemática en el país. La implementación de programas de logística inversa y enfoques de responsabilidad extendida del productor parece ser una solución prometedora, pero su éxito depende de un entendimiento más profundo de las realidades locales y de la participación activa de todas las partes involucradas.

## 9. Recomendaciones

- Implementar programas educativos dirigidos a agricultores en zonas rurales, proporcionando información detallada sobre el manejo adecuado de agroquímicos, incluida su aplicación, almacenamiento y disposición final.
- Establecer centros de recolección de residuos de agroquímicos en áreas estratégicas de las zonas rurales para facilitar la eliminación segura de estos materiales. Asegurar que estos centros están equipados con las medidas de seguridad adecuadas.
- Reforzar los mecanismos de monitoreo y fiscalización para garantizar el cumplimiento de las regulaciones existentes. Esto podría incluir visitas regulares, sanciones por incumplimiento.
- Fomentar la investigación y el desarrollo de alternativas más sostenibles a los agroquímicos convencionales.
- Promover la participación activa de las comunidades rurales en la gestión de residuos de agroquímicos a través de campañas de sensibilización. Involucrar a líderes comunitarios y educadores locales para difundir información sobre los riesgos y las mejores prácticas.
- Implementar tecnologías innovadoras para el seguimiento y la gestión de residuos de agroquímicos, como sistemas de información geográfica (GIS) para identificar áreas críticas y soluciones basadas en la tecnología para el tratamiento seguro de estos residuos.
- Fomentar la colaboración entre entidades gubernamentales, organizaciones, empresas agrícolas y comunidades locales para abordar de manera integral los desafíos de la gestión de residuos de agroquímicos

## 10. Referencias

- Amaya, P., & Sandoval, J. (2020). *Evaluación de la obtención y uso del aceite esencial de Eucalipto (Eucalyptus Globulus) como fungicida*. Fundación Universidad de América.
- Bolzán, R., & Mendes, L. (2022). Construcción de conocimiento sobre la experiencia turística: una revisión sistematizada de la literatura a partir del método Proknow-c. *Revista Científica Do Curso de Pós-Graduação Em Turismo e Hotelaria Da Universidade Do Vale Do Itajaí*, 4(3), 430–448. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14210/rtva.v24n3p430-448>
- Camargo, Y., Tovar, F., & Álvarez, E. (2021a). Residuos de plaguicidas en cultivos del municipio Zona bananera, departamento del Magdalena, Colombia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 37, 145–153.
- Campoverde, J., Carrillo, M., Jiménez, J., Roldán, R., Loyola, D., & Coronel, K. (2022). *Revisión de la literatura sobre logística inversa, sus aplicaciones y tendencias futuras*. Enfoque UTE; Universidad UTE. <https://doi.org/10.29019/ENFOQUEUTE.782>
- Contreras, E., Fraile, A., & Silva, J. (2013a). Diseño de un sistema de logística inversa para la recolección de envases y empaques vacíos de plaguicidas. *Revista Ingeniería Industrial, ISSN-e 0717-9103, Vol. 12, N°. 2, 2013, Págs. 29-42, 12(2), 29–42*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4734900&info=resumen&idioma=ENG>.
- Departamento Nacional de Planeación. (2022). *Guía Nacional para la adecuada separación de residuos sólidos Colombia 2022*. <https://economiacircular.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/06/guia-nacional-para-la-adecuada-gestion-de-residuos-colombia-2022.pdf>
- Feyh, M., Souza, J., Ensslin, S., & Ensslin, L. (2012). Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo proknow-c na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 5(2), 47–62. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v5i2.424>
- Guerra, A., Mena, A., Burbano, M., Burbano, M., & Pardo, L. (2021). Estudio del manejo, clasificación y recolección de fitosanitarios en el cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) en Sibundoy Putumayo (Colombia). *RIAA, ISSN-e 2145-6453, Vol. 12, N°. 1, 2021, 12(1), 133–152*. <https://doi.org/10.22490/21456453.3654>
- Guzmán, D., Figueroa, L., & Cabezas, L. (2020). Análisis de los efectos generados en el suelo a causa de la inadecuada disposición de envases de agroquímicos en la vereda Lavadero, Fómeque,

- Cundinamarca, Colombia. *Gestión y Ambiente*, 23(2), 250–272.  
<https://doi.org/10.15446/ga.v23n2.91063>
- Instituto Nacional de Salud. (2010). Protocolo de vigilancia y control de intoxicaciones por plaguicidas. In *Vigilancia y Control en Salud Pública*.
- Lau, C., Jarvis, A., & Ramirez, J. (2013). *Agricultura Colombiana : Adaptación al Cambio Climático*. CIAT - Centro Internacional de Agricultura Tropical Pláticas En Síntesis.  
[http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/02/politica%7B\\_%7Dsintesis1%7B\\_%7Dcolombia%7B\\_%7Dcambio%7B\\_%7Dclimatico.pdf](http://dapa.ciat.cgiar.org/wp-content/uploads/2013/02/politica%7B_%7Dsintesis1%7B_%7Dcolombia%7B_%7Dcambio%7B_%7Dclimatico.pdf)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2022). *Envases de Plaguicidas - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/envases-de-plaguicidas/>
- Montes, Z., & Rodríguez, M. (2021). La logística inversa en el manejo de los residuos de empaques y embalajes en el contexto del COVID-19. *Revista Vértice Universitario*, 91, 3–13.  
<https://doi.org/10.36792/rvu.vi91.35>
- Nove, U., Brasil, J., Marques, D., Pagán Martínez, M. ;, Silva, M. ;, Junior, B., Cataneo, S. ;, & Fernando; Da Silva, P. (2017). Logística inversa de envases de plaguicidas: percepción de los pequeños y medianos productores agrícolas. *Exacta*, 15(2), 353–368.  
<https://doi.org/10.5585/ExactaEP.v15n2.7170>
- Ortíz, I., Avila, M., & Torres, L. (2014). Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal*, 5(1), 26–46.  
<https://doi.org/10.7603/s40682-014-0003-9>
- Pawlak, K., & Kołodziejczak, M. (2020). The role of agriculture in ensuring food security in developing countries: Considerations in the context of the problem of sustainable food production. *Sustainability (Switzerland)*, 12(13). <https://doi.org/10.3390/su12135488>
- Popp, J., Pető, K., & Nagy, J. (2013). Pesticide productivity and food security. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(1), 243–255. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0105-x>
- RAE. (n.d.). *agroquímico, agroquímica | Definición | Diccionario de la lengua española | RAE - ASALE*. Retrieved November 17, 2023, from <https://dle.rae.es/agroquímico>

- Rodríguez, N. (2019). Producción subjetiva sobre la exposición a agroquímicos. Revisión de la bibliografía científica. *Ciencia e Saude Coletiva*, 24(3), 781–792. <https://doi.org/10.1590/1413-81232018243.01512017>
- Rojas, J., Benítez, P., Rivas, E., & Miranda, L. (2019). Residuos de plaguicidas en suelos de uso agrícola y riesgo de exposición en la microcuenca Los Zarzales, Municipio Rivas Dávila, Estado Mérida, Venezuela. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(2), 307–315. <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.04>
- Rojas, M., & Gámez, H. (2002). Herbicidas de origen natural. *Ciencia UANL*, V(002), 160–164.
- Salamanca, G. (2020). Efecto de los agroquímicos en salud pública y medio ambiente. *Agroquímicos En Salud Pública y Medio Ambiente*, 1–22.
- Sánchez, N., Rodríguez, M., & Sarria, V. (2006). Pesticidas obsoletos en Colombia situación actual y alternativas de tratamiento y disposición. *Revista de Ingeniería*, 23, 13–22. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=121014221002>
- Shen, S. (2023). Types and Benefits of Agrochemicals in Enhancement of Agricultural Productivity and Sustainability. *Journal of Agriculture and Allied Sciences*, 12(2), 43–44. <https://doi.org/10.4172/2347-226X.12.2.006>
- Silva, J. (2017). Diseño de una red de logística inversa: caso de estudio Usochicamocha - Boyacá. *Ingeniería y Ciencia*, 13(26), 91–113. <https://doi.org/10.17230/INGCIENCIA.13.26.4>
- Silva, J. (2022). Modelo logístico integral para envases y empaques vacíos de plaguicidas en el departamento de Boyacá. *Nuevas Realidades Para La Educación En Ingeniería: Currículo, Tecnología, Medio Ambiente y Desarrollo*, 1–11. <https://doi.org/10.26507/paper.2223>
- Silva, J., & Contreras, E. (2015). Simulación de un proceso de logística inversa: recolección y acopio de envases y empaques vacíos de plaguicidas. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 9(18), 16–22.
- Tossou, E., Tapa-yotto, G., Tchigossou, G., Soglo, M., Mbokou, S., Hortense, H., Tchoumi, B., Bokonon-ganta, A., Tam, M., & Djouaka, R. (2023). A Novel Approach for Assessing Technical Grade and Quality of Lambda-Cyhalothrin and Acetamiprid in Insecticides Used in Agricultural Systems by HPLC Technique in Southern Benin. *Agrochemicals*, 2, 551–560. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agrochemicals2040031>
- Velazquez, L., Ortiz, I., Chávez, J., Pámanes, G., Carrillo, A., & Pereda, M. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional. *TIP. Revista*

*Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25, 1–13.  
<https://doi.org/10.22201/FESZ.23958723E.2022.482>

Vilela, L. de O. (2012). Aplicação Do Proknow-C Para Seleção De Um Portifólio Bibliográfico E Análise Bibliométrica Sobre Avaliação De Desempenho Da Gestão Do Conhecimento. *Revista Gestão Industrial*, 8(1), 76–92. <https://doi.org/10.3895/s1808-04482012000100005>

### **Anexo 1. Citas y referencias de material legal (leyes, decretos, sentencias, etc.)**

Cita (al interior del texto)	Referencias
(Resolución 1675 de 2013)	(Decreto 1675 de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2013)
(Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible 1076 del 2015)	(Decreto 1675 de 2013 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), 2013)