

# Desarrollo de Estrategias Educativas Basadas en el Análisis Físico-Químico de Aguas Residuales en los Barrios del Cantón Chambo

Development of Educational Strategies Based on the Physico-Chemical Analysis of Wastewater in the Neighborhoods of Chambo Canton

**José Gerardo León Chimbolema**

Doctor en Química, Máster en protección Ambiental  
Docente investigador Escuela superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH)

<https://orcid.org/0000-0001-9202-8542>

[gerardo.leon@epoch.edu.ec](mailto:gerardo.leon@epoch.edu.ec)

## Resumen

El artículo investiga las características físico-químicas de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo y propone estrategias educativas para la gestión sostenible del agua en 2023. La problemática principal es la descarga inapropiada de aguas residuales sin tratamiento, lo que resulta en una contaminación significativa y riesgos para la salud pública y el medio ambiente. El objetivo de la investigación es identificar los principales contaminantes presentes en las aguas residuales y diseñar un programa educativo para concienciar a la comunidad sobre la importancia del tratamiento adecuado. La metodología incluyó la recolección de muestras de aguas residuales en los barrios Paraíso, San Jorge, El Llío y San Sebastián, y su análisis en laboratorios especializados para determinar parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales. Los resultados mostraron niveles



**Imaginario Social**

**Entidad editora**

**REDICME (reg-red-18-0061)**

**e-ISSN: 2737-6362**

**julio- diciembre Vol. 7-3-2024**

<http://revista->

[imaginarsocial.com/index.php/es/index](http://imaginarsocial.com/index.php/es/index)

x

Recepción: 30 de abril de 2024

Aceptación: 08 de junio de 2024

186-205

Atribución/Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Licencia Pública Internacional — CC

**BY-NC-SA 4.0**

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode.es>

elevados de estos contaminantes, superando los límites permitidos por la normativa ambiental. Las conclusiones del estudio subrayan la urgencia de implementar medidas educativas que involucren a la comunidad en la gestión sostenible del agua. Se propusieron talleres, materiales educativos y campañas de concienciación como estrategias clave para reducir la contaminación y mejorar la calidad del agua en el Cantón Chambo.

**Palabras clave:** Aguas, contaminación, educación, gestión, salud

### **Abstract**

The article investigates the physical-chemical characteristics of wastewater in the neighborhoods of the Chambo Canton and proposes educational strategies for sustainable water management in 2023. The main problem is the inappropriate discharge of wastewater without treatment, which results in contamination and risks to public health and the environment. The objective of the research is to identify the main contaminants present in wastewater and design an educational program to raise awareness in the community about the importance of adequate treatment. The methodology included the collection of wastewater samples in the Paraíso, San Jorge, El Llío and San Sebastián neighborhoods, and their analysis in specialized laboratories to determine parameters such as biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS) and fecal coliforms. The results showed high levels of these contaminants, exceeding the limits allowed by environmental regulations. The study's conclusions highlight the urgency of implementing educational measures that involve the community in sustainable water management. Workshops, educational materials and awareness campaigns were proposed as key strategies to reduce pollution and improve water quality in the Chambo Canton.

**Keywords:** Water, pollution, education, management, health

### **Introducción**

El agua es un recurso vital para la vida humana y el desarrollo sostenible. No obstante, la contaminación de las aguas residuales se ha vuelto un problema crítico en muchas regiones del mundo, incluyendo el Cantón Chambo en Ecuador. La descarga

inapropiada de aguas residuales sin tratamiento adecuado representa una amenaza significativa para la salud pública y el medio ambiente. Según Sánchez y Champi (2021), la falta de infraestructura y gestión adecuada ha llevado a niveles alarmantes de contaminación en los cuerpos de agua locales. Este problema se agrava por el crecimiento urbano descontrolado y la insuficiente regulación ambiental, permitiendo la proliferación de fuentes de contaminación.

Diversas investigaciones han documentado los efectos negativos de la contaminación de aguas residuales. Hernández y Moreno (2018) indican que los contaminantes presentes en las aguas residuales, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales, pueden causar graves daños a los ecosistemas acuáticos y afectar la calidad del agua potable. Además, la presencia de coliformes fecales es un indicador de contaminación bacteriana que puede provocar enfermedades infecciosas en las comunidades que utilizan estas aguas para consumo humano y riego agrícola (Valdivieso, 2022).

En el Cantón Chambo, los barrios de Paraíso, San Jorge, El Llío y San Sebastián enfrentan problemas significativos debido a la descarga directa de aguas residuales en el río Chambo. Esta situación no solo deteriora la calidad del agua, sino que también impacta negativamente la salud de los residentes y la biodiversidad del área. La falta de conocimiento y conciencia sobre la gestión adecuada de las aguas residuales empeora el problema. Es crucial desarrollar estrategias educativas que involucren a la comunidad en la gestión sostenible del agua y promuevan prácticas responsables (Ramos et al., 2021).

El objetivo de esta investigación es analizar las características físico-químicas de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo y diseñar un programa educativo para aumentar la conciencia ambiental entre los residentes. Se pretende identificar los principales contaminantes presentes en las aguas residuales y evaluar su impacto en el medio ambiente y la salud pública. Además, se busca desarrollar materiales educativos y campañas de concienciación para promover la gestión sostenible del agua en la comunidad.

Para comprender la magnitud del problema, es importante revisar la literatura existente sobre la contaminación de aguas residuales y sus efectos. Alcazar (2021)

destaca la importancia de procesos y tecnologías avanzadas para el tratamiento de aguas residuales, subrayando cómo estos métodos pueden reducir significativamente la carga de contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en las aguas residuales. Contreras (2020) enfatiza la importancia de métodos volumétricos precisos para la medición de caudales, cruciales para evaluar correctamente la cantidad de aguas residuales y planificar adecuadamente su tratamiento.

Estacio (2022) sostiene que los desarenadores de flujo vertical son eficaces en la remoción de partículas sólidas de las aguas residuales, lo que es esencial para prevenir el daño a los sistemas de tratamiento posteriores y mejorar la calidad del agua tratada. Además, Fernández y Gómez (2019) examinan cómo la calidad del agua en zonas urbanas puede verse comprometida por la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado, lo que resalta la necesidad de implementar sistemas de tratamiento más efectivos.

La relación entre la contaminación de aguas residuales y la salud pública es un aspecto crítico. García (2020) analiza el impacto de las aguas residuales en la salud pública, destacando los riesgos asociados con la exposición a patógenos presentes en aguas contaminadas y la importancia de medidas preventivas. López y Ramírez (2020) subrayan la relación directa entre la calidad del agua y la incidencia de enfermedades infecciosas, indicando que la mejora en el tratamiento de aguas residuales puede tener un impacto significativo en la salud pública.

Además, Jiménez (2019) explora las tecnologías de tratamiento de aguas residuales aplicables en comunidades rurales, destacando la necesidad de soluciones adaptadas a contextos con recursos limitados. Mora y Morales (2022) examinan los principios y aplicaciones de diversos tratamientos de aguas residuales, proporcionando una base teórica sólida para la implementación de tecnologías adecuadas en diferentes escenarios.

Este estudio se justifica por la necesidad urgente de abordar la contaminación del agua en el Cantón Chambo y su impacto negativo en la salud y el medio ambiente. Al ofrecer datos precisos sobre la calidad de las aguas residuales y desarrollar estrategias educativas, se espera contribuir a la mejora de la gestión del agua y la protección del medio ambiente. La investigación también tiene como objetivo fomentar futuras investigaciones en el ámbito de la gestión de aguas residuales y la educación ambiental,

destacando la importancia de involucrar a la comunidad en la solución de problemas ambientales.

La metodología de esta investigación incluye la recolección de muestras de aguas residuales en los barrios mencionados y su análisis en laboratorios especializados. Los parámetros analizados incluyen la DBO, DQO, SST y coliformes fecales. Los resultados se compararán con los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental para evaluar el nivel de contaminación y proponer medidas correctivas.

En términos de estrategias educativas, este estudio se centra en la concienciación comunitaria sobre la importancia de la gestión adecuada de las aguas residuales. Romero (2021) presenta un análisis exhaustivo de los métodos de análisis físico-químico del agua, cruciales para evaluar la calidad del agua y diseñar estrategias de tratamiento efectivas. Además, Torres (2019) evalúa la gestión de residuos líquidos en áreas rurales, subrayando la necesidad de estrategias adaptadas a las condiciones locales para mejorar la calidad del agua.

Santa (2022) analiza el uso de flotadores para la medición de caudales en ríos, resaltando su importancia para el monitoreo preciso de los volúmenes de agua y la planificación de recursos hídricos. Zúñiga (2021) enfatiza la importancia de la educación ambiental en la gestión de recursos hídricos, proponiendo que la concienciación pública es clave para la implementación de prácticas sostenibles.

Este estudio no solo busca proporcionar una evaluación detallada de la calidad de las aguas residuales en el Cantón Chambo, sino también desarrollar un marco educativo que pueda ser replicado en otras regiones con problemas similares. La educación y la concienciación comunitaria son elementos clave para lograr una gestión sostenible del agua y garantizar la protección de los recursos hídricos para las generaciones futuras.

Finalmente, este estudio tiene importantes implicaciones prácticas. La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, como lagunas de oxidación y tecnologías avanzadas de tratamiento, puede mejorar significativamente la calidad del agua antes de su descarga en cuerpos de agua naturales, ayudando a mitigar los impactos ambientales y proteger la salud pública. Los programas educativos que involucren a la comunidad en la gestión sostenible del agua son esenciales para asegurar la adopción de prácticas sostenibles y la protección de los

recursos hídricos locales. Este enfoque integral, que combina tecnologías de tratamiento y educación comunitaria, puede servir como modelo para otras regiones con problemas similares de contaminación del agua (Hernández & Moreno, 2018).

La participación activa de la comunidad en la monitorización de la calidad del agua y la implementación de prácticas sostenibles es decisiva para el éxito a largo plazo de las iniciativas de gestión del agua. Igualmente, es primordial que las políticas públicas apoyen estas iniciativas mediante la provisión de recursos adecuados y la implementación de regulaciones estrictas para la gestión de aguas residuales (Ramos et al., 2021).

La investigación tiene como objetivo proporcionar una evaluación detallada de la calidad de las aguas residuales en el Cantón Chambo y desarrollar estrategias educativas para promover la gestión sostenible del agua. Los hallazgos de esta investigación pueden servir como base para futuras investigaciones y políticas públicas en el campo de la gestión de aguas residuales y la educación ambiental. Al involucrar a la comunidad y utilizar tecnologías avanzadas de tratamiento, se espera mejorar significativamente la calidad del agua y proteger la salud pública y el medio ambiente en el Cantón Chambo.

### **Metodología**

La metodología de esta investigación abarca la recolección de muestras de aguas residuales en los barrios mencionados y su análisis en laboratorios especializados. Los parámetros examinados comprenden la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), los sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales. Los resultados se contrastarán con los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental para determinar el nivel de contaminación y sugerir medidas correctivas. El diseño del estudio es observacional, centrado en la recolección y análisis de aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo. La población de estudio incluye las aguas residuales de los barrios Paraíso, San Jorge, El Llío y San Sebastián. Se seleccionaron puntos de muestreo estratégicos dentro de cada barrio para asegurar la representatividad de las muestras. Las muestras se recolectaron de manera aleatoria en diferentes días y horas para capturar la variabilidad temporal.

Las variables de interés incluyeron la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes

fecales. Estas variables se midieron utilizando métodos estándar validados, como los procedimientos APHA para el análisis de agua y aguas residuales. Los instrumentos utilizados incluyeron medidores de DBO, espectrofotómetros para DQO, filtros para SST y técnicas de cultivo para coliformes fecales. La validez de los instrumentos se garantizó mediante la calibración regular y el uso de controles de calidad.

El procedimiento incluyó varias etapas: primero, la recolección de muestras de aguas residuales en recipientes estériles, seguida de su transporte en condiciones controladas a laboratorios especializados. Una vez en el laboratorio, las muestras fueron analizadas siguiendo los protocolos establecidos para cada variable. Se siguieron estrictamente todas las normas de seguridad y manejo de muestras para evitar contaminaciones cruzadas.

El análisis estadístico se realizó utilizando estadísticas descriptivas y comparativas. Se calcularon medias, medianas y desviaciones estándar para cada variable. Los resultados se compararon con los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental para interpretar la significancia de los niveles de contaminantes encontrados. Estos análisis permitieron identificar patrones de contaminación y áreas que requieren intervención urgente, proporcionando una base sólida para las recomendaciones del estudio.

Adicionalmente, con los hallazgos se busca generar desarrollo de estrategias educativas para una propuesta de gestión sostenible del agua en 2023.

## **Resultados**

El análisis realizado en los barrios Paraíso, San Jorge, El Llío y San Sebastián del Cantón Chambo ha revelado resultados preocupantes sobre las características físico-químicas de las aguas residuales, destacando la necesidad urgente de intervenciones correctivas. Los datos obtenidos durante el estudio indican niveles elevados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales en las aguas residuales, superando ampliamente los límites permitidos por la normativa ambiental ecuatoriana.

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es un parámetro esencial que indica la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para descomponer la materia orgánica presente en el agua. En las muestras recolectadas, la DBO varió entre 180 y

200 mg/L, significativamente por encima del límite permisible de 30 mg/L establecido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica de Ecuador (Ramos et al., 2021). Estos altos niveles de DBO sugieren una elevada presencia de materia orgánica biodegradable, lo cual puede llevar a la depleción de oxígeno en los cuerpos de agua receptores, afectando negativamente a la fauna acuática y contribuyendo a la eutrofización (Hernández & Moreno, 2018).

La demanda química de oxígeno (DQO) mide la cantidad de oxígeno necesario para oxidar completamente todos los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. Los valores de DQO en las muestras analizadas fluctuaron entre 380 y 420 mg/L, excediendo ampliamente el límite permisible de 75 mg/L (Hernández & Moreno, 2018). La alta DQO indica una carga significativa de contaminantes químicos y orgánicos no fácilmente biodegradables, sugiriendo una contaminación persistente y de largo plazo en el medio ambiente acuático (Alcazar, 2021).

Los sólidos suspendidos totales (SST) son partículas sólidas presentes en el agua que pueden ser orgánicas o inorgánicas. En este estudio, las concentraciones de SST variaron entre 130 y 150 mg/L, excediendo el límite permisible de 50 mg/L (Valdivieso, 2022). Los SST pueden causar turbidez en el agua, afectar la fotosíntesis de las plantas acuáticas y llevar a la sedimentación de materiales que pueden dañar los hábitats bentónicos. Además, los SST pueden transportar contaminantes adheridos a sus superficies, aumentando el riesgo de toxicidad para la vida acuática y la salud humana (Ramos et al., 2021).

Los análisis bacteriológicos revelaron niveles extremadamente altos de coliformes fecales en las aguas residuales, con valores superiores a  $10^6$  NMP/100 mL, muy por encima del límite permisible de 1000 NMP/100 mL (Sánchez & Champi, 2021). La presencia de coliformes fecales es un indicador de contaminación fecal, lo que implica la posible presencia de patógenos como *E. coli* y otros microorganismos que pueden causar enfermedades gastrointestinales y otras infecciones en la población local. Este hallazgo es particularmente preocupante debido a los riesgos directos para la salud pública asociados con el uso de estas aguas contaminadas para riego agrícola y consumo doméstico (Estacio, 2022).

Los hallazgos del estudio confirman la grave contaminación de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo. La alta DBO sugiere una gran cantidad de materia



orgánica biodegradable presente en las aguas residuales, lo que puede agotar el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua receptores y afectar negativamente a la vida acuática. La elevada DQO indica la presencia de compuestos químicos y orgánicos no fácilmente biodegradables, lo que sugiere una contaminación persistente y prolongada en el medio ambiente acuático (Hernández & Moreno, 2018). Los altos niveles de SST pueden causar turbidez en el agua y afectar la fotosíntesis de las plantas acuáticas, además de llevar a la sedimentación de materiales que pueden dañar los hábitats bentónicos. La alta concentración de coliformes fecales representa un riesgo significativo para la salud pública debido a la posible presencia de patógenos peligrosos (Ramos et al., 2021).

Los resultados de la investigación son consistentes con investigaciones previas sobre la calidad del agua en regiones similares. Hernández y Moreno (2018) encontraron niveles elevados de DBO y DQO en aguas residuales sin tratamiento adecuado, lo que concuerda con los hallazgos de este estudio. Ramos et al. (2021) también documentaron problemas similares de contaminación en cuerpos de agua cercanos a áreas urbanas, destacando la necesidad de mejorar la gestión de aguas residuales para proteger la salud pública y el medio ambiente. Sin embargo, este estudio también presenta diferencias significativas con investigaciones anteriores. Por ejemplo, Sánchez y Champi (2021) reportaron niveles de coliformes fecales inferiores a los encontrados en el presente estudio. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias en las prácticas de gestión de residuos y en la infraestructura sanitaria entre las regiones estudiadas. Valdivieso (2022) sugirió que la implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales podría mitigar estos problemas, una recomendación que también es pertinente para el Cantón Chambo.

Las implicaciones prácticas de estos resultados son profundas. La alta contaminación de las aguas residuales representa un riesgo significativo para la salud de los residentes locales, ya que pueden estar expuestos a patógenos peligrosos a través del contacto directo con el agua contaminada o mediante el consumo de productos agrícolas irrigados con estas aguas. Además, la contaminación química y orgánica puede afectar negativamente a los ecosistemas acuáticos locales, reduciendo la biodiversidad y la calidad del agua (Alcazar, 2021).

En términos de implicaciones teóricas, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión de aguas residuales en áreas rurales y semiurbanas, destacando la necesidad de estrategias específicas para abordar la contaminación en estos contextos. Prácticamente, los hallazgos refuerzan la urgencia de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales y programas educativos para mejorar la conciencia pública sobre la importancia de la gestión sostenible del agua. Socialmente, los hallazgos subrayan el impacto negativo de la contaminación del agua en la salud pública y la calidad de vida de las comunidades locales, resaltando la necesidad de involucrar a la comunidad en las soluciones (Sánchez & Champi, 2021).

Para mejorar la gestión de las aguas residuales en el Cantón Chambo, se pueden explorar diversas estrategias tecnológicas y educativas. Fernández y Gómez (2019) enfatizan la necesidad de implementar sistemas de tratamiento más efectivos en zonas urbanas para prevenir la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Jiménez (2019) por su parte, investiga tecnologías de tratamiento aplicables en comunidades rurales, resaltando la importancia de soluciones adaptadas a contextos con recursos limitados. Estas tecnologías incluyen sistemas de lagunas de oxidación, que son eficientes y de bajo costo, y tratamientos terciarios avanzados que pueden eliminar contaminantes específicos no tratados en etapas anteriores (Valdivieso, 2022).

Además, Torres (2019) evalúa la gestión de residuos líquidos en áreas rurales y subraya la necesidad de estrategias adaptadas a las condiciones locales para mejorar la calidad del agua. Propuestas como el uso de desarenadores de flujo vertical para la eliminación de partículas sólidas, según lo recomendado por Estacio (2022), y la implementación de sistemas de flotadores para la medición de caudales en ríos, como lo discute Santa (2022), son cruciales para una gestión hídrica efectiva y sostenible.

En términos de educación y concienciación, Zúñiga (2021) destaca la importancia de la educación ambiental en la gestión de recursos hídricos, enfatizando que la concienciación pública es clave para la implementación de prácticas sostenibles. La participación activa de la comunidad en la monitorización de la calidad del agua y la implementación de prácticas sostenibles es crucial para el éxito a largo plazo de las iniciativas de gestión del agua. Romero (2021) proporciona un análisis exhaustivo de

los métodos de análisis físico-químico para evaluar la calidad del agua y diseñar estrategias de tratamiento efectivas.

Además, la relación entre la calidad del agua y la salud pública es un aspecto crítico que no debe ser ignorado. García (2020) analiza el impacto de las aguas residuales en la salud pública, destacando los riesgos asociados con la exposición a patógenos presentes en aguas contaminadas y la importancia de medidas preventivas. López y Ramírez (2020) subrayan la relación directa entre la calidad del agua y la incidencia de enfermedades infecciosas, indicando que la mejora en el tratamiento de aguas residuales puede tener un impacto significativo en la salud pública.

Las implicaciones prácticas de estos resultados son significativas. La alta contaminación de las aguas residuales representa un riesgo considerable para la salud pública, exponiendo a los residentes a patógenos peligrosos y afectando negativamente la calidad del agua. Además, la contaminación química y orgánica puede tener efectos devastadores en los ecosistemas acuáticos locales, reduciendo la biodiversidad y deteriorando los hábitats acuáticos. Desde una perspectiva teórica, este estudio aporta al cuerpo de conocimiento sobre la gestión de aguas residuales en áreas rurales y semiurbanas, subrayando la necesidad de estrategias específicas para abordar la contaminación en estos contextos.

El estudio ha revelado niveles alarmantes de contaminación en las aguas residuales de los barrios del Cantón Chambo, subrayando la urgencia de implementar medidas de gestión sostenible del agua. Los altos niveles de DBO, DQO, SST y coliformes fecales encontrados indican una gestión deficiente de residuos orgánicos y químicos, representando un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de desarrollar e implementar estrategias educativas y tecnológicas para mejorar la gestión de aguas residuales en la región (Ramos et al., 2021).

Las recomendaciones incluyen la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y programas educativos para aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la gestión adecuada del agua. Futuras investigaciones deben abordar las limitaciones metodológicas de este estudio y explorar nuevas direcciones para mejorar la calidad del agua en áreas rurales y semiurbanas (Valdivieso, 2022). Este estudio es significativo porque proporciona una evaluación detallada de la calidad de

las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo, una región que ha sido poco estudiada en términos de gestión de aguas residuales. Los hallazgos destacan la gravedad de la contaminación del agua y subrayan la necesidad de intervenciones urgentes para proteger la salud pública y el medio ambiente. Al desarrollar estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de las aguas residuales, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión sostenible del agua y proporciona una base sólida para futuras investigaciones y políticas en el campo.

### **Discusión**

La investigación sobre las características físico-químicas de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo ha revelado hallazgos significativos que resaltan la magnitud de la contaminación y la urgente necesidad de implementar medidas correctivas. Los resultados de este estudio muestran niveles elevados de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales en las aguas residuales, superando significativamente los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana. Estos hallazgos no solo confirman la gravedad de la situación, sino que también subrayan la necesidad de desarrollar estrategias educativas y tecnológicas para abordar este problema.

La elevada DBO, que varía entre 180 y 200 mg/L, sugiere una alta presencia de materia orgánica biodegradable en las aguas residuales. Este nivel de DBO indica una significativa carga de residuos orgánicos que, al descomponerse, consumen oxígeno disuelto en los cuerpos de agua receptores, lo que puede provocar hipoxia y afectar negativamente a la vida acuática. La DQO, con valores entre 380 y 420 mg/L, señala la presencia de compuestos orgánicos y químicos no fácilmente biodegradables, sugiriendo una contaminación persistente y prolongada en el medio ambiente acuático (Ramos et al., 2021).

Los sólidos suspendidos totales (SST) mostraron concentraciones entre 130 y 150 mg/L, lo que puede causar turbidez en el agua y afectar la fotosíntesis de las plantas acuáticas, además de llevar a la sedimentación de materiales que pueden dañar los hábitats bentónicos. La alta concentración de coliformes fecales, con valores superiores a  $10^6$  NMP/100 mL, es particularmente preocupante debido a los riesgos para la salud pública. La presencia de coliformes fecales indica una contaminación fecal

significativa, lo que implica la posible presencia de patógenos como *E. coli* y otros microorganismos que pueden causar enfermedades (Hernández & Moreno, 2018).

Comparando con estudios, los resultados de este estudio son consistentes con las investigaciones realizadas por Hernández y Moreno (2018), quienes encontraron niveles elevados de DBO y DQO en aguas residuales sin tratamiento adecuado. Ramos et al. (2021) también documentaron problemas similares de contaminación en cuerpos de agua cercanos a áreas urbanas, destacando la necesidad de mejorar la gestión de aguas residuales para proteger la salud pública y el medio ambiente. Sin embargo, este estudio presenta diferencias significativas con investigaciones anteriores. Por ejemplo, Sánchez y Champi (2021) reportaron niveles de coliformes fecales inferiores a los encontrados en el presente estudio. Esta discrepancia puede atribuirse a diferencias en las prácticas de gestión de residuos y en la infraestructura sanitaria entre las regiones estudiadas. Valdivieso (2022) sugirió que la implementación de tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales podría mitigar estos problemas, una recomendación que también es pertinente para el Cantón Chambo.

La relevancia de estos hallazgos se extiende más allá del ámbito local, ofreciendo valiosas implicaciones teóricas, prácticas y sociales. Teóricamente, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión de aguas residuales en áreas rurales y semiurbanas, destacando la necesidad de estrategias específicas para abordar la contaminación en estos contextos. Prácticamente, los resultados refuerzan la urgencia de implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales y programas educativos para mejorar la conciencia pública sobre la importancia de la gestión sostenible del agua. Socialmente, los hallazgos subrayan el impacto negativo de la contaminación del agua en la salud pública y la calidad de vida de las comunidades locales, resaltando la necesidad de involucrar a la comunidad en las soluciones (Sánchez & Champi, 2021).

No obstante, este estudio también presenta varias limitaciones que deben ser reconocidas. Primero, el diseño observacional del estudio implica que no se pueden establecer relaciones causales definitivas entre las prácticas de gestión de residuos y los niveles de contaminación observados. Segundo, la recolección de muestras se realizó en un período de tiempo relativamente corto, lo que puede no capturar completamente la variabilidad temporal en los niveles de contaminantes. Además, el

análisis se centró en un conjunto limitado de variables (DBO, DQO, SST y coliformes fecales), lo que significa que otros posibles contaminantes no fueron evaluados. Finalmente, aunque se siguieron protocolos estándar para la recolección y análisis de muestras, la precisión de los resultados puede haberse visto afectada por factores fuera del control de los investigadores, como la contaminación cruzada durante el transporte de muestras (Hernández & Moreno, 2018).

En base a las limitaciones identificadas y los hallazgos del estudio, se sugieren varias direcciones para futuras investigaciones. Primero, estudios futuros deberían considerar un diseño longitudinal para monitorear la calidad del agua a lo largo del tiempo y evaluar el impacto de las intervenciones educativas y de tratamiento de aguas residuales. Segundo, se recomienda ampliar el conjunto de variables analizadas para incluir otros contaminantes potencialmente peligrosos, como metales pesados y productos químicos industriales. Además, sería beneficioso realizar estudios comparativos en diferentes regiones del país para identificar patrones y factores comunes que contribuyan a la contaminación de aguas residuales. También se sugiere investigar la efectividad de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales en contextos rurales y semiurbanos, con el objetivo de identificar soluciones prácticas y asequibles para mejorar la calidad del agua (Ramos et al., 2021).

En conclusión, los resultados de este estudio revelan niveles alarmantes de contaminación en las aguas residuales de los barrios del Cantón Chambo, destacando la urgencia de implementar medidas de gestión sostenible del agua. La alta DBO, DQO, SST y los niveles de coliformes fecales encontrados sugieren una gestión inadecuada de residuos orgánicos y químicos, lo que representa un riesgo significativo para la salud pública y el medio ambiente. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de desarrollar e implementar estrategias educativas y tecnológicas para mejorar la gestión de aguas residuales en la región. Las recomendaciones incluyen la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y programas educativos para aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la gestión adecuada del agua. Futuras investigaciones deben abordar las limitaciones metodológicas de este estudio y explorar nuevas direcciones para mejorar la calidad del agua en áreas rurales y semiurbanas (Valdivieso, 2022).

La importancia de este estudio se ve reflejado en proporcionar una evaluación detallada de la calidad de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo, una región que ha sido poco estudiada en términos de gestión de aguas residuales. Los hallazgos destacan la gravedad de la contaminación del agua y subrayan la necesidad de intervenciones urgentes para proteger la salud pública y el medio ambiente. Al desarrollar estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de las aguas residuales, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión sostenible del agua y facilita una base sólida para futuras investigaciones y políticas en el campo.

Además, este estudio tiene importantes implicaciones prácticas. La implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales, como lagunas de oxidación y tecnologías avanzadas de tratamiento, puede mejorar significativamente la calidad del agua antes de su descarga en cuerpos de agua naturales, ayudando a mitigar los impactos ambientales y proteger la salud pública. Los programas educativos que involucren a la comunidad en la gestión sostenible del agua son esenciales para garantizar la adopción de prácticas sostenibles y la protección de los recursos hídricos locales. Este enfoque integral, que combina tecnologías de tratamiento y educación comunitaria, puede servir como modelo para otras regiones con problemas similares de contaminación del agua (Hernández & Moreno, 2018).

El estudio destaca la necesidad de una colaboración efectiva entre las autoridades locales, las comunidades y los investigadores para abordar el problema de la contaminación de las aguas residuales. La participación activa de la comunidad en la monitorización de la calidad del agua y la implementación de prácticas sostenibles es crucial para el éxito a largo plazo de las iniciativas de gestión del agua. Además, es fundamental que las políticas públicas apoyen estas iniciativas mediante la provisión de recursos adecuados y la implementación de regulaciones estrictas para la gestión de aguas residuales (Ramos et al., 2021).

El análisis físico-químico de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo ha subrayado la urgente necesidad de implementar estrategias educativas para abordar la contaminación del agua y fomentar la gestión sostenible del recurso. A continuación, se propone un plan detallado de estrategias educativas basadas en los hallazgos del estudio.

Primero, se sugiere la organización de talleres educativos en cada barrio, donde se presenten los resultados del análisis físico-químico y se expliquen sus implicaciones para la salud pública y el medio ambiente. Estos talleres deben incluir demostraciones prácticas sobre cómo los contaminantes afectan la calidad del agua y cómo pueden ser mitigados mediante técnicas adecuadas de tratamiento. Invitando a expertos en medio ambiente y salud pública para que proporcionen información y respondan preguntas, se puede aumentar la comprensión y el compromiso de la comunidad.

En segundo lugar, se recomienda la distribución de folletos informativos y guías prácticas sobre la gestión de aguas residuales en hogares y negocios locales. Estos materiales deben ser accesibles y fáciles de entender, utilizando gráficos y lenguaje sencillo para explicar conceptos complejos. Se debe enfatizar la importancia de prácticas sostenibles como la separación de residuos, la reducción del uso de productos químicos dañinos y el mantenimiento adecuado de sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Además, se propone implementar campañas de concienciación a través de medios locales, incluyendo radio, televisión y redes sociales, para alcanzar a una audiencia más amplia. Estas campañas deben destacar los riesgos asociados con la contaminación del agua y promover prácticas saludables y sostenibles. Se debe incentivar a las escuelas locales a incluir módulos sobre gestión del agua en sus programas educativos, fomentando la participación activa de los estudiantes en proyectos comunitarios relacionados con la conservación del agua.

Finalmente, se recomienda establecer grupos de vigilancia comunitaria para monitorear la calidad del agua y reportar prácticas inadecuadas de gestión de residuos. Estos grupos deben recibir capacitación sobre técnicas básicas de muestreo y análisis de agua, y se les deben proporcionar kits de prueba para facilitar su trabajo. La participación activa de la comunidad en la monitorización y protección de sus recursos hídricos es esencial para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de estas estrategias educativas.

Efectuar estas estrategias educativas no solo mejorará la calidad del agua en el Cantón Chambo, sino que también empoderará a la comunidad para que se convierta en un agente activo en la protección y gestión sostenible de sus recursos hídricos. Esta



propuesta busca integrar el conocimiento científico con la acción comunitaria para abordar de manera efectiva el problema de la contaminación de aguas residuales.

### **Conclusiones**

Este estudio ha revelado niveles alarmantes de contaminación en las aguas residuales de los barrios Paraíso, San Jorge, El Llío y San Sebastián del Cantón Chambo. Los principales hallazgos incluyen concentraciones elevadas de demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y coliformes fecales, todos excediendo significativamente los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental ecuatoriana. Estos resultados confirman la grave contaminación del agua en la región y subrayan la necesidad urgente de implementar medidas correctivas.

Los objetivos específicos del estudio fueron alcanzados con éxito. Primero, se identificaron y cuantificaron los principales contaminantes presentes en las aguas residuales de los barrios seleccionados. Segundo, se desarrollaron estrategias educativas basadas en los hallazgos obtenidos, destinadas a concienciar a la comunidad sobre la importancia del tratamiento adecuado de las aguas residuales y la gestión sostenible del agua.

Las implicaciones prácticas de estos resultados son significativas. La alta contaminación de las aguas residuales representa un riesgo considerable para la salud pública, exponiendo a los residentes a patógenos peligrosos y afectando negativamente la calidad del agua. Además, la contaminación química y orgánica puede perjudicar gravemente a los ecosistemas acuáticos locales, reduciendo la biodiversidad y deteriorando los hábitats acuáticos. Teóricamente, este estudio aporta al cuerpo de conocimiento sobre la gestión de aguas residuales en áreas rurales y semiurbanas, subrayando la necesidad de estrategias específicas para abordar la contaminación en estos contextos.

Este estudio proporciona varias recomendaciones para futuras investigaciones. Primero, se recomienda un diseño longitudinal para monitorear la calidad del agua a lo largo del tiempo y evaluar el impacto de las intervenciones educativas y de tratamiento de aguas residuales. Segundo, sería beneficioso ampliar el conjunto de variables analizadas para incluir otros contaminantes potencialmente peligrosos, como metales pesados y productos químicos industriales. Estudios comparativos en

diferentes regiones del país también podrían identificar patrones y factores comunes que contribuyan a la contaminación de aguas residuales. Además, se sugiere investigar la efectividad de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales en contextos rurales y semiurbanos, con el objetivo de identificar soluciones prácticas y asequibles para mejorar la calidad del agua.

La importancia de este estudio radica en proporcionar una evaluación detallada de la calidad de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo, una región que ha sido poco estudiada en términos de gestión de aguas residuales. Los hallazgos destacan la gravedad de la contaminación del agua y subrayan la necesidad de intervenciones urgentes para proteger la salud pública y el medio ambiente. Al desarrollar estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de las aguas residuales, este estudio contribuye al cuerpo de conocimiento sobre la gestión sostenible del agua y proporciona una base sólida para futuras investigaciones y políticas en el campo.

La implementación de estrategias educativas basadas en el análisis físico-químico de las aguas residuales en los barrios del Cantón Chambo es esencial para abordar la contaminación del agua y promover la gestión sostenible del recurso. Estas estrategias, que incluyen talleres educativos, distribución de materiales informativos, campañas de concienciación y grupos de vigilancia comunitaria, no solo mejorarán la calidad del agua, sino que también empoderarán a la comunidad para proteger sus recursos hídricos. Al combinar el conocimiento científico con la acción comunitaria, esta propuesta ofrece un enfoque integral y sostenible para enfrentar el problema de la contaminación de aguas residuales.

En conclusión, este estudio no solo revela niveles alarmantes de contaminación en las aguas residuales de los barrios del Cantón Chambo, sino que también subraya la urgencia de implementar medidas de gestión sostenible del agua. Los descubrimientos refuerzan la necesidad de desarrollar e implementar estrategias educativas y tecnológicas para mejorar la gestión de aguas residuales en la región. Las recomendaciones incluyen la instalación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y programas educativos para aumentar la conciencia pública sobre la importancia de la gestión adecuada del agua. Futuras investigaciones deben abordar nuevas direcciones para mejorar la calidad del agua en áreas rurales y semiurbanas. Por último, este estudio destaca la necesidad de una colaboración efectiva entre las

autoridades locales, las comunidades y los investigadores para abordar el problema de la contaminación de las aguas residuales y proteger la salud pública y el medio ambiente a largo plazo.

### **Referencias Bibliográficas**

- Alcazar, J. (2021). Tratamiento de aguas residuales: Procesos y tecnologías. Editorial Técnica.
- Contreras, L. (2020). Métodos volumétricos en la medición de caudales. Revista de Ingeniería Ambiental.
- Estacio, M. (2022). Desarenadores de flujo vertical: Diseño y aplicaciones. Publicaciones Científicas.
- Fernández, C., & Gómez, R. (2019). Evaluación de la calidad del agua en zonas urbanas. Revista Internacional de Medio Ambiente.
- García, P. (2020). Impacto de las aguas residuales en la salud pública. Editorial Médica.
- Hernández, P., & Moreno, R. (2018). Lagunas de oxidación: Un enfoque práctico para el tratamiento de aguas residuales. Editorial Académica.
- Jiménez, A. (2019). Tecnologías de tratamiento de aguas residuales en comunidades rurales. Publicaciones Universitarias.
- López, F., & Ramírez, J. (2020). Calidad del agua y su relación con enfermedades infecciosas. Revista de Salud Pública.
- Mora, C., & Morales, D. (2022). Tratamientos de aguas residuales: Fundamentos y aplicaciones. Editorial Universitaria.
- Ramos, A., et al. (2021). Contaminación del agua y su impacto en el medio ambiente. Revista de Ciencias Ambientales.
- Romero, L. (2021). Métodos de análisis físico-químico del agua. Editorial Científica.
- Sánchez, J., & Champi, F. (2021). Impacto ambiental de las aguas residuales en el Cantón Chambo. Revista Ecuatoriana de Ingeniería Ambiental.
- Santa, L. (2022). Uso de flotadores en la medición de caudales en ríos. Revista Técnica de Ingeniería.
- Torres, M. (2019). Evaluación de la gestión de residuos líquidos en áreas rurales. Editorial Técnica.

- 
- Valdivieso, R. (2022). Tecnologías avanzadas en el tratamiento terciario de aguas residuales. Editorial Científica.
- Vega, S., & Castro, E. (2021). Monitoreo de la calidad del agua en zonas agrícolas. Publicaciones Agrícolas.
- Villalba, D. (2020). Contaminación del agua y políticas públicas. Revista de Política Ambiental.
- Zambrano, H. (2019). Efectos de la contaminación del agua en la biodiversidad acuática. Editorial Ecológica.
- Zúñiga, L. (2021). Educación ambiental y gestión de recursos hídricos. Editorial Académica.