



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE  
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCION**

**CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERÍA CIVIL**

**TEMA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA QUE  
DESCARGA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA  
URBANIZACIÓN EL CONDADO, SECTOR 2.**

**TUTOR**

**MGTR. ING. PABLO PAREDES**

**AUTOR**

**NALLELY BEATRIZ GARCIA BRAVO**

**GUAYAQUIL**

**2024**



## REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TÍTULO Y SUBTÍTULO:**

Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la urbanización el condado, sector 2.

**AUTOR/ES:**

García Bravo Nallely Beatriz.

**TUTOR:**

Mgtr. Pablo Paredes Ramos.

**INSTITUCIÓN:**

Universidad Laica Vicente Roca fuerte de Guayaquil

**Grado obtenido:**

Ingeniero Civil

**FACULTAD:**

INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:**

INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:**

2024

**N. DE PÁGS:**

125

**ÁREAS TEMÁTICAS:** Arquitectura y Construcción

**PALABRAS CLAVE:** Saneamiento, aguas residuales, tratamiento de agua, calidad de agua.

### RESUMEN:

El texto aborda la problemática de la contaminación del agua en Ecuador, centrada en el río Daule, debido a la falta de tratamiento de aguas residuales domésticas y actividades industriales y agrícolas. Se destaca la importancia de las plantas de tratamiento para mejorar la calidad del agua y proteger la salud pública y el medio ambiente. La investigación se enfoca en evaluar la eficacia de una planta de tratamiento en la urbanización El Condado, sector 2, con el fin de proponer mejoras. Se emplea un enfoque mixto que combina aspectos

cualitativos y cuantitativos, con un alcance descriptivo. Se utilizan técnicas como la observación estructurada y ensayos de calidad del agua. Los resultados muestran que la planta se enfoca en un tratamiento biológico o secundario y propone optimizar procesos mediante la conversión a unidades anaerobias y la actualización tecnológica. Se concluye que la planta tiene una efectividad aceptable, pero se recomienda considerar la ubicación de las plantas de tratamiento en proyectos inmobiliarios y realizar un monitoreo continuo para mantener su eficacia.

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b> Garcia Bravo Nallely Beatriz	<b>Teléfono:</b> 0960642585	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:ngarciab@ulvr.edu.ec">ngarciab@ulvr.edu.ec</a>

<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	PhD Marcial Calero Amores <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mcaleroa@ulvr.edu.ec">mcaleroa@ulvr.edu.ec</a> Mgtr. Eliana Contreras Jordán <b>Teléfono:</b> (04) 259 6500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:econtrerasj@ulvr.edu.ec">econtrerasj@ulvr.edu.ec</a>
------------------------------------	--

## CERTIFICADO DE SIMILITUD

Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la urbanización el condado, sector 2

Tesis - García

### INFORME DE ORIGINALIDAD

6%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

2%

2

Submitted to Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil

Trabajo del estudiante

1%

3

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

4

[revistas.ups.edu.ec](http://revistas.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

5

[www.scielo.org.mx](http://www.scielo.org.mx)

Fuente de Internet

1%

6

[repositorio.ulvr.edu.ec](http://repositorio.ulvr.edu.ec)

Fuente de Internet

1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo



MGTR. PABLO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado **GARCIA BRAVO NALLELY BEATRIZ**, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la urbanización el condado, sector 2**, corresponde totalmente a él suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

A handwritten signature in black ink, enclosed in a hand-drawn oval. The signature reads "Garcia B" in a cursive style.

NALLELY BEATRIZ GARCÍA BRAVO

0952598803

## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación **Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la urbanización el condado, sector 2**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: **Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la urbanización el condado, sector 2**, presentado por el estudiante **NALLELY BEATRIZ GARCIA BRAVO** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación.



Mgtr. PABLO PAREDES RAMOS

C.C. 0911828150

## **AGRADECIMIENTO**

Queridos padres, Jonny García y Nancy Bravo, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a ustedes, mis amados padres, por su inquebrantable apoyo, amor y sacrificio a lo largo de mi trayectoria académica y especialmente durante este proceso de culminación de tesis. Sus palabras de aliento, su constante motivación y su firme creencia en mí han sido el faro que me ha guiado en los momentos de incertidumbre y desafíos. A mi familia en general, les agradezco por ser mi roca, por entender mis ausencias y por brindarme su respaldo incondicional en cada paso que he dado. Su presencia y afecto han sido el combustible que me ha impulsado a alcanzar mis metas. A mis queridos compañeros de universidad, agradezco cada momento compartido, cada discusión académica y cada experiencia vivida juntos. Su colaboración y camaradería han enriquecido mi camino y han hecho este viaje aún más memorable, les dedico mi logro. Sin su apoyo, comprensión y aliento, esta meta no habría sido posible. Gracias por ser mi inspiración y por estar siempre a mi lado.

**NALLELY BEATRIZ GARCIA BRAVO**



## **DEDICATORIA**

Esta tesis esta dedicadas a mis amados padres, por su amor incondicional, su constante apoyo y su incansable sacrificio. Su guía, aliento y ejemplo han sido mi mayor inspiración a lo largo de este camino académico. Gracias por creer en mí y por ser mi fuente de fortaleza. Agradezco a Dios por iluminar mi camino, por darme la fuerza para superar los desafíos y por bendecirme con las oportunidades que han dado forma a este logro. Mi fe en Ti ha sido mi refugio en los momentos difíciles y mi motivación en los momentos de triunfo.

A mi familia en general, por su amor incondicional, su comprensión y su constante ánimo. Su apoyo ha sido fundamental en cada paso de este viaje. Esta tesis es un tributo a nuestra unión y al vínculo que nos une más allá de las palabras. A mis mejores amigas, Milena Marín, Eliana Ubilla y Cinthya Rosado, por su amistad sincera, su complicidad y su alegría compartida. Gracias, por escucharme, por alentarme y por celebrar cada logro a mi lado. Su presencia ha hecho este viaje más colorido y memorable. A mis compañeros de universidad, por compartir este viaje académico conmigo, por los intercambios intelectuales, las risas compartidas y el apoyo mutuo. Esta tesis es un testimonio de nuestra colaboración y de la comunidad que hemos construido juntos.

**NALLELY BEATRIZ GARCIA BRAVO**

## RESUMEN

El texto aborda la problemática de la contaminación del agua en Ecuador, centrada en el río Daule, debido a la falta de tratamiento de aguas residuales domésticas y actividades industriales y agrícolas. Se destaca la importancia de las plantas de tratamiento para mejorar la calidad del agua y proteger la salud pública y el medio ambiente. La investigación se enfoca en evaluar la eficacia de una planta de tratamiento en la urbanización El Condado, sector 2, con el fin de proponer mejoras. Se emplea un enfoque mixto que combina aspectos cualitativos y cuantitativos, con un alcance descriptivo. Se utilizan técnicas como la observación estructurada y ensayos de calidad del agua. Los resultados muestran que la planta se enfoca en un tratamiento biológico o secundario y propone optimizar procesos mediante la conversión a unidades anaerobias y la actualización tecnológica. Se concluye que la planta tiene una efectividad aceptable, pero se recomienda considerar la ubicación de las plantas de tratamiento en proyectos inmobiliarios y realizar un monitoreo continuo para mantener su eficacia.

**(Palabras Claves – Saneamiento, aguas residuales, tratamiento de agua, calidad de agua.)**

## **ABSTRACT**

The text addresses the problem of water pollution in Ecuador, centered on the Duale River, due to the lack of domestic wastewater treatment and industrial and agricultural activities. The importance of treatment plants in improving water quality and protecting public health and the environment is highlighted. The research focuses on evaluating the effectiveness of a treatment plant in the El Condado urbanization, sector 2, in order to propose improvements. A mixed approach is used that combines qualitative and quantitative aspects, with a descriptive scope. Techniques such as structured observation and water quality testing are used. The results show that the plant focuses on a biological or secondary treatment and proposes to optimize processes through conversion to anaerobic units and technological updating. It is concluded that the plant has an acceptable effectiveness, but it is recommended to consider the location of treatment plants in real estate projects and to carry out continuous monitoring to maintain its effectiveness.

**(Keywords – Sanitation, sewage, sewage treatment, water quality.)**

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO DE SIMILITUD .....	v
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	vi
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL DOCENTE TUTOR .....	vii
CERTIFICO:.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT .....	xi
ÍNDICE GENERAL.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
1.1 Tema .....	3
1.2 Planteamiento del Problema .....	3
1.3 Formulación del Problema .....	4
1.4 Objetivo General .....	4
1.5 Objetivos Específicos.....	4
1.6 Hipótesis .....	4
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad .....	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1 Marco Teórico.....	6
2.1.1 Antecedentes .....	6
2.1.2 Contexto Regional del Aprovechamiento de las Aguas Residuales .....	14
2.1.3 Aguas Residuales Industriales .....	22
2.1.4 Eficacia de Sistemas Actuales de Tratamiento de Aguas Residuales .....	33
2.1.5 Marco Conceptual.....	51
2.2 Marco Legal .....	60
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador .....	60
2.2.2 Código Orgánico del Ambiente .....	61
2.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	61
2.2.4 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente .....	64
2.2.5 Resolución Nro. ARCA-DE-012-2017 .....	65

CAPÍTULO III.....	66
3.1 Enfoque de la investigación .....	66
3.2 Alcance de la investigación.....	66
3.3 Técnicas e Instrumentos para Obtener los Datos .....	67
3.3.1 Operacionalización de las Variables .....	68
3.4 Población y Muestra .....	70
3.5 Tipo de Muestreo .....	70
3.5.1 Muestreo de Calidad del Agua – Muestreo Integrado.....	71
3.6 Diagnóstico de Situación Actual .....	72
3.6.1 Urbanización El Condado, Sector 2 .....	72
3.6.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización El Condado, Sector 2. ....	72
CAPÍTULO IV .....	75
4.1 Presentación y Análisis de Resultados .....	75
4.1.1. Resultados de Guía de Observación.....	75
4.1.2 Resultados de los Ensayos de Calidad de Agua .....	75
4.2 Propuesta .....	76
4.2.1 Recomendaciones Específicas .....	76
CONCLUSIONES .....	77
RECOMENDACIONES .....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
ANEXOS.....	84
7.1 Anexo 1 .....	84
7.2 Anexo 2 .....	95
7.3 Registro Fotográfico.....	104
7.4 Resultados de Laboratorio - Ensayos de Calidad de Agua .....	109
7.4.1 Informe de Muestras Entrada de PTARD .....	109
7.4.2 Informe de Muestras Salida de PTARD .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: LÍNEA DE INVESTIGACIÓN ULVR. ....	5
TABLA 2: TECNOLOGÍAS DE MEMBRANA BASADAS EN NANOTECNOLOGÍA. ....	12
TABLA 3: RESUMEN DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS PORCENTAJES DE EFICIENCIA DE REMOCIÓN. ....	22
TABLA 4: SUSTANCIAS DE ORIGEN FARMACÉUTICO ENCONTRADAS EN LAS AGUAS RESIDUALES TRATADAS POR EL PROCESO DE OZONIZACIÓN. ....	30
TABLA 5: DATOS COMPARATIVOS DE LA COMPOSICIÓN DE LOS ALPECHINES EN FUNCIÓN DEL SISTEMA DE ELABORACIÓN DE ACEITE DE OLIVA. ....	31
TABLA 6: CARACTERÍSTICAS OBTENIDAS POR ENSAYO DE LAS AGUAS RESIDUALES CRUDAS. ....	33
TABLA 7: OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES. ....	68
TABLA 8: DESARROLLO DE LA GUÍA DE OBSERVACIÓN. ....	69
TABLA 9: RESULTADOS GUÍA DE OBSERVACIÓN. ....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

ILUSTRACIÓN 1: PRUEBA TUKEY DEL INDICADOR DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES. ....	9
ILUSTRACIÓN 2: ESQUEMA DEL FRACCIONAMIENTO DE LA DQO SIN DETALLAR SI ES AFLUENTE O EFLUENTE. ....	11
ILUSTRACIÓN 3: IMPLICACIONES DEL USO DE AGUA RESIDUAL EN EL VALLE DEL MEZQUITAL. ....	14
ILUSTRACIÓN 4: SISTEMA DE UNIDAD BÁSICA DE SANEAMIENTO POR SUS SIGLAS UBS. ....	19
ILUSTRACIÓN 5: RESUMEN GRÁFICO DEL ARTÍCULO. ....	24
ILUSTRACIÓN 6: FOTOGRAFÍA DE UNA PRUEBA DE JARRAS REALIZADA CON DISTINTAS CONCENTRACIONES DE LOS REACTIVOS DE FENTON MODIFICADO A SABER H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , FeSO <sub>4</sub> Y C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> ; REALIZADO AL AGUA RESIDUAL DE LA MUESTRA. ....	36
ILUSTRACIÓN 7: FUNCIONAMIENTO DE UNA ESTACIÓN DEPURADORA DE AGUAS RESIDUALES (EDAR). ....	41
ILUSTRACIÓN 8: GRÁFICO #4 - PROMEDIO DE LAS DIFERENTES CONCENTRACIONES DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. ....	45
ILUSTRACIÓN 9: DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS PROCESOS Y ETAPAS DE TRATAMIENTO EN LA PTAR – CONCEPCIÓN. ....	50

ILUSTRACIÓN 10: AGUAS RESIDUALES. ....	51
ILUSTRACIÓN 11: AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. ....	52
ILUSTRACIÓN 12: SISTEMA DE ALCANTARILLADO. ....	53
ILUSTRACIÓN 13: ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL. ....	53
ILUSTRACIÓN 14: PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR). ....	55
ILUSTRACIÓN 15: LA PTAR CONSISTE EN 3 TRATAMIENTOS PRINCIPALMENTE, FÍSICO, BIOLÓGICO Y QUÍMICO. ....	55
ILUSTRACIÓN 16: DIFUSORES AEROBIOS. ....	56
ILUSTRACIÓN 17: REACTOR ANAEROBIO. ....	57
ILUSTRACIÓN 18: DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO. ....	58
ILUSTRACIÓN 19: DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO. ....	58
ILUSTRACIÓN 20: SÓLIDOS SUSPENDIDOS. ....	59
ILUSTRACIÓN 21: COLIFORMES FECALES. ....	60
ILUSTRACIÓN 22: PROCESO DE TOMA DE MUESTRA AL AFLUENTE. ....	71
ILUSTRACIÓN 23: PROCESO DE TOMA DE MUESTRAS AL EFLUENTE. ....	71
ILUSTRACIÓN 24: MAPA CIUDADELA PRIVADA EL CONDADO, SECTOR 2. ....	72
ILUSTRACIÓN 25: INGRESO PTARD. ....	73
ILUSTRACIÓN 26: VISTA SUPERIOR PTARD. ....	73
ILUSTRACIÓN 27: VISTA LATERAL IZQUIERDA PTARD. ....	74
ILUSTRACIÓN 28: VISTA LATERAL DERECHA PTARD. ....	74
ILUSTRACIÓN 29: CÓDIGO ANXNG001 ....	104
ILUSTRACIÓN 30: CÓDIGO ANXNG002. ....	104
ILUSTRACIÓN 31: CÓDIGO ANXNG003. ....	105
ILUSTRACIÓN 32: CÓDIGO ANXNG004. ....	105
ILUSTRACIÓN 33: CÓDIGO ANXNG005. ....	106
ILUSTRACIÓN 34: CÓDIGO ANXNG006. ....	106
ILUSTRACIÓN 35: CÓDIGO ANXNG007. ....	107
ILUSTRACIÓN 36: CÓDIGO ANXNG008. ....	107
ILUSTRACIÓN 37: CÓDIGO ANXNG009. ....	108

## INTRODUCCIÓN

El capítulo 1 de esta investigación delimita la problemática de la contaminación del agua en Ecuador, especialmente en el río Daule, debido a la falta de tratamiento de las aguas residuales domésticas y a las actividades industriales y agrícolas. Se destaca la importancia de las plantas de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad del agua y proteger la salud pública y el medio ambiente. La investigación se centra en evaluar la eficacia de una planta de tratamiento en particular, ubicada en la urbanización El Condado, sector 2, con el objetivo de proponer mejoras en su funcionamiento. Los objetivos específicos incluyen analizar la calidad del agua tratada, evaluar los procesos y tecnologías utilizadas en la planta, e identificar áreas de mejora. La hipótesis plantea que, si los procesos de tratamiento son efectivos, entonces la calidad del agua vertida mejorará significativamente.

El capítulo 2 se embarca en el análisis del estado del arte en cuanto a la depuración de aguas residuales tanto en el contexto nacional como internacional, así como el marco legal en donde la investigación encuentra su sustento jurídico. El capítulo 3 presenta la metodología en donde se describe el enfoque, alcance y las técnicas utilizadas en una investigación sobre la eficacia de una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en Ecuador, específicamente en la urbanización El Condado, sector 2.

Se optó por un enfoque mixto que combina aspectos cualitativos y cuantitativos, siguiendo una estrategia de investigación que considera la obtención de datos mediante técnicas variadas. El alcance de la investigación se define como descriptivo, con el objetivo de proporcionar una descripción detallada del fenómeno estudiado. Se utilizan técnicas como la observación estructurada y ensayos de calidad del agua, como la determinación de DBO5 y de aceites y grasas. La población de estudio se refiere a todas las aguas residuales vertidas en la red sanitaria de la urbanización El Condado, sector 2, y la muestra se compone de volúmenes de agua tomados en la entrada y salida de la planta de tratamiento. Se emplea un tipo de muestreo integrado para tomar muestras simultáneas en diferentes puntos del cuerpo de agua. El diagnóstico de la situación actual se centra en la urbanización El Condado, sector 2, describiendo su ubicación y cumplimiento de normativas para el tratamiento de aguas residuales.



Por su parte, el capítulo 4 presenta y analiza los resultados de las técnicas aplicadas sobre la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas (PDARD) en la urbanización El Condado, sector 2, se enfoca principalmente en un tratamiento biológico o secundario, como se evidenció durante la observación y el análisis de los valores antes y después del tratamiento.

Se propone optimizar los procesos mediante la conversión a unidades anaerobias para generar biogás y energía, así como actualizar tecnológicamente la planta con unidades de tratamiento químico o terciario para mejorar la desinfección del agua. Los ensayos de calidad de agua revelaron una efectividad del 97.74% en la eliminación de materia orgánica, dentro de los rangos esperados para una PDARD. Se concluye que la planta tiene un nivel aceptable de efectividad en sus procesos de tratamiento, aunque se recomienda considerar la ubicación de las PDARD al planificar proyectos inmobiliarios debido a los olores emitidos, y se sugiere un monitoreo continuo para mantener su efectividad y verificar la hermeticidad de la red para prevenir aportes de caudal provenientes de otras fuentes.

# CAPÍTULO I

## ENFOQUE DE LA PROPUESTA

### 1.1 Tema

Evaluación de la calidad del agua que descarga la planta de tratamiento de la Urbanización El Condado, sector 2.

### 1.2 Planteamiento del Problema

La contaminación del agua en Ecuador es una problemática considerable, donde aproximadamente el 12% de las aguas residuales domésticas se tratan, dejando el 88% restante sin tratamiento y directamente canalizado a quebradas y ríos. Se destaca que un gran porcentaje de los cauces fluviales en Ecuador por debajo de 2800 msnm están severamente contaminados, lo que afecta su aptitud para el consumo humano. Todo esto según Torske, M. (2019).

En la provincia del Guayas, según Durán, K. (2023), particularmente las actividades industriales y agrícolas contribuyen significativamente a la contaminación del agua. Los residuos domésticos también representan un problema, con altos niveles de materia orgánica y microorganismos de origen fecal, que pueden causar enfermedades.

Por su parte, Martín, J. & Marmanillo, I. (2020) mencionan la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas para mejorar la calidad del agua. Sin embargo, para garantizar su eficacia, se deben considerar varios parámetros, como estudios de viabilidad, diseño adecuado, permisos y regulaciones, y personal cualificado.

Universidad Casa Grande (UCG, 2021) señala que Guayaquil, una de las ciudades más pobladas de Ecuador, depende en gran medida del río Daule para el suministro de agua, pero este río enfrenta problemas ambientales debido a la contaminación. La implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales se considera crucial para preservar el medio ambiente y la salud pública.

Merchán, J. (2018) destaca que las plantas de tratamiento de aguas residuales tienen ventajas significativas en términos ambientales, económicos y sociales, ya que reducen el riesgo de propagación de enfermedades y mantienen la calidad del agua. Enfatiza la importancia de monitorear la calidad del agua antes y después del tratamiento para garantizar el cumplimiento de las normativas ambientales.

La presente investigación se centra en evaluar la calidad del agua evacuada desde una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas hacia el río Daule, analizando la eficiencia del proceso de tratamiento, la infraestructura y el mantenimiento, con el objetivo de proponer mejoras si es necesario.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál es la eficacia de las plantas de tratamiento en la mejora de la calidad del agua y la reducción de la contaminación en el río Daule?

### **1.4 Objetivo General**

Evaluar la eficacia en la remoción de la Planta de tratamiento de aguas residuales El Condado sector 2, en la mejora de la calidad del agua y la reducción de la contaminación en el río Daule.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Analizar la calidad del agua evacuada de la Planta de Tratamiento de la urbanización El Condado, sector 2.
- Analizar los procesos y tecnologías empleadas, identificando la eficacia de remoción de contaminantes en los procesos de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.
- Proponer recomendaciones específicas para mejorar la eficacia de las plantas de tratamiento en términos de eliminación de contaminantes y procesos de purificación.

### **1.6 Hipótesis**

Si los procesos de tratamiento de agua residual en la PTARD son efectivos, entonces la calidad de agua vertida en el efluente mejorará significativamente.

## 1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad

Tabla 1: Línea de Investigación ULVR.

<b>Dominios ULVR</b>	<b>Línea de investigación Institucional</b>	<b>Línea de investigación Facultad</b>	<b>Sub-línea de investigación Facultad</b>
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio	Planificación Territorial y Gestión Ambiental

Fuente: Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil (2024).

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO REFERENCIAL**

#### **2.1 Marco Teórico**

##### **2.1.1 Antecedentes**

Araujo, L. et al. (2018) se enfocaron en la problemática que surge a raíz de la gestión de los lodos producidos en las instalaciones de depuración de aguas residuales. El foco principal residió en buscar una opción para disminuir la cantidad de lodos producidos cada año. Los autores propusieron utilizar estos lodos en combinación con arcillas de cerámica para la fabricación de ladrillos como una solución. Los lodos en las lagunas de sedimentación se reducen y los impactos ambientales relacionados con ellos disminuyen, gracias a los beneficios de esta práctica. Además, se exploraron diversas combinaciones de lodos con arcillas para diferentes aplicaciones potenciales.

A lo largo de varios años, según los autores, se han llevado a cabo algunos estudios en los que se evalúa la posibilidad de utilizar lodos junto con arcilla como material en la producción de ladrillos. Este texto resume los resultados de esos estudios. Cada estudio se enfoca en aspectos distintos y abarca diferentes regiones geográficas:

En 1995 fue presentada una propuesta para abordar la gestión de lodos residuales en una planta de tratamiento en México. Esta propuesta surgió como respuesta a los problemas de disposición inadecuada de los lodos que se estaban enfrentando.

En 2006 en la Universidad Tecnológica de Pereira, se dedicó especial atención a convertir los lodos en un material útil para ser utilizado en áreas verdes.

En un estudio realizado en 2006 en Pereira, Colombia, se evaluaron el empleo de lodos aluminosos en la producción de ladrillos de tipo cerámico. Sin embargo, los investigadores concluyeron que la composición de los lodos no era adecuada para este propósito.

En 2007 existieron trabajos en investigar cómo utilizar los lodos que provenían de la industria del papel en la fabricación de paneles prefabricados para el sector de la construcción. Experimentaron con diversas combinaciones de yeso y lodo para lograr su objetivo.

En el 2012, se realizó un estudio en Ecuador para determinar si era posible utilizar lodos residuales en la producción de ladrillos y adoquines. Durante la investigación, se realizaron diferentes pruebas variando los porcentajes de lodo en las mezclas.

En Bogotá, Colombia, en 2013 se llevaron a cabo un estudio piloto que se enfocó en los metales lixiviados presentes en piezas de material cerámico fabricadas con mezclas de arcilla y lodos provenientes de una planta de depuradora.

En 2013 un análisis de una planta de tratamiento en Chinavita, Colombia, investigó la viabilidad de un proyecto para emplear lodos residuales provenientes como una enmienda orgánica destinada a mejorar las propiedades de los suelos. El estudio se enfoca en asegurar que los valores aceptables para el uso de estos lodos como fertilizantes orgánicos sean respetados.

Los diferentes enfoques y resultados en relación con el uso de lodos en la fabricación de materiales de construcción y su gestión son evidenciados en estos estudios.

El texto que presentaron Cáceres, D. et al. (2018) dio cuenta de una investigación que abordó la problemática de la contaminación causada por el tratamiento inadecuado de las aguas residuales domésticas, las cuales suelen ser vertidas en cuerpos de agua sin previo tratamiento, afectando los ecosistemas y representando un riesgo para la salud pública.

En la región Moquegua, se resalta que solo el 27,96% de las aguas residuales han sido tratadas debido a la falta de infraestructura adecuada para este fin. La población sin acceso a servicios de saneamiento vierte aguas residuales sin tratar en cuerpos de agua naturales, lo que genera impactos negativos en la salud y el medio ambiente.

El objetivo de la investigación fue evaluar la eficacia de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Esta especie de lombriz se cultiva en todo el mundo debido a su adaptabilidad, resistencia ambiental, capacidad reproductiva y habilidad para descomponer materia orgánica. Además, su uso no representa riesgo de transmisión de enfermedades y sus excrementos, ricos en bacterias beneficiosas, pueden ser utilizados como fertilizante natural.

Otra forma sostenible de ver la depuración de aguas residuales fue utilizando lombrices rojas californianas en el distrito de Moquegua. El tratamiento preliminar

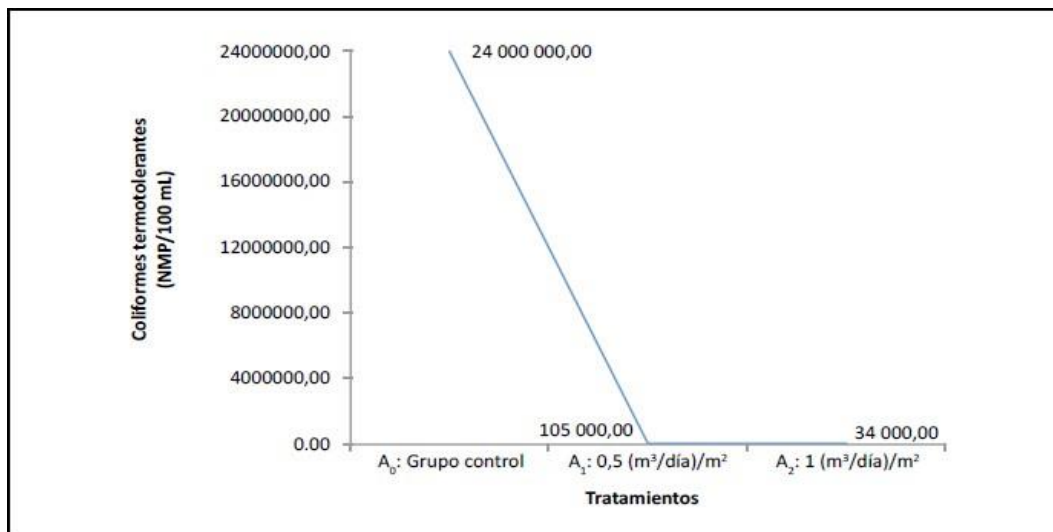
incluyó el uso de una cámara de rejillas para retener sólidos grandes y presedimentación para retener sólidos suspendidos más pequeños. Se realizaron análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos en el agua residual sin tratar, incluyendo temperatura, contenido de sólidos en suspensión, pH, demanda bioquímica de oxígeno y presencia de coliformes termotolerantes antes de la sedimentación.

La evaluación del tratamiento con lombrices consiste en someter el agua residual a diferentes tasas de riego (A1, A2 y A0, este último siendo el grupo de control), y posteriormente evaluar los resultados. Para ello, se utilizan lombrices rojas californianas. El flujo del agua residual se lleva a cabo mediante dos lombrifiltros que consisten en capas de sustrato, viruta, arena, piedra triturada y bolones, donde las lombrices habitan en el lecho. El monitoreo de los efluentes implica analizar los resultados después de alimentar los lombrifiltros durante una semana. Se evalúan los parámetros que se analizaron en el agua de entrada, pero esta vez en el agua de salida de cada tratamiento.

La población que se estudió fue el conjunto de aguas residuales que se generan en el distrito de Moquegua. Para obtener una muestra representativa, se tomaron muestras de las lagunas de estabilización San Antonio en momentos de máxima y mínima producción. La técnica empleada para recolectar datos fue el monitoreo de aguas residuales, que se realizó mediante el uso de instrumentos especializados. Para llevar a cabo el monitoreo, se utilizaron fichas en las que se registraron los datos obtenidos en el campo y los resultados obtenidos, todo ello en cumplimiento de las regulaciones oficiales.

El análisis de muestras en la investigación se basó en parámetros físicos, químicos y microbiológicos, siguiendo las regulaciones establecidas en la Resolución Ministerial 273-2013-VIVIENDA. La toma y preservación de muestras se llevó a cabo de acuerdo con estas disposiciones. La investigación se centró en evaluar la efectividad del tratamiento de aguas residuales utilizando lombrices rojas californianas, considerando variables relacionadas con la irrigación y los parámetros de calidad del agua. Para determinar la eficiencia de la lombricultura en la eliminación de contaminantes, se comparó el agua de entrada (afluente) con el agua tratada (efluente).

**Ilustración 1: Prueba Tukey del indicador de coliformes termotolerantes.**



Fuente: Cáceres, D. et al. (2018).

Martínez Sánchez, G. (2019) explicó que su trabajo abordó las aplicaciones industriales del ozono, resaltando sus propiedades antisépticas y su valor en la purificación del agua. El ozono tiene una gran utilidad en la purificación del agua y en la depuración de aguas residuales. A diferencia del cloro, se ha demostrado que es más efectivo y es capaz de eliminar virus incluso en altas concentraciones de cloro. Se ha mencionado que el tratamiento de agua con ozono fue creado en 1893 en Holanda y ha sido implementado en numerosos municipios alrededor del globo.

El autor estimó que, a pesar del uso generalizado de cloro, aproximadamente 4.500 millones de personas, es decir, El 60 por ciento de la población mundial no tenía un suministro de agua adecuado hasta 2019. El cloro utilizado para desinfectar el agua tiene desventajas tanto en términos de sabor como de olor. Por ello, el ozono se utiliza en todo el mundo como alternativa al cloro para desinfectar el agua potable.

También mencionó que el ozono se destaca como un desinfectante más eficaz que el cloro, capaz de inactivar muchos patógenos, incluidos bacterias, virus, hongos, esporas de moho y hongos patógenos. Sin embargo, la desinfección se vuelve más difícil debido a la contaminación de las aguas subterráneas con heces, debido a que algunos patógenos, como los protozoos y los helmintos, requieren de un mayor tiempo de exposición al ozono en comparación con las bacterias y los virus. El texto del autor también señala que *Cryptosporidium* spp. Provoca brotes anuales que pueden ser mortales en personas mayores o inmunocomprometidas. En resumen, se destaca la efectividad del ozono como desinfectante del agua en comparación con el



cloro y se discute la complejidad de la desinfección en presencia de patógenos resistentes.

El texto de Menéndez, C. & Dueñas, J. (2018) resaltó la importancia de realizar una caracterización detallada de las aguas residuales durante su tratamiento para garantizar un control adecuado de las mismas. Se mencionaron variables clave como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y el carbono orgánico total (COT).

La DBO se utiliza para estimar la cantidad de materia orgánica que los microorganismos pueden descomponer biológicamente, mientras que la DQO proporciona información sobre los componentes orgánicos e inorgánicos que pueden someterse a oxidación química.

Los autores enfatizaron la importancia de la DQO para establecer correlaciones entre los equivalentes de electrones intercambiados durante la oxidación, los sustratos orgánicos, la biomasa y el oxígeno consumido, lo que facilita un balance integral de masas. Aunque identificar la composición química detallada de las aguas residuales y los efluentes de los tratamientos biológicos puede no ser práctico, descomponerlos en partes contribuyentes a la DQO resulta beneficioso tanto para las aguas residuales como para los efluentes.

Abordaron dos conceptos que están estrechamente ligados a los procesos biológicos y al tratamiento de aguas residuales. En primer lugar, se hace referencia al concepto de "energía de mantenimiento de Pirt", el cual sostiene que una porción del sustrato se utiliza en procesos celulares que no contribuyen al crecimiento de la biomasa. No obstante, no se tiene en cuenta el descenso de la biomasa al agotarse los sustratos.

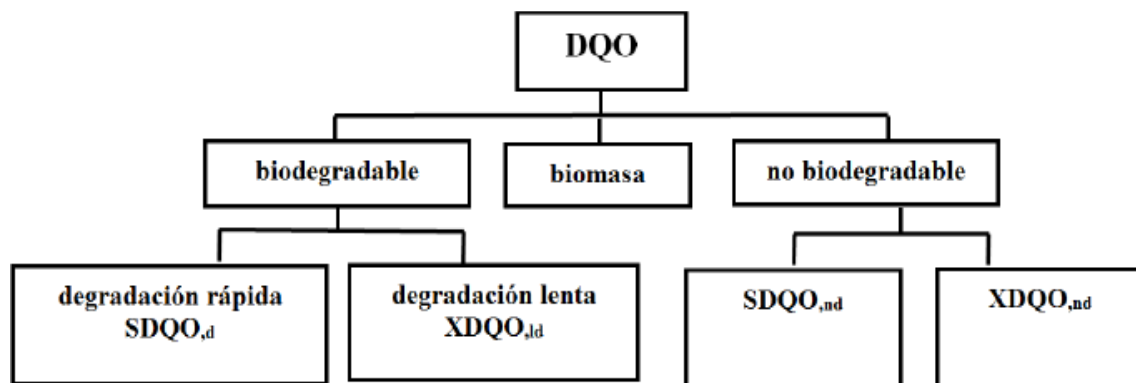
Después, presentaron el "modelo matemático de Ekama", el cual describe el comportamiento de los procesos de lodos activados completamente mezclados. En este estudio, se descubrió que, al contrastar los resultados experimentales con las predicciones del modelo, se detectaron algunas suposiciones que necesitaban ajustes. Se realizaron modificaciones que se enfocan en dos hipótesis implícitas sobre la fracción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

En base a la hipótesis de los dos sustratos, postularon que las aguas residuales, en particular aquellas de origen municipal, contienen elementos que se descomponen a distintas velocidades. Existen dos fracciones principales de DQO que se diferencian entre sí. Por un lado, tenemos una fracción soluble que se degrada

rápidamente y, por otro lado, tenemos una fracción particulada que se biodegrada de manera lenta. La primera forma de energía puede ser aprovechada al instante, tanto para la función celular como para la síntesis. En cambio, la segunda forma se compone de moléculas de mayor tamaño y complejidad, las cuales necesitan ser descompuestas en moléculas más sencillas antes de poder ser utilizadas.

La hipótesis de regeneración postula que el sustrato de degradación lenta está compuesto por partículas y compuestos orgánicos coloidales, junto con otras moléculas complejas que necesitan la intervención de enzimas para convertirse en compuestos más simples antes de poder ser utilizados por los organismos.

**Ilustración 2: Esquema del fraccionamiento de la DQO sin detallar si es afluente o efluente.**



**Fuente: Menéndez, C. & Dueñas, J. (2018).**

Según Chávez, G. (2018) el creciente problema de escasez y contaminación del agua puede bien ser atribuido al aumento de la población y al impacto del cambio climático. Advirtió que, de no encontrar nuevas soluciones para garantizar el suministro de agua potable, la escasez podría provocar conflictos. Los métodos convencionales de desinfección y descontaminación son costosos por los químicos involucrados en el proceso. Por ello la autora enfatizó la importancia de explorar fuentes alternativas de agua, como la lluvia y las aguas residuales tratadas. Sin embargo, se plantea la preocupación sobre los microorganismos y productos químicos presentes en las aguas residuales, como los disruptores endocrinos y los fármacos.

La nanotecnología se presenta como una posible solución para tratar el agua. Se ha mencionado que la nanotecnología puede tener un impacto positivo en las técnicas convencionales empleadas para tratar el agua, tales como la filtración, la adsorción y la coagulación. Se ha logrado un exitoso uso de la nanotecnología en la remediación de aguas subterráneas y en otros procesos de filtración. La autora también destacó la relevancia de estar al tanto de los adelantos más recientes en

nanotecnología y nanomateriales con el fin de mejorar la calidad del agua residual y su posibilidad de ser reutilizada.

En síntesis, la investigación de la autora propuso una revisión de los avances en nanotecnología aplicados al tratamiento de aguas residuales, poniendo énfasis en el empleo de nanomateriales para la creación de membranas de filtración y en los procesos de catálisis y fotocátalisis. La nanotecnología involucra la manipulación de materiales a nivel atómico con el fin de crear estructuras, artefactos y materiales innovadores. Las nanopartículas son esenciales en este campo y pueden ser transportadas de manera eficiente a través del flujo de agua subterránea debido a su tamaño que en promedio se encuentra entre 1 y 100 nanómetros.

En el texto de la autora abordaron dos enfoques en la nanotecnología. El primero, denominado enfoque "bottom-up", implica la construcción de materiales y dispositivos a partir de componentes moleculares ensamblados químicamente. En contraste, el enfoque "top-down" consiste en la creación de nano-objetos a partir de entidades más grandes, sin un control a nivel atómico. Se destaca que las nanopartículas surgen de la alteración en la solubilidad de las sustancias solubles.

**Tabla 2: Tecnologías de membrana basadas en nanotecnología.**

No	Organización	País	Tipo de Tecnología
1	Universidad Banaras Hindu	India	Recipientes con filtros basados en nanotubos de carbono para remover contaminantes
2	Argonida	Estados Unidos	Filtros de nanofibra de óxido de aluminio desarrollados en sustrato de fibra de vidrio
3	Instituto Politécnico Rensselaer	Estados Unidos	Equipos con filtro de nanotubos de carbono para remoción de contaminantes.
4	SolmeteX	Estados Unidos	Resinas que enlazan metales pesados, para remoción de mercurio, arsénico, cianuro y cadmio de agua.
5	Universidad North West Potchefstroom	Sudáfrica	Tecnología de nanofiltración por nanomembrana.
6	Filmtec Corporation	Estados Unidos	Tecnología de nanofiltración por nanomembrana.
7	Instituto de Investigación del Agua Stephen & Nancy Grand	Israel	Osmosis reversa
8	Departamento de Agua Long Beach	Estados Unidos	Proceso de filtración de dos etapas a una relativa baja presión.
9	Instituto de Ciencia de Polímeros. Universidad de Stellenbosh	Sudáfrica	Tecnología de nanofiltración por nanomembrana.

**Fuente: Chávez, G. (2018).**

Se pudo observar que las propiedades de los nanomateriales suelen ser diferentes a las propiedades macroscópicas debido a que poseen un área de superficie mayor, una relación de volumen distinta y efectos cuánticos. La alteración de los materiales puede afectar la reactividad, las propiedades catalíticas, la resistencia mecánica y las características eléctricas de los mismos. Además, la autora señaló que la nanotecnología se utiliza en una amplia gama de productos en distintas

industrias y su crecimiento en el mercado es muy rápido, lo que augura el surgimiento de nuevas tecnologías y avances en múltiples campos.

La investigación de Osorio, M. et al. (2021) se enfocó en la preocupación por la creciente contaminación en las fuentes de agua, que representa un riesgo para la salud humana y los ecosistemas. Se atribuye el aumento de la población al crecimiento descontrolado, lo que ha generado problemas ambientales como la contaminación y la reducción de los recursos naturales.

El estudio se centró en las aguas residuales domésticas, que contienen desechos humanos y otros residuos de edificios, establecimientos comerciales y espacios públicos. Se destaca que la entrada de contaminantes en el agua, tanto directa como indirectamente, causa alteraciones negativas en su calidad y función ecológica. Estas aguas residuales contienen diversos componentes físicos, químicos y biológicos, orgánicos e inorgánicos, que pueden estar suspendidos o disueltos.

El objetivo principal del estudio es comprender el grado de contaminación en muestras de aguas residuales mediante la medición de valores numéricos de concentración. Para lograrlo, se realizó una exhaustiva búsqueda en bases de datos y portales web relacionados con el medio ambiente.

Del resultado de las actividades cotidianas domésticas surgen las aguas residuales. Estas contienen diferentes elementos, como excrementos humanos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno y fósforo, así como otros compuestos en cantidades más pequeñas. Además, se hizo referencia a la posible contaminación de estas aguas cuando se modifican sus propiedades químicas, biológicas o físicas, lo cual perjudica su aptitud para el consumo humano y su utilidad en distintas actividades.

En el trabajo de los autores se resaltaron estadísticas acerca de la cantidad diaria de heces y orina que las personas eliminan, lo cual tiene un impacto significativo en la DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno) presente en las aguas residuales. De acuerdo con la referencia mencionada, se sostiene que las proteínas son los compuestos más numerosos, seguidos por los carbohidratos y las grasas. En adición, se destaca la existencia de gérmenes patógenos capaces de causar impacto en el sistema digestivo del ser humano.

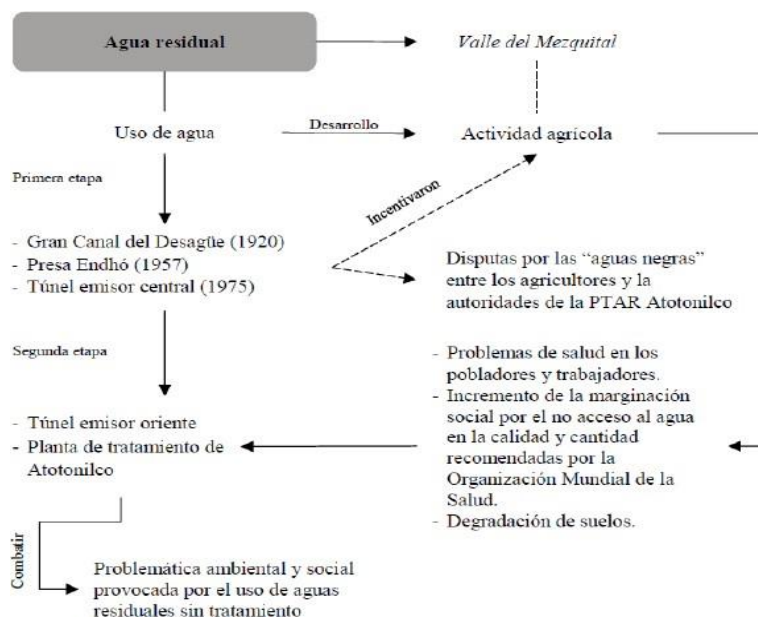
### 2.1.2 Contexto Regional del Aprovechamiento de las Aguas Residuales

El texto de García, E. (2020) se centró en el aprovechamiento de las aguas residuales en el Valle del Mezquital (VM) y su impacto en la sociedad y el medio ambiente. Se destacó que las actividades agrícolas en esta región se basan en el uso de aguas residuales no tratadas debido a la escasez de agua, y que estas aguas aportan valor nutricional a los cultivos. Sin embargo, este enfoque tuvo consecuencias negativas para la salud pública y la degradación de la tierra.

Si bien el uso de aguas residuales inicialmente pareció ser una solución a los problemas de escasez de agua de la región, los problemas ambientales afectaron a comunidades marginadas debido a la escasa disponibilidad de agua doméstica y los cambios en las actividades tradicionales. El Valle del Mezquital se destaca como el segundo mayor usuario de aguas residuales agrícolas del mundo, y además cuenta con el sistema de alcantarillado más grande del país. El texto examina cómo el uso de aguas residuales ha dado forma a las actividades agrícolas de la región y ha creado importantes problemas sociales y ambientales.

El texto obtuvo su relevancia porque enfatizó el importante papel del agua como recurso natural en la estructura de los asentamientos humanos y el desarrollo social y económico a lo largo de la historia. Se centra en el Valle del Mezquital (VM) y sus actividades agrícolas, muy desarrolladas debido a la escasez de agua en la región, utilizando aguas residuales no tratadas.

**Ilustración 3: Implicaciones del uso de agua residual en el Valle del Mezquital.**



**Fuente: García, E. (2020).**

En el pasado, el Gran Canal de Drenaje se construyó en la Ciudad de México para evitar inundaciones, desviando las aguas destinadas originalmente al mar hacia el río Tula, que atraviesa el Valle del Mezquital (VM). Esto tuvo dos efectos positivos: previno inundaciones en la ciudad y proporcionó un suministro de agua que impulsó las actividades agrícolas y benefició la economía local en el VM.

Sin embargo, con el crecimiento poblacional y urbano, la cantidad de aguas residuales aumentó significativamente. La Presa Endhó se dedicó inicialmente a contener estas aguas, pero con el tiempo comenzó a recibir aguas residuales tanto de la ciudad como aquellas que provenían del corredor industrial Cuautitlán-Tepejí-San Juan del Río. Estas aguas contaminadas se distribuyeron luego a las zonas de riego de Hidalgo, específicamente a las áreas de riego 003 Tula, 100 Alfajayuca y 112 Ajacuba en el corazón del Valle del Mezquital.

El enfoque del libro de los autores Sánchez, D. & Sandoval, R. (2022) se dirigió hacia los problemas que afectan el suministro y la contaminación del agua en la región de Tierra Templada, con especial énfasis en la ciudad de Uruapan. Los problemas mencionados son consecuencia del crecimiento de la población en la ciudad y la reducción del caudal de agua en la unidad hidrológica que incluye Tierra Caliente.

Uruapan, famosa por su gran riqueza en recursos hídricos, posee una variedad de manantiales y destaca el arroyo de Santa Bárbara. Se aprovechan estos manantiales para distintos propósitos, tales como suministrar agua a viviendas, regar áreas verdes y cultivar huertos de aguacate. En la zona, el turismo también se destaca gracias a las maravillosas cascadas que se encuentran alrededor de los manantiales. No obstante, la ciudad se encuentra ante importantes desafíos en cuanto a su infraestructura hidráulica y de drenaje. La red de drenaje sanitario presenta deficiencias en su capacidad para cubrir las necesidades de toda la población. Además, una porción considerable de esta infraestructura se encuentra desactualizada, lo cual empeora los problemas de inundaciones durante la temporada de lluvias y provoca la contaminación de los mantos freáticos y las corrientes subterráneas.

En el libro se explicó que en la ciudad se encuentra una instalación dedicada al tratamiento de aguas residuales con el objetivo principal de purificar el agua utilizada en los hogares. Sin embargo, la planta está teniendo dificultades con su infraestructura, ya que no puede obtener eficientemente agua de las zonas que

están experimentando un crecimiento considerable, especialmente hacia el este de la ciudad. En la actualidad, la planta de tratamiento solo consigue sanear alrededor del 35% del agua que requiere ser tratada.

La ciudad de Uruapan cuenta con un sistema de drenaje sanitario que abarca una extensa red de tuberías con diferentes diámetros, totalizando una longitud de 950 kilómetros, capaz de servir a más de 300,000 habitantes. Sin embargo, aproximadamente 150,000 personas carecen de acceso a este servicio. Además, una parte del sistema de drenaje en la zona central de la ciudad es obsoleto, con alrededor de 60 años de antigüedad, lo que significa que ha alcanzado el final de su vida útil. Estos problemas se agravan durante la temporada de lluvias, lo que resulta en inundaciones en las calles y la consiguiente contaminación de los mantos freáticos y las corrientes subterráneas.

Oakley, S. & Saravia, P. (2021) dijeron que una gran parte de las aguas residuales de los hogares en los municipios cercanos al lago Atitlán son vertidas directamente en él, mientras que los municipios más alejados transportan sus aguas residuales hasta el lago a través de ríos y arroyos. Esta práctica ha provocado un aumento constante de patógenos y nutrientes en el lago, generando cambios significativos en su ecosistema y poniendo en peligro la salud pública.

En los últimos años, el lago ha experimentado un aumento considerable de eutrofización, causado por la entrada de aguas residuales sin tratar o con tratamiento insuficiente. Los brotes de algas y cianobacterias en 2009 y 2015 han atraído la atención global debido a la gravedad de la situación. La preocupación por la salud del lago y su entorno ha surgido como resultado de la eutrofización y los problemas de contaminación asociados.

Según los autores, para el lago Atitlán existen un total de 18 PTARs, de las cuales únicamente 10 se han encontrado como operativas, mientras que 8 estaban fuera de servicio en el año 2019. Estas plantas han seguido el enfoque ancestral desarrollado en Europa y los Estados Unidos, el cual busca garantizar la estabilidad de la materia orgánica antes de su desecho en cuerpos de agua como ríos, lagos o mares. Sin embargo, se han detectado deficiencias en el diseño, operación y mantenimiento de estas PTARs.

En los 10 trenes de tratamiento se emplean 11 procesos unitarios variados. El tratamiento más utilizado es el de lodos activados, el cual implica altos costos tanto en su financiamiento inicial como en su operación y mantenimiento. La

capacidad de eliminar patógenos y nutrientes no se presenta en la mayoría de estas plantas. Otras plantas también emplean el método de RAFA/filtro percolador, pero este no resulta eficiente en la eliminación de patógenos y nutrientes. La mayoría de estas plantas liberan sus residuos directamente en cuerpos de agua superficiales.

Además, se hace referencia a la falta de un plan adecuado para el manejo y disposición final de los lodos producidos en estas plantas. Existe una amplia variación en los costos de inversión por persona, siendo algunas plantas más sencillas más costosas que las de lodos activados.

Las PTARs presentan deficiencias en su diseño y operación, lo cual resulta en un incumplimiento generalizado de los límites máximos permitidos para nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y coliformes fecales. Adicionalmente, es importante resaltar que el enfoque lineal utilizado en la selección de tecnología de tratamiento no considera una perspectiva global de los problemas existentes. Además, carece de una autoridad interdisciplinaria que pueda establecer normas de diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales con límites máximos permisibles apropiados para la eliminación de patógenos y nutrientes, así como para la implementación de sistemas de monitoreo continuo. En los Estados Unidos, el paradigma lineal también prevalece. Aquí, la gran mayoría de las aguas residuales tratadas son liberadas en aguas superficiales. Aunque existen normas más rigurosas, no se cumplen de manera constante.

Mora, J. (2020) realizó una investigación en la ciudad de Tocaima. Esta ciudad fue fundada en el territorio de la tribu Guacaná de la población Panche. Tocaima es parte de la cuenca del Río Bogotá, a excepción de algunas quebradas al norte que desembocan en el Río Magdalena. En la región hay varias fuentes de agua que se utilizan para abastecer a las comunidades rurales, así como para usos recreativos y terapéuticos. La expansión del turismo en el municipio ha generado inquietud con relación al control de las aguas residuales que van a parar al Río Bogotá, un cauce vital para el abastecimiento de agua potable en la zona.

En las administraciones pasadas se ha considerado construir una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). En la administración de 2020, uno de los proyectos más importantes fue ejecutar esta PTAR, la cual ha sido aprobada tanto por el concejo municipal como por la CAR.

El proyecto adoptó una metodología mixta que combinó enfoques cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo se empleó para analizar la viabilidad de la



Planta de Depuración de Aguas Residuales (PDAR) en el Municipio de Tocaima, centrándose en aspectos como causa y efecto, y se enfocó en casos específicos. Por otro lado, se utilizó un enfoque cuantitativo para explorar la problemática y recopilar datos reales, clasificándose el estudio como exploratorio y explicativo, buscando comprender las causas del problema y analizar el fenómeno y sus componentes. La metodología de investigación fue inductiva, explorando y describiendo la problemática para desarrollar perspectivas teóricas.

El autor resaltó la importancia de una planta de tratamiento de aguas residuales para mejorar la calidad del río Bogotá y la calidad de vida de los habitantes cercanos. Se llevó a cabo un análisis exhaustivo del lugar de vertido de las aguas residuales y del área propuesta para la construcción de la planta, concluyendo que su construcción era factible. Se realizaron estudios topográficos para identificar la ubicación adecuada para la construcción, destacando la importancia de la planta como una obra primordial para el municipio, sus habitantes y el entorno natural.

Melgar, W. (2019) reconoció la importancia del saneamiento básico rural en Perú y la falta de datos sobre la sostenibilidad de los sistemas de agua potable en estas áreas. Se menciona que la falta de acceso a servicios básicos de saneamiento y prácticas de higiene inadecuadas han contribuido a problemas como la desnutrición crónica en niños y enfermedades digestivas, especialmente entre los más jóvenes.

Según las estadísticas, se informa que anualmente mueren más de 800,000 niños menores de 5 años debido a enfermedades del aparato digestivo, principalmente por la falta de condiciones sanitarias básicas y de higiene personal. Se reconoce la importancia del agua en el crecimiento el desarrollo social y económico de una región, pero se expresa preocupación por la distribución desigual del recurso hídrico y la presencia de contaminación.

Además, el autor mencionó en el texto un estudio realizado en comunidades rurales de Perú. Este estudio reveló que solo aproximadamente el 30% de los sistemas de agua potable en estas áreas son sostenibles, mientras que la mayoría presenta algún grado de deterioro o colapso. Para evaluar la sostenibilidad de estos sistemas, se tomaron en cuenta aspectos como la infraestructura existente, la calidad del agua suministrada, la cobertura geográfica y la continuidad del servicio brindado.

Se llegó a la conclusión de que el sistema de agua potable actual en el Distrito de Huancaraylla, ubicado en la provincia de Víctor Fajardo en Ayacucho, Perú, enfrentaba diversos problemas y requiere urgentemente de rehabilitación. El sistema incluye una captación en mal estado que requiere reparación, un sistema de conducción dañado que necesita ser reemplazado, dos reservorios que necesitan reparaciones y mejoras, una red de distribución con tuberías expuestas y dañadas, y conexiones domiciliarias que requieren regulación y cambio.

La implementación del proyecto de agua potable, que incluyó alcantarillado y planta de depuración de aguas servidas tuvo como objetivo principal mejorar las condiciones de salud de la comunidad de Huancaraylla. La hipótesis del proyecto afirmó que, al implementar este sistema, se lograría un impacto positivo en la disminución de enfermedades, especialmente entre los niños que padecen enfermedades como hepatitis A, enfermedades diarreicas y desnutrición debido al consumo de agua no tratada. Además, se resaltó en el texto la relevancia de examinar libros y regulaciones relacionadas con el agua y el saneamiento básico a fin de fortalecer el entendimiento y emplear las estrategias más adecuadas en la creación y ejecución de proyectos de esa índole en Perú.

**Ilustración 4: Sistema de unidad básica de saneamiento por sus siglas UBS.**



**Fuente: Melgar, W. (2019).**

La validación de la hipótesis fue positiva y ante esto existió una parte de la población que abogó por la implementación de sistemas de agua potable y saneamiento básico en las zonas rurales del Distrito de Huancaraylla. Se argumenta que esta medida puede reducir enfermedades y mejorar la calidad de vida de los residentes. Se enfatiza la importancia de la investigación y el análisis para

comprender la planificación, diseño y ejecución de proyectos de saneamiento básico en áreas rurales.

Los puntos clave incluyen la revelación de fallos y carencias en el diseño y procesos constructivos de proyectos de sistemas de agua potable, así como la identificación de errores en proyectos de sistemas de alcantarillado. Se destaca la importancia del monitoreo continuo en el saneamiento para detectar cambios negativos en los sistemas de depuración y corregirlos tempranamente con mínimas afectaciones sobre las poblaciones beneficiadas.

Vargas, A. et al. (2020) discutieron el tema de las plantas de tratamiento de aguas residuales en Colombia, las cuales se plantearon como una estrategia para controlar la contaminación. De acuerdo con las leyes colombianas, se requiere que los efluentes domésticos cumplan con ciertas regulaciones establecidas. En este sentido entran tres categorías de procesos de tratamiento: físicos, químicos y biológicos. En América Latina, se emplean de manera extensa los procesos biológicos para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Estos procesos aprovechan los principios naturales con la asistencia de microorganismos.

La finalidad de la depuración de aguas residuales domésticas es disminuir la contaminación por vertido en las aguas superficiales y subterráneas. Esto se debe a que con frecuencia estas aguas son liberadas directamente en cuerpos de agua o terrenos. En países en vías de desarrollo, como Colombia, hay una escasa proporción de aguas residuales tratadas en comparación con el volumen generado. Esto se debe a razones económicas, falta de regulación y desconocimiento de las tecnologías disponibles.

Colombia, con sus abundantes recursos hídricos, ha sufrido un impacto ambiental negativo debido a la falta de regulación en los vertimientos, lo cual tiene consecuencias tanto en el ecosistema como en la salud pública. Además, los autores destacaron que numerosas plantas de tratamiento de aguas residuales no fueron planificadas para afrontar el crecimiento de la población, lo que las convierte en obsoletas a lo largo del tiempo.

Este artículo se enfocó en los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia y resaltó la diversidad de estrategias empleadas en distintas áreas del país. En el texto se hicieron referencias a diferentes tipos de sistemas de tratamiento, como los sistemas aerobios, los sistemas anaerobios, las lagunas de estabilización y los sistemas combinados. En diferentes áreas de Colombia, como Gachancipá, Suesca,

Tocancipá, Zipaquirá y Santa Fe de Antioquia, se mencionan ejemplos particulares de plantas de tratamiento.

Además, se resaltó en el texto la importancia de evaluar la eficacia en la eliminación de contaminantes, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), los sólidos suspendidos totales (SST) y otros parámetros. Se menciona que ciertos sistemas de tratamiento, como las lagunas de estabilización, han demostrado tasas elevadas de eliminación de sustancias contaminantes.

En la actualidad se están debatiendo opciones poco tradicionales, como los sistemas de lagunas algales, para abordar problemas relacionados con el medio ambiente y la economía en zonas tropicales. Por ello, destacaron el beneficio potencial que estas alternativas podrían brindar tanto desde una perspectiva económica como ambiental. Adicionalmente, se lleva a cabo una comparación de la eficiencia y los costos de distintos sistemas de tratamiento, resaltando la posibilidad de que los sistemas basados en la naturaleza, como las lagunas algales, puedan resultar más económicos que los sistemas convencionales.

Los investigadores trataron temas sobre la gestión de biosólidos y cómo es posible utilizar la biomasa algal producida en el tratamiento de aguas residuales para diferentes propósitos, como la producción de biocombustibles y alimentos. Además, destacaron en el texto la relevancia de vigilar y analizar los tiempos de retención hidráulica en los sistemas de tratamiento biológico, dado que esto puede incrementar su eficiencia.

El texto también analizó la comparación entre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en Colombia y aquellos utilizados en otras partes del mundo. Se mencionó la divergencia en los requerimientos normativos y la importancia de aprovechar los vertidos producidos. Se mencionaron ejemplos de sistemas de tratamiento en España, donde se han logrado eficiencias superiores mediante el uso de sistemas lagunares y humedales artificiales. Se destacó la eficacia de un humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal con aireación artificial en la eliminación de contaminantes. Se logró una reducción promedio del 96.9% en turbidez, sólidos suspendidos totales, nitrógeno total, Escherichia coli y fósforo total. En Colombia, este sistema es considerado poco convencional y es escasamente utilizado.

Además, se mencionaron en el texto sistemas innovadores como el biorreactor de membrana continua foto-anaeróbico. Este sistema utiliza bacterias fototróficas para almacenar nutrientes, aunque se destacó que su eficiencia a gran escala aún no

ha sido comprobada. Un ejemplo más es la combinación de un sistema secuencial de lodos activados y una vegetación que forma cama de humedales artificiales sumergidos, que logra una efectiva eliminación de nutrientes y partículas suspendidas.

Se destacó en la conclusión del artículo que, en Colombia, los sistemas biológicos como, por ejemplo, las lagunas de estabilización, los lodos activados y los humedales, han exhibido un notable nivel de eficiencia para erradicar los contaminantes. Se sugirió también que, al combinar estos sistemas, se pueden lograr eficiencias de PTARD al 90%.

**Tabla 3: Resumen de revisión bibliográfica de los porcentajes de eficiencia de remoción.**

Autor(es)	Sistema de tratamiento de ARD	Porcentajes de remoción					
		DBO <sub>5</sub>	DQO	SST	NT	PT	S
Gonzalez y Saldarriaga (2008).	Tipo A2O (anaerobio-anóxico-aerobio).	92,5%	NA	–	87,7%	83,5%	–
Méndez, Carreño y Hernández (2011).	Lagunas de estabilización.	80,0%	≤ 80%	–	–	–	–
Torres (2011).	Lodos activados combinado con sistema de Biodiscos.	≤ 80%	≤ 80%	≤ 80%	–	–	–
Correa, Cuervo, Mejía y Aguirre (2012).	Laguna anaerobia, conectada en serie con dos lagunas facultativas, operando en paralelo.	90,0%	–	–	–	–	–
Mañunga, Rodríguez y Torres (2011).	Lodos activados.	80,0%	76,0%	80,0%	–	–	–
Orozco, Triviño y Manrique (2014).	Reactor anaerobio de Flujo Ascendente.	≤ 70%	≤ 80%	–	–	–	–
Badejo, Omole, Ndambuki y Kupolati (2017).	Lodos activados, combinado con una vegetación de cama de humedales artificiales sumergidos.	–	–	99,6%	99,6%	–	88,8%
Martínez, García Martínez, Medina y Almela (2017).	Humedal artificial de flujo subsuperficial horizontal.	97,8%	92,7%	97,5%	91,5%	96,9%	–
Sanctisa, Moroa, Chimientia, Ritellia, Levantesib y Iaconia (2017).	Lotes secuenciales de sistemas lagunares.	98,0%	90,0%	90,0%	80,0%	60,0%	–

**Fuente: Vargas, A. et al. (2020).**

### **2.1.3 Aguas Residuales Industriales**

Según el trabajo Hernández, A. et al. (2017), en México se presentó un problema que ha impedido el acceso al agua como un derecho debido a la insuficiente gestión de las aguas residuales. La contaminación de los cuerpos de agua es un problema grave, particularmente en los países en desarrollo, y puede llevar a que los recursos hídricos se agoten sin posibilidad de recuperación.

En México, se hizo referencia a la existencia de plantas de tratamiento tanto municipales como industriales. Sin embargo, las pequeñas y microempresas reciben una atención limitada debido a sus bajos ingresos y la falta de recursos para implementar sistemas de depuración de aguas residuales. El resultado de esto es que las aguas residuales son descargadas en cuerpos de agua y redes de alcantarillado

sin ser tratadas, lo cual representa un peligro para la salud pública y para el medio ambiente.

El texto resaltó la existencia de tecnologías convencionales altamente mecanizadas para el tratamiento de las aguas de residuo de las zonas industriales. Sin embargo, estas tecnologías presentan desventajas significativas en términos de los costos de construcción, de operación y de mantenimiento, además de requerir un alto consumo de energía. Por otra parte, estos sistemas convencionales no logran una disminución significativa en la presencia de microorganismos patógenos.

Se hicieron referencias a sistemas de tratamiento ecológicos, tales como humedales y lagunas de oxidación, los cuales necesitan un amplio espacio de terreno, pero poseen beneficios como un bajo costo de mantenimiento y una eficacia elevada en la eliminación de sustancias contaminantes y microorganismos patógenos. No obstante, cabe destacar que la implementación de dichos sistemas en pequeñas y microempresas industriales se ve obstaculizada por la carencia de acceso a recursos gubernamentales y la falta de investigación en países en desarrollo.

En México, se ha observado un considerable incremento en el número de plantas de tratamiento de aguas residuales. Esta positiva evolución se ha debido a los eficaces programas promovidos por el gobierno federal. Como resultado, se ha logrado que una mayor cantidad de áreas cuente con el adecuado tratamiento de sus aguas residuales. No obstante, dicha situación ha ocasionado una significativa repercusión tanto en la economía como en el medio ambiente. La necesidad de utilizar tecnologías más sofisticadas, económicas y amigables con el medio ambiente se plantea debido a esta razón. Los humedales construidos son considerados una de las mejores opciones debido a su bajo costo y óptimos resultados en la depuración de contaminantes.

En el documento de los autores se destacó que, a pesar del creciente uso de plantas de tratamiento convencionales en varias zonas del país en los últimos años, la cantidad de agua tratada por cada estado aún no llega ni siquiera al 50% del volumen total de aguas residuales producidas. Es necesario abordar los desafíos de la falta de sistemas de tratamiento, los altos costos de instalación y operación de las plantas, y el elevado consumo de energía requerido para resolver esta problemática.

El texto resaltó también la importancia de evitar la descarga sin tratar de un gran volumen de aguas residuales de tipo industrial en cuerpos naturales de agua como ríos y arroyos, así como el uso directo de estas aguas en la agricultura, debido

a sus consecuencias negativas para la salud de los ecosistemas y las personas. La contaminación del agua ha sido responsable de enfermedades intestinales, las cuales se estima que causaron aproximadamente el 12.57% de las muertes de niños menores de 5 años en México durante el año 2015. Existen dos clases distintas de fuentes de contaminación que pueden ser identificadas: las fuentes de contaminación puntuales y las fuentes no puntuales. La contaminación puntual se origina en puntos específicos de descarga, como tuberías de drenaje, mientras que la contaminación no puntual o difusa se deriva de contaminantes que llegan al agua de forma indirecta, generalmente debido a cambios ambientales, y representa un mayor desafío para su control.

En el artículo de Fúquene, D. & Yate, A. (2018) se abordó la temática del tratamiento de las aguas de residuo industrial, resaltando la relevancia de eliminar las impurezas y los contaminantes previo a su vertido en los cuerpos de agua, en total cumplimiento de las leyes vigentes. En el texto las autoras hicieron referencia a diferentes procesos de tratamiento, tales como el pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario o biológico y el tratamiento terciario o químico.

**Ilustración 5: Resumen gráfico del artículo.**



**Fuente: Fúquene, D. & Yate, A. (2018).**

Se presta especial atención al proceso de coagulación durante el tratamiento primario. El objetivo de este procedimiento es desestabilizar químicamente las partículas coloidales en el agua para que puedan eliminarse más fácilmente más adelante. Los procesos de coagulación, incluida la compresión de la doble capa, la adsorción y el enlace del puente entre las partículas, se detallan en el trabajo de los

autores. Además, se discutieron varios tipos de coagulantes, como los derivados de forma natural, que se cree que son opciones más amigables con el medio ambiente. También se mencionaron algunos factores que tienen influencia en cómo se optimiza el proceso de coagulación. Estas variables incluyeron el pH del agua, la turbidez, la mezcla y la agitación, el tamaño de la partícula, la temperatura del agua y la cantidad coagulante. Según estos elementos cruciales, se calcula la efectividad del proceso de coagulación en la eliminación de partículas suspendidas y otros contaminantes de las aguas residuales.

Las autoras realizaron el procedimiento del ensayo de jarras, el cual se considera una metodología primordial en la supervisión del proceso de coagulación química de aguas. En este ensayo, se emplearon varias dosis de coagulante y floculante en diferentes jarras con el propósito de simular los procedimientos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación. El objetivo principal consistió en encontrar la dosis ideal para obtener una calidad de agua óptima al menor costo posible.

Presentaron una lista de materiales requeridos para llevar a cabo el experimento, la cual incluye coagulantes, floculantes, productos químicos como soda cáustica y ácido clorhídrico, instrumentos de medición como pH metros y turbidímetros, equipo de jarras, entre otros. Enfatizar el uso de elementos protectores personales fue crucial.

El ensayo de jarras consistía en realizar diversas etapas para obtener resultados precisos. En primer lugar, se midieron los parámetros iniciales del agua cruda y, si era necesario, se ajustaba el pH. Luego, se agrega coagulante y floculante en diferentes jarras, seguido de una agitación para facilitar la formación de flóculos. Después de la agitación, se permitía que las muestras reposen para que los flóculos se sedimenten. Finalmente, se realizaron mediciones de los resultados obtenidos, como, por ejemplo, el volumen de lodos generados. Se enfatizó lo crucial que es mantener la dosis de floculante y modificar las cantidades coagulantes dentro de los rangos predeterminados para evitar que la muestra se sature.

Las autoras también enfatizaron la importancia de hacer esta prueba como un paso en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Este experimento hizo posible observar el comportamiento de los coagulantes y descubrir cuánto es mejor para una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Se sugirió que se obtenga una



muestra suficiente de efluente industrial para realizar una prueba de jarra efectiva. En términos generales, se recomienda una capacidad de 20 litros.

Zaruma, P. et al. (2018) en su texto, discutieron cómo la descarga de aguas residuales no tratadas y los desechos de zonas industriales en cuerpos de agua pueden contaminar el agua en las naciones empobrecidas. Resaltaron la importancia de la industria textil como una fuente significativa de contaminación, sobre todo a través de la liberación de colorantes en aguas residuales sin un tratamiento apropiado. Debido a su débil adherencia en las fibras de tela, se estima que el 50% de los colores utilizados en la industria textil se separan en las vías fluviales. Adicionalmente, se destacaron que estos colorantes sintéticos no son biodegradables y se consideran persistentes, lo cual implica la necesidad de emplear métodos apropiados para descomponerlos antes de su liberación al medio ambiente.

Además, el trabajo proporciona información sobre el desarrollo histórico de los tintes textiles, que se remonta a las civilizaciones antiguas, y analiza la gama de tintes comerciales disponibles en la actualidad, que se clasifican en función de su composición química y técnica de aplicación. Dentro del sector textil. Un tema de proporción significativa a la que contribuye el sector textil es la contaminación del agua. Para abordar este problema y mantener la calidad de nuestros recursos hídricos, debemos encontrar soluciones viables y disminuir los efectos ambientales negativos de esta actividad industrial.

El análisis de los autores se centró en la preocupación continua por los desechos gaseosos y líquidos producidos por muchos sectores industriales, que representan un riesgo para la salud y el bienestar de las personas. El principal énfasis fue en las aguas residuales de la industria textil, lo cual es una preocupación ambiental significativa.

En la industria textil, se emplean diferentes técnicas para tratar las aguas residuales. Estas incluyen tanto métodos biológicos como procesos de oxidación avanzada (POAs). Se utilizan técnicas como la ozonización y la oxidación electroquímica para descomponer compuestos orgánicos difíciles de degradar, convirtiéndolos en agentes oxidantes, como el radical hidroxilo ( $\bullet\text{OH}$ ), que es muy eficaz para eliminar contaminantes.

También destacaron la eficacia de la fotocatalisis utilizando  $\text{TiO}_2$  y radiación UV para la eliminación de contaminantes textiles. Además, se mencionaron componentes importantes de este proceso, incluida la concentración de la coloración

inicial, el nivel de pH, la cantidad de peróxido de hidrógeno y la resistencia de la luz UV. Como resultado, también enfatizaron el beneficio de la fotocátalisis de ser un proceso que se puede usar allí, por lo que es una herramienta útil para eliminar contaminantes antes de descargarlos en cuerpos de agua. También es vital tener en cuenta que la radiación solar UV tiene el beneficio de ser económico en términos de energía, lo que lo convierte en una opción ambientalmente responsable.

El texto de los autores abordó el tema de las aguas residuales producidas por la industria textil. La presencia de colorantes empleados en el proceso de producción ha envenenado estas aguas, lo que representa una amenaza para el medio ambiente. Enfatizaron el uso de tecnologías de tratamiento terciario, específicamente el método de fotocátalisis. Esta técnica se basa en el uso de un fotocatalizador y luz ultravioleta, ya sea natural o artificial, para descomponer contaminantes orgánicos. Debido a su eficacia en la erradicación de los tintes textiles, se considera un sustituto factible para el tratamiento de las aguas contaminadas con tales sustancias. Un factor significativo en la reducción del color y el contenido orgánico en las aguas residuales es la fotocátalisis.

En conclusión, tomaron nota de los diversos enfoques disponibles para tratar las aguas residuales que contienen tintes sintéticos, pero la fotocátalisis se destaca como una de las mejores opciones para tratar los desechos industriales del sector textil. A pesar de esto, se reconoce que los resultados son significativos en algunas situaciones, dependiendo de factores como el tipo de colorante utilizado, la cantidad de coloración aplicada, la intensidad de la luz UV y el nivel de pH, entre otros.

El enfoque del texto en el que trabajaron Jaimes, J. & Vera, J. (2020) fue la industria farmacéutica y cómo esta afecta al medio ambiente al emitir aguas residuales contaminadas con productos químicos, incluyendo medicamentos. Si bien reconoce la importancia del negocio farmacéutico en el avance del conocimiento médico, también se llamó la atención sobre cómo los avances en los medicamentos y las vacunas han mejorado la salud humana y animal y las expectativas de vida alargadas.

En la industria farmacéutica, se hace mención del uso del agua como un componente esencial. En este sector, se identifican diferentes tipos de agua para usos farmacéuticos, que incluyen agua altamente purificada, agua inyectada y agua purificada. Los desechos químicos se producen en aguas residuales a partir de la

limpieza de equipos y la fabricación de medicamentos. El potencial de esta condición para contaminar fuentes de agua potable ha expresado preocupaciones.

Debido a que hay muchas actividades y procedimientos diferentes en el sector farmacéutico, hay variaciones en la cantidad y el contenido de las aguas residuales. Los desechos farmacéuticos que se descargan pueden ser cantidades modestas, pero si se libera continuamente, puede aumentar la concentración de toxinas en los cuerpos de agua, lo que representa un riesgo a largo plazo para la vida acuática y terrestre.

La falta de conocimiento sobre los componentes de las aguas residuales en el sector de la farmacia es uno de los mayores obstáculos para implementar tratamientos apropiados. Ha resultado evidente la falta de conocimiento en este campo, lo que ha obstaculizado el proceso de tratamiento y su eficacia. El artículo mencionó que, aunque los métodos de terapia biológica se usan con frecuencia, su eficacia puede verse comprometida por la presencia de sustancias como desinfectantes y antibióticos.

El mejor método para deshacerse de las sustancias dañinas y los llamados "contaminantes emergentes" de las aguas residuales farmacéuticas es la ozonización. Usando este proceso, las sustancias tóxicas se cambian a productos que son más seguros para el medio ambiente y la salud humana.

En esencia, los escritores del documento enfatizaron la necesidad de limpiar las aguas residuales producidas por el sector farmacéutico porque los productos químicos en ellos perjudican el medio ambiente. También enfatizaron la ozonización como una técnica útil para reducir la contaminación en esta región. Por lo tanto, el objetivo del estudio de los autores era determinar cómo la ozonización contribuye a la reducción de la contaminación causada por contaminantes recién descubiertos encontrados en el sector farmacéutico.

Como resultado, el texto abordó el tema de los micropolutantes, también conocidos como contaminantes emergentes, en aguas residuales urbanas. Los productos químicos creados por las actividades diarias de las personas, como la higiene personal y la atención médica, se conocen como contaminantes emergentes. El medio ambiente y el mundo natural pueden verse afectados negativamente por estas sustancias. A pesar del hecho de que a menudo se emiten en cantidades más pequeñas, su uso prolongado y regular hace que se acumulen gradualmente en el medio ambiente.

Los medicamentos, los insecticidas, los productos químicos perfluorados, las hormonas, los productos farmacéuticos maltratados y los artículos de higiene personal son algunos ejemplos de contaminantes. El problema principal ha sido el uso generalizado de medicamentos y sus posibles efectos sobre el medio ambiente y la salud humana.

La industria farmacéutica ha sido reconocida como una considerable fuente de producción de estos contaminantes emergentes debido a su producción a gran escala de productos químicos farmacéuticos esenciales para la salud humana y animal. Durante la producción de medicamentos, se generan diversos tipos de residuos, como los provenientes de la limpieza de los equipos. Estos desechos tienen composiciones variables dependiendo de la temporada y las características únicas de su generación, pero consistentemente tienen niveles de alta salinidad y demanda química de oxígeno (DQO).

Además, del sector farmacéutico, los hospitales también producen una cantidad sustancial de contaminantes recién descubiertos. La excreción de pacientes y las investigaciones realizadas en hospitales contribuyen a la liberación de contaminantes, como medicamentos, antibióticos y citotóxicos, en los cuerpos de agua.

Por esta razón, enfatizaron cómo es preocupante que se presenten nuevos contaminantes en las aguas residuales urbanas, con un enfoque en el impacto de los medicamentos en el medio ambiente. Se reconoce que la actividad humana contribuye a la presencia de estos contaminantes, y que su acumulación puede tener efectos perjudiciales en la salud humana y los ecosistemas acuáticos. La industria farmacéutica y los hospitales son fuentes principales de estos contaminantes.

El artículo cubrió los procesos químicos de la oxidación avanzada, que emplean agentes oxidantes para reducir la demanda biológica de oxígeno (BOD) y la demanda química de oxígeno (DQO) en los procesos destinados a purificar las aguas residuales. Las técnicas se centran en eliminar la materia orgánica del agua mediante procesos fisicoquímicos que dan como resultado modificaciones notables a la composición química de los contaminantes.

Se observó que las especies extremadamente eficientes, como el radical hidroxilo ( $\text{OH}^\cdot$ ), que se produce por oxidantes como oxígeno, peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y catalizadores con apoyo, se emplean en procesos de oxidación sofisticados. Estos procesos producen dióxido de carbono y agua como subproductos.

En el documento se presentaron tres de las principales tecnologías del proceso de oxidación avanzada. En el proceso Fenton, las sales de hierro se agregan a un medio ácido junto con peróxido de hidrógeno, que produce radicales hidroxilos (OH). La combinación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y sales de hierro es lo que hace que el reactivo Fenton sea conocido.

Mediante el uso de procesos anódicos, el oxígeno se entrega del agua, que sirve como solvente, a los productos que deben oxidarse a través del proceso conocido como oxidación electroquímica.

La ozonización se considera una técnica de oxidación de vanguardia para tratar las aguas residuales. El agua se utiliza en una variedad de propósitos, como la filtración de agua, y también aumenta su biodegradabilidad, lo que facilita el tratamiento biológico convencional.

En los procedimientos de oxidación avanzados, los contaminantes y los materiales orgánicos encontrados en las aguas residuales se eliminan mediante el uso de productos químicos oxidantes. Esto acelera el tratamiento futuro del agua y ayuda a mejorar su calidad.

Se subrayó que debido a que las aguas residuales farmacéuticas contienen tantas cualidades y componentes diferentes, los tratamientos de aguas residuales convencionales no son muy efectivos para manejarlo. Los restos antes mencionados son difíciles para que la naturaleza se descomponga y ocasionalmente se dejan en las instalaciones de tratamiento tradicionales.

**Tabla 4: Sustancias de origen farmacéutico encontradas en las aguas residuales tratadas por el proceso de ozonización.**

Fármaco	Nombre sistemático
Ibuprofeno	(RS)-2-(4-(2-methylpropyl) phenyl) ácido propanoico
Paracetamol	N-acetil-4-aminofenol
Diclofenaco	Diclofenac 2-(2, 6-dicloroanilino)
Propofol	(2,6-Bis(1-metiletil) fenol))
Codeína	3-metilmorfinas

**Fuente: Jaime, J. & Vera, J. (2020).**

Por último, es relevante mencionar que la aplicación de la técnica de ozonización se emplea con el propósito de eliminar los restos de fármacos encontrados en las aguas residuales y, adicionalmente, promover una mayor capacidad de biodegradación en las aguas residuales de origen farmacéutico. En el

proceso de ozonización se hace especial mención a la eliminación de medicamentos como el ibuprofeno, diclofenaco y propofol.

Carrera, J. & Suárez, M. (2019) escribieron un libro que discutió el análisis de las aguas residuales industriales. Los autores del documento se encargaron de describir inicialmente los procedimientos de producción de algunas compañías de alimentos para que pudieran monitorear el consumo de agua. Continuaron de esta manera, caracterizando las aguas residuales en los efluentes de fábrica durante el proceso de elevación de información.

**Tabla 5: Datos comparativos de la composición de los alpechines en función del sistema de elaboración de aceite de oliva.**

Parámetro	Sistema tradicional	Sistema continuo de tres fases
pH	4,5 - 5,0	4,7 - 5,2
DBO <sub>5</sub> (g/L)	120 - 130	45 - 60
DQO (g/L)	90 - 100	35 - 41
Sólidos en suspensión (g/L)	1	9
Sólidos totales (g/L)	120	60
Sales minerales (g/L)	15	5
Sustancias volátiles (g/L)	105	55
Grasa (g/L)	0,5 - 1,0	3 - 10
Polifenoles (%)	1,0 - 2,4	0,5
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0,99	0,99

**Fuente: Carrera, J. & Suárez, M. (2019).**

Particularmente, en una de las industrias como la del aceite de oliva, varios factores, incluido el tipo de oliva, el método de elaboración, el medio ambiente y el proceso cultural, afectan la composición de los alpechines o desechos líquidos, durante el proceso de elaboración de aceite de oliva. Los alpechines están compuestos principalmente por agua, fenoles, azúcares, compuestos orgánicos y minerales, con especial énfasis en el potasio.

En los sistemas tradicionales y continuos de tres fases, se generan grandes cantidades de alpechines que están compuestos principalmente por agua. El sistema de dos fases resulta en una menor cantidad de alpechín, sin embargo, produce un residuo pastoso conocido como alperujo, el cual es más complicado de tratar debido a su mayor concentración de contaminantes. A pesar de sus ventajas, la dificultad en

su manejo hace que los otros sistemas de producción sigan siendo la opción preferida.

Tres capítulos formaron la tesis de Campoverde, O. (2019). La clasificación de las operaciones de aguas residuales y de las empresas pesqueras fue el primer tema discutido. El autor dio detalles sobre el estado de las aguas residuales en la ciudad de Paita, la industria pesquera y las leyes relacionadas. El tratamiento de las aguas residuales se cubrió en el segundo capítulo, junto con una explicación de los parámetros, tipos y características de los métodos anaeróbicos y aeróbicos. La tecnología que eligió la empresa congelada R fue impresionante, ya que permitió producir bienes de alta calidad e incluía elementos pertinentes. Se elaboró el diseño de la planta de tratamiento para la industria pesquera, se presentaron las características de flujos y aguas residuales, y el diseño final de la planta se describió en el tercer capítulo. Se hicieron recomendaciones orientadas a soluciones para tratar el problema ambiental descrito anteriormente.

En este capítulo, también se proporcionó información importante sobre la materia prima del proyecto, que se eligió con el ojo de producir ventajas del efluente del sector pesquero y particularmente la empresa *Congelados R*. Dado que Perú es un gran suministro de materias primas para las industrias mundiales que procesan pescado, se muestra la importancia económica del sector pesquero en Perú. Se ha observado que el procesamiento de pescado da como resultado un volumen significativo de aguas residuales contaminadas, particularmente el agua de la cola, que es la causa principal de contaminación en los cuerpos de agua en los que operan estas empresas. Se detallaron las modalidades de terapia física, química y biológica disponibles.

Se incluyeron las leyes y reglas que rigen la región de Piura de la gestión del medio ambiente y los recursos naturales de Perú. Las provincias de Paita y Talara han formado comités de gestión y han lanzado el Programa Regional de Manejo Integrado de Recursos de la Zona Marino Costera y Humedales (PRMIZMCH). Estas acciones son únicas en la comunidad. Estos comités están a cargo de realizar análisis y hacer recomendaciones para los métodos para mejorar la calidad ambiental de la región, incluido el desarrollo y la ejecución del plan de gestión integral de la zona marina costera de las provincias. En resumen, la investigación proporcionó información integral sobre el estado de cosas existente, el sistema legal regional e iniciativas de gestión ambiental.

**Tabla 6: Características obtenidas por ensayo de las aguas residuales crudas.**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultados de análisis</b>
pH	6,78
DBO (mg/L)	2350,3
DQO (mg/L (O <sub>2</sub> ))	2486,7
Sólidos totales suspendidos (mg/L)	194
Aceites y grasas (FOG) (mg/L)	<1,0
Sólidos sedimentables (mL/L/h)	0,3
Aluminio (mg/L)	0,4095
Coliformes Totales (*)	1,6 x 10 <sup>5</sup>
Coliformes fecales o termotolerantes	1,6 x 10 <sup>5</sup>
Temperatura (°C)	28,7

**Fuente: Campoverde, O. (2019).**

El diseño efectivo del proceso de tratamiento requiere la consideración de la composición y el movimiento de las aguas residuales. La colocación de aguas residuales puede afectar su temperatura, contenido y capacidad para descomponer anaeróticamente. Entre otras cosas, los productos químicos peligrosos, las fluctuaciones de flujo, los inhibidores de la digestión anaerobia y los macro y micronutrientes son consideraciones clave en el diseño de sistemas de tratamiento anaerobio. Los valores precisos e ideales que representan la realidad del sector deben emplearse en el diseño. Es esencial. Las características de las aguas residuales industriales se enumeran en la tabla y se tendrán en cuenta al diseñar la planta de tratamiento para elevar la calidad del efluente.

#### **2.1.4 Eficacia de Sistemas Actuales de Tratamiento de Aguas Residuales**

Sánchez, R. & García, K. (2018) se enfocaron en analizar la situación de los sistemas de alcantarillado en las regiones rurales de América Latina y el Caribe. De acuerdo con información del año 2015, la infraestructura de alcantarillado en estas áreas abarcó el 64% de la población, y únicamente se trató el 34% del agua residual. La mayoría de los sistemas de tratamiento para aguas residuales son plantas convencionales, como las fosas sépticas, las cuales se sitúan antes de que las aguas residuales sean liberadas en cuerpos de agua. Los sistemas de tratamiento mencionados son capaces de eliminar ciertos contaminantes de manera efectiva, pero su eficiencia puede variar y verse influenciada por contaminantes resistentes, como pesticidas y productos químicos industriales presentes en las aguas residuales domésticas.



El índice de biodegradabilidad es crucial para que una fosa séptica funcione eficientemente, pues debe ser superior a 0.4 para garantizar un buen rendimiento. No obstante, en caso de que las aguas residuales contengan sustancias contaminantes resistentes, este indicador podría resultar insuficiente, lo que conlleva a no cumplir con las regulaciones de vertido.

En la investigación se sugirió una mejora en el tratamiento de aguas residuales en las áreas rurales, mediante la adición de una etapa avanzada de tratamiento al inicio de los sistemas convencionales de fosas sépticas. Se recomendó el uso del método Fenton de oxidación avanzada para descomponer los compuestos solubles no biodegradables presentes en las aguas residuales. En consecuencia, se producen radicales hidroxilos (OH) al combinar peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y sales de hierro. En las aguas residuales se agrega un quelante, como el ácido cítrico, para mantener un pH neutral o cercano a este valor. Este quelante tiene la capacidad de secuestrar hierro cuando hay presencia de amoníaco.

Esta investigación que se llevó a cabo en la provincia de Tungurahua en Ecuador se centró en analizar una muestra de agua residual proveniente de la quebrada "Chasinato". Este cuerpo de agua presentaba una baja biodegradabilidad debido a la combinación de aguas residuales domésticas, lixiviados de relleno sanitario, aguas residuales industriales y otros contaminantes. El propósito consistió en incrementar la biodegradabilidad de ese tipo de aguas con el fin de facilitar un proceso de tratamiento posterior con mayor eficacia.

En marzo de 2016, se realizó un estudio centrado en la recolección y estudio de muestras de agua residual provenientes de la quebrada Chasinato. Fueron recolectados 40 litros de agua en dos recipientes plásticos herméticos, los cuales fueron transportados al laboratorio para su posterior análisis.

Se utilizaron los protocolos de análisis basados en el estándar de métodos, los cuales incluyeron la medición de parámetros como la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mediante la técnica de reflujo cerrado y volumetría. Además, se utilizó la técnica de incubación durante 5 días con un oxímetro para medir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>). También se realizó la medición del pH y la conductividad eléctrica.

Para llevar a cabo la descontaminación experimental, se implementó una reacción de oxidación avanzada conocida como Fenton modificado. La reacción de Fenton fue llevada a cabo a una temperatura de 20°C y a la presión atmosférica de

la ciudad de Quito. Se ha mencionado que el reactivo Fenton funciona mejor en un entorno ácido, sin embargo, reducir el pH en grandes volúmenes de aguas residuales domésticas puede resultar costoso. Así que, la elección fue utilizar una técnica modificada de Fenton mediante la incorporación de un agente quelante, el ácido cítrico en este caso. En relación con la estabilidad de los quelatos de  $Fe^{3+}$ , el ácido cítrico muestra una mayor eficacia en comparación con los quelatos de  $Fe^{2+}$ . Sin embargo, cuando se entra en la siguiente fase del tratamiento de aguas residuales, que es el sistema biológico, se observó que estos quelatos son menos estables y se degradaban con mayor facilidad.

Se presentaron los resultados de experimentos en los que se empleó la técnica de Fenton modificada para la depuración de aguas residuales. Se pudo observar que, a pesar de que los niveles de DQO y DBO5 todavía eran elevados, se evidenció un incremento en la biodegradabilidad de la materia orgánica en las combinaciones analizadas. La combinación ideal implicaba una concentración de 20 mg/L de  $H_2O_2$ , 10 mg/L de  $FeSO_4$  y 20 mg/L de  $C_6H_8O_7$ , aunque el pH no era el óptimo para la reacción de Fenton clásica.

Se ha observado precipitados de óxidos de hierro en algunas mezclas, lo cual puede haber afectado la reducción de DQO. A pesar de que la reacción de Fenton tuvo un efecto positivo en la biodegradabilidad, no fue capaz de disminuir los niveles de DBO5 y DQO lo suficiente como para cumplir con las regulaciones ecuatorianas para la descarga en cuerpos de agua dulce.

En primer lugar, fue importante mencionar que se logró una eficiencia máxima del 44.4% en la remoción de DQO en una de las mezclas. En cuanto a la remoción máxima de DBO5, esta fue del 12.54%. Por otro lado, se encontró que el índice óptimo de biodegradabilidad, con un valor de 0.49, se alcanzó en otra mezcla.

Se pudo concluir que el proceso de Fenton es una opción adecuada para mejorar la biodegradabilidad del agua residual doméstica con carga industrial. No obstante, se recomienda que antes de realizar un tratamiento biológico, las aguas residuales domésticas mezcladas con aguas industriales y de lixiviados sean sometidas a un proceso de oxidación avanzada. En el sistema de tratamiento, se ha encontrado que ubicar el proceso de tratamiento de oxidación avanzada entre el tratamiento físico y el tratamiento biológico evita el derroche de reactivos para la oxidación de materia sólida no suspendida.

**Ilustración 6: Fotografía de una prueba de jarras realizada con distintas concentraciones de los reactivos de Fenton modificado a saber  $H_2O_2$ ,  $FeSO_4$  y  $C_6H_8O_7$ ; realizado al agua residual de la muestra.**



**Fuente: Sánchez, R. & García, K. (2018).**

En la investigación de Morillo, L. et al. (2019) el tema central del texto fue la contaminación de los recursos hídricos en naciones en crecimiento a causa de la liberación de aguas residuales provenientes de hogares. La contaminación puede tener un impacto negativo en la calidad del agua, resultando en la mortalidad de los seres acuáticos y enfermedades en aquellos que consumen agua contaminada.

Para abordar esta problemática, se presentaron dos opciones viables para el tratamiento sostenible de aguas residuales en países en desarrollo: los procesos biológicos anaerobios y las lagunas fotosintéticas. En la mayoría de los casos, estos procesos se suelen llevar a cabo en secuencia, comenzando por tratar el efluente de manera anaerobia y posteriormente mediante fotosíntesis. El agua que ha sido tratada tiene la opción de ser vertida en cuerpos de agua donde es recibida, o bien, puede ser utilizada para el riego de los cultivos.

Sin embargo, es importante destacar que estos sistemas presentan limitaciones en cuanto a la eliminación de sustancias como los tensoactivos, así como la presencia de microorganismos patógenos en las aguas residuales. Los tensoactivos, también conocidos como compuestos orgánicos, tienen la capacidad de impactar tanto en la calidad del agua como en el sistema hormonal de los organismos acuáticos. Por otra parte, es importante destacar que regularmente se necesitan llevar a cabo procedimientos adicionales para eliminar los microorganismos dañinos.

Ante las limitaciones mencionadas, surgió la necesidad de aplicar un tratamiento complementario. Se sugirió que los procesos de oxidación avanzada (POA), que producen radicales hidroxilos altamente oxidantes, podrían ser una solución prometedora para abordar este problema. En el contexto de los POA, se hizo referencia al proceso Fenton tradicional como una posible alternativa. Sin embargo, se destacó también la necesidad de regular el pH para asegurar su eficacia en la eliminación de contaminantes.

El siguiente párrafo describió cómo se llevó a cabo un estudio para caracterizar el efluente pretratado de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicada en la ciudad de Quito, Ecuador. En esta planta, se utilizó un proceso biológico anaerobio. Se recogieron muestras de efluente a la salida del filtro anaerobio de flujo ascendente para llevar a cabo análisis de pH, tensoactivos y coliformes fecales.

Se emplearon técnicas convencionales (APHA) para la conservación y evaluación de las muestras, y se recolectaron datos durante un período de ocho semanas. Las pruebas se realizaron agrupadas en lotes y se investigaron diversas condiciones de tratamiento, entre las cuales se incluyó la adición de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> para llevar a cabo el proceso Fenton estándar, así como una variante del proceso Fenton con ácido cítrico.

Se llevaron a cabo investigaciones sobre diferentes factores que afectan la eficiencia del tratamiento. Estos factores incluyeron la relación de masa de tensoactivos a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la agitación, la relación molar de Fe<sup>2+</sup> a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y el pH. Se evaluaron los efectos de cada uno de estos factores para determinar cómo afectan la eficiencia general del tratamiento. Además, se llevó a cabo un estudio sobre la demanda química de oxígeno (DQO) para evaluar la eliminación de contaminantes adicionales presentes en el agua residual.

Se descubrió que el análisis del efluente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) ubicada en el barrio Chaquibamba en Quito, Ecuador, reveló que los niveles de tensoactivos, coliformes fecales y Demanda Química de Oxígeno (DQO) excedieron los límites establecidos por la legislación ecuatoriana. La situación condujo a la necesidad de adoptar una terapia adicional.

Se encontraron las condiciones óptimas para disminuir los tensoactivos y los coliformes fecales en las aguas residuales domésticas a través de dos métodos Fenton: el convencional y el modificado con ácido cítrico. En 15 minutos, utilizando una concentración de 56.33 mm. de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, una relación molar Fe<sup>2+</sup>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de 1:9 y

agitación continua a 130 rpm, se consiguió eliminar por completo los coliformes fecales en el proceso Fenton convencional. Después de 120 minutos, la concentración de tensoactivos se redujo a 0.25 mg/L.

Se logró la inactivación total de los coliformes fecales y una concentración de tensoactivos de 0.31 mg/L en 15 minutos mediante el proceso Fenton modificado con ácido cítrico. Ambos procesos Fenton lograron que los parámetros de tensoactivos y coliformes fecales cumplieran con los límites establecidos por la normativa ecuatoriana para la descarga de efluentes en cuerpos de agua dulce y las recomendaciones de la USEPA para fuentes de agua destinadas al consumo público. Además, se observó una disminución importante en la demanda química de oxígeno (DQO) al aplicar un proceso Fenton modificado como tratamiento complementario. En tan solo 15 minutos, los niveles de DQO se redujeron drásticamente de 264 mg/L a 29 mg/L.

En síntesis, se pudo afirmar que la aplicación de los procesos Fenton, en particular el Fenton modificado, podría llevar a una disminución de los tensoactivos, la inactivación de los coliformes fecales y la reducción de la DQO en los residuos domésticos. Además, estos procesos podrían ayudar a combatir las bacterias que son resistentes a los antibióticos. Por lo tanto, se deberían incluir en las estrategias globales para abordar este problema.

Arana, S. & Mancero, S. (2022) explicaron que las aguas residuales dentro de todo el sistema sanitario incluida la red de distribución de agua potable, conocidas como "aguas negras", no son seguras para el consumo humano debido a su potencial para causar enfermedades crónicas o malformaciones genéticas. El objetivo de su estudio fue investigar la capacidad de dos desinfectantes, pastillas de cloro y ácido peracético, para desactivar coliformes fecales en el agua residual. En las aguas residuales se pueden encontrar una variedad de contaminantes además de los coliformes fecales, tales como metales pesados, aceites, grasas, detergentes, ácidos, fertilizantes y pesticidas.

La desinfección de aguas residuales consiste en eliminar los microorganismos patógenos para prevenir su reproducción y desarrollo. Se utiliza una combinación de desinfectantes químicos y físicos, como el dióxido de cloro y el ácido peracético, para llevar a cabo este proceso. Estos no solo eliminan los microorganismos, sino que también tienen un efecto residual que ayuda a prevenir la recontaminación. En el caso del dióxido de cloro, este se utiliza en plantas de tratamiento por su capacidad de

disolverse rápidamente y su eficacia para eliminar olores, fenoles, sabores desagradables, manganeso y hierro.

El ácido peracético, que es una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético, también se utiliza para desinfectar aguas residuales. Funciona de forma parecida al dióxido de cloro, con propiedades oxidantes, poca corrosión y mejor rendimiento en presencia de materia orgánica y aguas duras. También es notable su rápida descomposición ambiental, que produce agua, oxígeno y ácido acético como resultado.

Hay que tener claro que la contaminación del aire, suelo y agua es principalmente causada por las actividades humanas, incluyendo la industrial, comercial y doméstica. El trabajo de los autores abordó el tema de la contaminación del agua causada por desechos humanos, impactando en ríos, acuíferos, lagos y océanos al desencadenar la liberación de microorganismos contaminantes. Se redujo el impacto mediante el tratamiento o desinfección de las aguas residuales, transformándolas en recursos hídricos útiles. Por su parte, la desinfección química elimina microorganismos como bacterias, hongos y levaduras, lo cual hace posible reutilizar el agua tratada.

La desinfección tiene como objetivo eliminar los microorganismos dañinos para que el agua pueda ser reutilizada en actividades como el riego agrícola o las fuentes de los parques. No obstante, una incorrecta descontaminación puede acarrear consecuencias negativas como intoxicaciones y enfermedades crónicas. Es importante entender de dónde provienen los organismos contaminantes, como las bacterias, ya que pueden ser de origen fecal o estar involucradas en la descomposición, dependiendo del pH y la temperatura del agua.

Las pastillas de cloro y el ácido peracético tienen beneficios en el tratamiento de aguas residuales, asegurando la higiene y erradicación de microorganismos. Las pastillas de cloro son una opción económica y eficaz para purificar rápidamente el agua clara, pero es importante tener en cuenta que pueden generar compuestos cancerígenos si se utilizan en presencia de materia orgánica. El ácido peracético, al ser rápido en su efecto biocida y tener una baja toxicidad, está siendo cada vez más elegido en las grandes industrias alimentarias. Es efectivo y amigable con el medio ambiente gracias a su biodegradabilidad.

En la investigación de los autores se realizó un análisis económico comparando el caudal utilizado en el experimento con el caudal real de la Planta de

Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de La Rioja. Según los cálculos de la fase preliminar del experimento, la planta piloto tiene un caudal de entrada de 0,15 l/s, lo que equivale al 0,44% del caudal real de la PTAR de la Rioja, que es de 34,2 l/s. Se analiza el cambio en el costo de implementación para las pastillas de cloro y el ácido peracético.

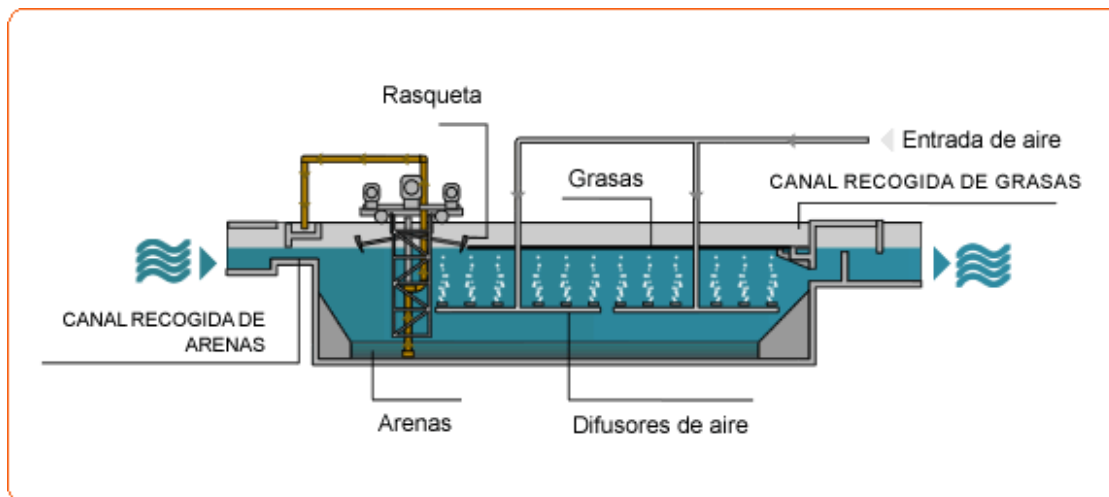
Es importante mencionar que 1 kg de pastillas de cloro se compone de 5 unidades, de las cuales se usó 0,25 kg en el experimento para tratar un caudal de 0,15 l/s. Se sugirió que se utilicen 285 unidades de pastillas de cloro, que equivalen a 57 kg, para desinfectar el caudal real de 34,2 l/s de la PTAR de La Rioja. Así que, el precio de desinfectar el agua residual con pastillas de cloro a un flujo de 1 litro por segundo sería de \$8,67.

Con respecto al ácido peracético, se especifica que 1 galón contiene 4 kg. De ese total, se utilizó 0,25 kg en el experimento para tratar un caudal de 0,15 l/s. Se sugirió el uso de 228 galones de ácido peracético, aproximadamente 57 kg, para desinfectar el caudal real de 34,2 l/s de la PTAR de la Rioja. Desinfectar 1 litro de agua residual por segundo con ácido peracético costaría \$6,42.

Se comprobó que tanto el uso de pastillas de cloro como ácido peracético son eficaces en la desinfección de aguas residuales, logrando un porcentaje de desinfección del 99,91% y 99,82%, respectivamente. A pesar de que el ácido peracético tiene un porcentaje ligeramente inferior, ambas opciones cumplen con los límites máximos permitidos para verter en cuerpos de agua dulce según la legislación ambiental.

En el análisis económico, se encontró que el costo por litro/segundo de agua tratada es de \$8,67 para las pastillas de cloro y de \$6,42 para el ácido peracético, lo que hizo que este último sea la opción más económica. Se ha desarrollado una planta piloto con dos tanques para analizar el rendimiento de dos desinfectantes diferentes, recogiendo muestras para su posterior análisis. Se recomendó expandir la investigación, modificando los tiempos de espera para tomar muestras, investigando distintas épocas del año debido al incremento del flujo por las aguas pluviales, y permitiendo que estudiantes futuros evalúen la producción de trihalometanos con la cantidad adecuada de ácido peracético para asegurar resultados eficaces y la elección de un desinfectante que no cause impacto en el medio ambiente.

**Ilustración 7: Funcionamiento de una estación depuradora de Aguas Residuales (EDAR).**



**Fuente: Arana, S. & Mancero, S. (2022).**

Según Granoble, M. & Tarira, L. (2022) en numerosos países, particularmente en naciones en desarrollo como Ecuador, existe una preocupación generalizada sobre la eliminación adecuada de los lodos producidos en las plantas de tratamiento de agua y aguas residuales. La evaluación del impacto ambiental de los biosólidos en vertederos o ríos se complica por la escasez de información sobre su potencial contaminante. El estudio de los autores tuvo como objetivo analizar los lodos de la planta potabilizadora de agua potable Daule, ubicada en la provincia del Guayas en Ecuador.

El manejo de estos lodos presenta dificultades debido a la presencia de sustancias desagradables y materia orgánica proveniente de agua sin tratar, lo que complica su gestión. Es importante tener en cuenta la baja cantidad de materia sólida en los lodos, lo que resalta la importancia de realizar operaciones para eliminar el agua y disminuir la cantidad de residuos a tratar, con el fin de buscar eficiencia en el costo del tratamiento y la operación de la planta.

En las plantas de tratamiento de agua convencionales, se producen lodos en todos los procesos, excepto en la coagulación. En estos procesos se emplean coagulantes químicos tales como aluminio y hierro. El objetivo de la investigación fue encontrar maneras de reutilizar los lodos generados durante el tratamiento de agua potable, en lugar de verterlos sin tratar en cuerpos de agua receptores.

Otro de los objetivos del estudio fue mostrar los beneficios de utilizar los lodos de la planta de tratamiento de agua potable, al mismo tiempo que se reduce su



impacto en el cantón Daule, provincia del Guayas. Se reconoció la colaboración de Xavier Zambrano, ex gerente de EMAPA Daule, junto a la participación de la Ing. Katty

Vélez quien fue la encargada de la PTAP. También se han consultado distintos expertos en tratamiento y utilización de lodos para la investigación según los autores. En la PTAP Daule, se enfrentan desafíos para la gestión de los lodos residuales generados en los decantadores y el lavado de filtros debido a la ausencia de instalaciones adecuadas para su disposición. En muchas Plantas de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) en Ecuador, es común enfrentar el problema de la acumulación de sólidos residuales que contaminan los ríos y afectan el ecosistema.

También de forma directa resaltaron la importancia de manejar de manera sostenible los lodos residuales. Si no se aprovechan correctamente, pueden terminar siendo desechados como residuos sólidos, lo que afecta la vida útil de los vertederos o puede llevar a su vertido en aguas, causando problemas ambientales y posibles sanciones por parte de las autoridades ambientales.

Debido al aumento de la conciencia ambiental, se está generando un interés cada vez mayor en encontrar opciones que disminuyan los gastos relacionados con el manejo y eliminación de residuos sólidos, con el fin de proteger el medio ambiente y cumplir con las regulaciones ambientales.

Los lodos residuales en la planta de tratamiento de agua potable Daule presentan niveles bajos de sustancias orgánicas e inorgánicas, y su presencia de metales no representa un riesgo importante para el medio ambiente, ya que se encuentran por debajo de los estándares ambientales a nivel internacional. A pesar de la falta de regulaciones específicas en Ecuador para el vertido de lodos provenientes de las plantas de tratamiento de agua residual, se presenta como crucial manejar adecuada y responsablemente estos desechos. Se deben tomar en cuenta las normativas internacionales y adoptar enfoques sostenibles y de economía circular para su gestión.

Los lodos generados en la planta no cuentan con un adecuado manejo y disposición final, debido a la carencia de investigaciones sobre su producción en el país y la ausencia de evaluaciones de calidad en diversos sistemas de tratamiento de agua potable. Se recomendó la implementación de tratamientos que den valor a estos lodos, a pesar de que se reconoció que el proceso puede resultar costoso desde el punto de vista económico.

Se plantea la idea de llevar a cabo experimentos con el fin de cambiar la percepción de estos residuos, proponiendo su uso en la fabricación de ladrillos y mortero. Los resultados indican que estos productos son excelentes y cumplen con todas las normativas, por lo que son perfectos para ser utilizados en la construcción. La incineración de los lodos también se puede aplicar, especialmente para la fabricación de ladrillos de resistencia estándar.

Se determinó que los lodos que salen de la planta de tratamiento Daule pueden ser utilizados nuevamente como materia prima en la creación de materiales de construcción, lo cual representa una opción sostenible y ayuda a preservar el medio ambiente. Los autores recomendaron realizar una investigación más detallada sobre las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los lodos, y también explorar otras posibles aplicaciones en colaboración con diversos sectores, como por ejemplo los floricultores.

Centeno, L. et al. (2019) estudió el problema de la eliminación de residuos líquidos, especialmente aguas residuales, en comunidades humanas. Destacó que las masas receptoras naturales como ríos y cuerpos de agua han perdido la capacidad de absorber y neutralizar la contaminación proveniente de estos desechos, afectando tanto su apariencia física como su capacidad de sustentar organismos acuáticos.

Este problema no se limita a preocupaciones estéticas, sino que también tiene implicaciones para la salud pública, porque las personas dependen del agua superficial para beber y, cuando está contaminada, puede provocar graves problemas epidemiológicos. Por lo tanto, se enfatizó la necesidad de realizar un tratamiento de aguas residuales para eliminar microorganismos patógenos, sustancias tóxicas y sólidos antes de que ingresen a los cursos de agua naturales.

Se mencionó la tecnología de "Microorganismos Efectivos". (EM), que consiste en el uso de consorcios de microorganismos útiles en el tratamiento de aguas contaminadas. Estos microorganismos trabajan sinérgicamente para descomponer los compuestos del agua y reducir la contaminación. Esta tecnología se considera una alternativa eficaz al tratamiento de aguas residuales, porque puede ayudar a restablecer el equilibrio ecológico del medio ambiente eliminando de forma segura los contaminantes antes de liberar el agua al medio ambiente.

El proceso de recolección de muestras de Brassica oleracea y agua de los pantanos de Huanchaco fue descrito en el documento, con el propósito de analizarlas

posteriormente en un laboratorio de microbiología industrial. Se describieron los pasos que abarcan la recolección, etiquetado y transporte de las muestras. Después, se explicó cómo se enriquecen los microorganismos a partir de la muestra de Brassica oleracea, utilizando cortes de repollo en un matraz con agua peptonada estéril, y luego cómo se aíslan en diferentes medios dependiendo del tipo de microorganismo (bacterias ácido - lácticas y levaduras).

También se describió la manera en que se recogieron y separaron las bacterias de los humedales de Huanchaco, utilizando un medio líquido particular. Además, se hizo referencia a la identificación de los microorganismos utilizando métodos morfológicos y bioquímicos. Luego, se procedió con la recolección de melaza y la estandarización del inóculo, seguido de la preparación del inóculo activado a partir de la mezcla de diferentes concentraciones de microorganismos y melaza.

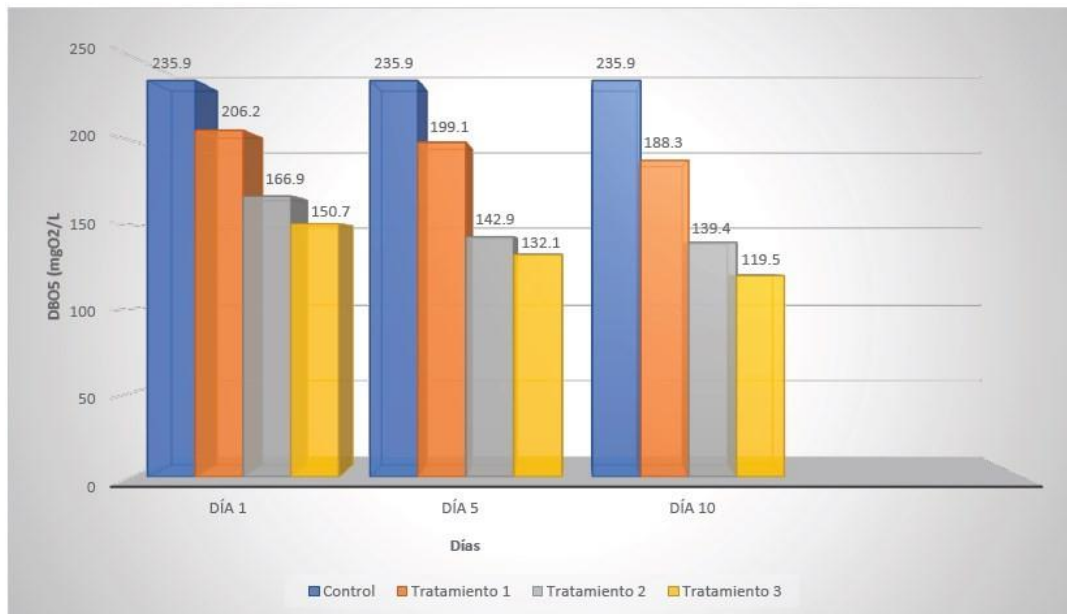
Por último, se detalló el proceso de recolección de la muestra de agua residual y se realizó referencia a la evaluación de la eficacia en el tratamiento de las muestras mediante el uso del método de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y análisis estadístico para comparar los diferentes tratamientos utilizados en el estudio.

Se llevó a cabo el experimento utilizando tres concentraciones diferentes de inóculo del consorcio de microorganismos ( $3 \times 10^8$ ,  $9 \times 10^8$  y  $1.8 \times 10^9$  UFC/ml) en un sustrato de melaza durante tres días distintos: día 1, día 5 y día 10. Además, se incluyó un grupo de control que no fue inoculado. Los valores de concentración mencionados se aplican a los tres tratamientos.

El trabajo fue dividido en cuatro fases. La primera fase consistió en el control, donde se analizó la muestra de agua residual sin tratamiento. Las fases siguientes (segunda, tercera y cuarta) consistían en llevar a cabo ensayos con tratamientos que utilizaban distintas concentraciones del inóculo. A continuación, se muestran gráficos que representan las fluctuaciones en las concentraciones de DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno), expresadas en mgO<sub>2</sub>/L, en las cuatro etapas (control, día 1, día 5 y día 10) para los tres experimentos llevados a cabo.

El cuarto gráfico presenta los promedios de los resultados de los tres ensayos con las tres concentraciones de tratamiento, así como el grupo de control. Se puede observar que el tratamiento número 3 logró la mayor reducción de DBO5, gracias al uso de un inóculo con una alta concentración de microorganismos ( $1.8 \times 10^9$  UFC/ml) al décimo día del experimento.

**Ilustración 8: Gráfico #4 - Promedio de las diferentes concentraciones de la demanda bioquímica de oxígeno.**



**Fuente: Centeno, L. et al. (2019).**

Según Ttito, R. (2018) el tratamiento del agua es necesario antes de su consumo, ya que es esencial para las necesidades humanas. Durante este procedimiento, es fundamental la coagulación y floculación para eliminar las partículas suspendidas que provocan la turbidez. Por lo general, se utilizan sustancias químicas como sulfato de aluminio, cloruro férrico y otras, sin embargo, estas sustancias son caras, producen lodos difíciles de tratar y pueden alterar el pH del agua. También, hay un riesgo relacionado con el aluminio en relación con la enfermedad de Alzheimer.

Según la OMS, es recomendable disminuir la cantidad de aluminio en el agua que se trata. Dado esto, es crucial buscar opciones naturales que puedan disminuir la dependencia del sulfato de aluminio, ya que son más económicas y seguras. Anteriores investigaciones han comprobado que el almidón de papa es efectivo en ayudar a eliminar la turbidez.

La superproducción de papas en Perú ha causado dificultades económicas en la industria agrícola, por lo que es importante estudiar las propiedades de la papa como un coadyuvante en el proceso de floculación. Esto se ha vuelto aún más crucial en áreas rurales, donde a menudo no hay suficientes recursos para tratar el agua, lo que dificulta el acceso a agua limpia. El objetivo del estudio del autor fue determinar si el almidón de tres variedades de papa puede mejorar la efectividad del sulfato de

aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones de alta altitud en Perú.

Se realizó un estudio experimental que se enfocó en la eficacia del almidón de papa como variable independiente. Se llevaron a cabo pruebas de laboratorio con el fin de recopilar datos y realizar un análisis estadístico. Se utilizó el diseño experimental de dosis óptima, que fue validado por el CEPIS, para realizar un total de 72 pruebas de laboratorio. Para ello, se creó una mezcla artificial de agua y arcilla en el laboratorio con el fin de alcanzar una concentración de 40 UNT (Unidades Nephelometric Turbidity) a una temperatura fija de 15°C para realizar pruebas de laboratorio. El almidón de papa fue obtenido siguiendo un proceso específico que incluyó lavado, corte, molienda, filtración, centrifugación, secado, tamizado y envasado.

Durante la fase de determinación de la dosis, concentración y pH óptimos para el sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ), se investigaron once diferentes dosis y diversas concentraciones del compuesto. El pH del agua fue modificado a varios niveles y luego se registró la alcalinidad del agua sin tratar.

El estudio examinó la eficacia del almidón de papa en colaboración con el sulfato de aluminio para eliminar la turbidez y regular el pH. Se llevó a cabo un diseño experimental y se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar si había diferencias significativas entre los tratamientos. Se empleó la prueba de Duncan para comparar los promedios y determinar cuál tratamiento y variedad de papa obtuvieron el mejor desempeño en la reducción de turbidez y el ajuste del pH. Se utilizó el programa estadístico SPSS para analizar los datos.

Se pudo observar en los resultados y conclusiones del estudio que inicialmente se realizó el cálculo del rendimiento del almidón de papa obtenido, el cual resultó ser menor que en investigaciones anteriores. Este fenómeno se atribuyó a posibles pérdidas durante las etapas de lavado y pelado. Después, se mostraron los resultados de la prueba de jarras para encontrar la cantidad ideal de sulfato de aluminio ( $Al_2(SO_4)_3$ ) en el proceso de coagulación y floculación. La dosis de 30 mg/L resultó ser la más efectiva, alcanzando una turbidez final de 3.55 UNT y un pH de 7.34, dentro de los límites permitidos. Los resultados se presentan en un gráfico que muestra la dosis óptima.

Se llevó a cabo un test de normalidad para los datos de turbidez y pH, llegando a la conclusión de que cumplen con la distribución normal. Estas fueron las conclusiones principales del estudio:

La variedad Imilla Negra y el tratamiento 3 lograron un promedio de remoción de turbiedad del 93.58%, el más alto.

Se encontró que la dosis más efectiva para la variedad Imilla Negra fue de 27.5 mg/L de  $Al_2(SO_4)_3$  y 15 mg/L de almidón solubilizado, lo que resultó en una remoción de 1.71 UNT y un pH de 7.08.

La variedad de papa Sani Imilla mejoró la eliminación de la turbiedad sin disminuir el uso de  $Al_2(SO_4)_3$ .

En todos los ensayos, se notó que la adición de almidón de papa provocó la formación de flóculos más densos.

La efectividad del proceso de coagulación-floculación se mantuvo dentro de los límites permitidos, a pesar de reducir la dosis óptima de  $Al_2(SO_4)_3$  en un 50%.

La eficacia del almidón de papa como coadyuvante del sulfato de aluminio no se vio afectada por las condiciones de alta altitud y baja temperatura del agua (15°C).

Es recomendable comparar con otras variedades de papa y realizar más experimentos con distintas condiciones y parámetros, además de realizar un análisis de costos a gran escala. Estas conclusiones resaltaron la posibilidad de utilizar almidón de papa como ayuda en el tratamiento de agua en zonas de gran altitud, y sugieren posibles áreas de investigación para el futuro.

Delgado, J. (2019) expresó su inquietud por la contaminación de aguas residuales y resalta la importancia de hallar métodos de tratamiento eficaces y amigables con el entorno. Su investigación se enfocó en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de Concepción y tuvo como objetivo examinar cómo los Microorganismos Eficaces (EM) afectan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del flujo que llega al biorreactor de la planta.

Se advirtió que no tratar las aguas residuales puede acarrear graves consecuencias para la salud de las personas y el entorno natural, sobre todo en zonas urbanas en constante expansión. En los países desarrollados, se maneja un mayor porcentaje de aguas residuales en comparación con los países en desarrollo, debido a limitaciones en infraestructura y financiamiento.

Además, se destacó que en América Latina y el Caribe se está generando un cambio en el enfoque, con mayor atención en los servicios de agua y saneamiento, así como en la implementación de tecnología avanzada para el tratamiento de aguas residuales. También se hizo referencia a la situación de contaminación de ríos y lagos en Perú, causada por deficiencias en las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y la urgencia de hallar soluciones efectivas para gestionar las aguas residuales en el país.

El texto recalcó la importancia de abordar de forma eficiente el tratamiento de aguas residuales y su impacto en la salud pública y la conservación del medio ambiente. Además, se destacó la importancia de actualizar las tecnologías empleadas en las plantas de tratamiento de aguas residuales en el Perú. En ese sentido, el estudio se fundamentó en un enfoque experimental e hipotético-deductivo, y se centró en analizar el impacto de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales. Se llevaron a cabo pruebas con 12 unidades experimentales distribuidas en cuatro grupos, cada uno recibiendo una dosis diferente de EM.

Las unidades experimentales se colocaron en lechos de secado y se realizaron análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos antes y después de utilizar EM Agua. Se compararon los resultados para estudiar el impacto de la aplicación. Durante 45 días, se llevó a cabo un estudio que incluyó etapas de activación, inoculación y aplicación de EM. Además, se realizaron controles periódicos de los parámetros de campo. Quince días después de la recolección de las muestras finales, se recibieron los resultados del laboratorio.

La investigación buscó aportar una posible solución al problema de la contaminación de ríos y lagos causada por el vertido de aguas residuales, utilizando un enfoque aplicado y explicativo. Los hallazgos de este estudio podrían ser utilizados como guía para implementarse en otras plantas de tratamiento de aguas residuales con características afines pues según la investigación, el uso de Microorganismos Eficaces (EM) tiene un efecto significativo en diferentes aspectos de la calidad del agua en los experimentos. Específicamente:

Después de aplicar EM, se detectó una disminución considerable de los coliformes fecales o termotolerantes en los controles y unidades experimentales, en comparación con los resultados iniciales.

La aplicación de EM está vinculada a cambios en los Sólidos Totales en Suspensión, con aumentos notables en las dosis más altas.

Los datos de Aceites y Grasas son cambiantes y parece que no están relacionados con las dosis de EM.

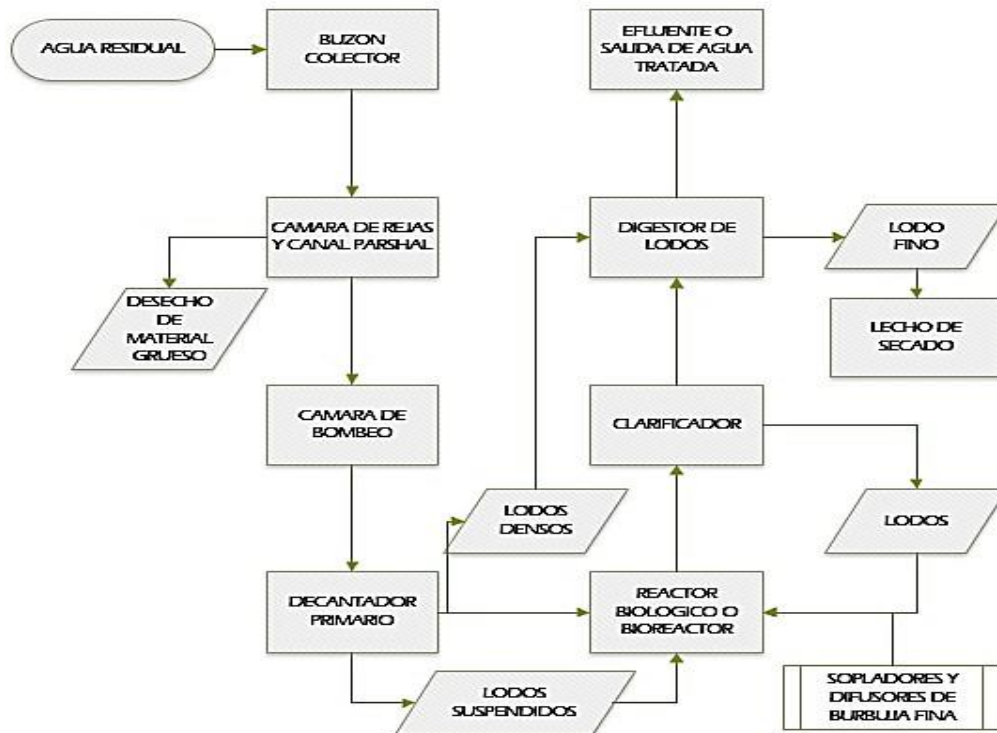
La relación entre los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno y las dosis aplicadas de EM es directamente proporcional, aumentando a medida que las dosis aumentan.

También se examinaron 8 metales clave en cuanto a su contaminación y se descubrió que el uso de EM aumentó considerablemente la concentración de estos metales en comparación con el método convencional, como fue el caso del arsénico, cadmio, estroncio, magnesio, manganeso, plomo y zinc. No hubo una correlación importante entre la temperatura y los días, ya que esta dependió más de las condiciones climáticas del entorno.

La conductividad eléctrica presentó una correlación negativa con el paso del tiempo, mientras que el nivel de oxígeno disuelto disminuyó en las unidades de control debido al consumo de bacterias en el agua residual. En cambio, en las unidades experimentales, el nivel de oxígeno disuelto aumentó después de la aplicación de EM, posiblemente debido a la actividad fotosintética de las bacterias presentes en el EM. Los hallazgos indicaron que el uso de EM pudo afectar la calidad del agua y posiblemente alterar la presencia de algunos metales y parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Se han descubierto varios hallazgos importantes en el estudio de la aplicación de Microorganismos Eficaces (EM) en el tratamiento de aguas residuales. El uso de EM provocó un incremento notable en ciertos parámetros fisicoquímicos, incluyendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). El incremento estuvo vinculado con la cantidad de EM: al aumentar la dosis, también aumentaron la DBO y la DQO. No obstante, no parecía haber una relación clara entre la dosis de EM Agua y la variación en los sólidos totales en suspensión y aceites y grasas.



**Ilustración 9: Diagrama de flujo de los procesos y etapas de Tratamiento en la PTAR – Concepción.**



**Fuente: Delgado, J. (2019).**

EM ayudó a reducir los contaminantes microbiológicos, en particular los coliformes termotolerantes, a niveles inferiores a 1.8 MPN/ml. Se demostró que este método es más eficaz que el lodo activado convencional, gracias a factores como el tiempo de retención en la planta de tratamiento, el pH y la temperatura. La utilización de EM también ocasionó un incremento progresivo en la concentración de ciertos contaminantes metálicos en las unidades de prueba. La dosis de EM se relacionó con el aumento observado en metales como el arsénico, cadmio, estroncio, magnesio, manganeso, plomo y zinc. El nivel de mercurio estaba por debajo del límite de detección.

A lo largo del tiempo, los parámetros de pH, temperatura, oxígeno disuelto y conductividad eléctrica exhibieron diversas tendencias, las cuales fueron influenciadas por factores climáticos y el tratamiento con EM. Hubo una variación en la correlación entre las dosis de EM y los parámetros fisicoquímicos, siendo distinta para cada parámetro. Se encontró una relación directa entre la cantidad de EM y los niveles de DBO y DQO, sugiriendo un incremento en estos parámetros con dosis superiores. No obstante, no se pudo establecer una conexión evidente entre las cantidades de EM y los niveles de aceites y grasas, ya que su fluctuación fue

independiente de la dosis. Con relación a los sólidos totales en suspensión, se observó un incremento en su concentración con las dosis de EM Agua, excepto en una dosis intermedia que presentó un descenso.

En resumen, la aplicación de EM tuvo un impacto significativo en la calidad del agua, resultando en aumentos en ciertos parámetros fisicoquímicos y una disminución en los contaminantes microbiológicos. Además, la concentración de contaminantes metálicos también fue influenciada, y se encontró una correlación entre estos efectos y la cantidad de agua EM aplicada en las unidades experimentales.

### **2.1.5 Marco Conceptual**

**2.1.5.1 Aguas Servidas.** También conocidas como aguas residuales, son aguas cuya calidad se ha visto alterada de forma negativa por la influencia humana.

Estas aguas incluyen aquellas han sido usadas de forma doméstica, urbana y también residuos líquidos industriales o mineros. Es tal la importancia de su gestión integral que generan la necesidad de sistemas de canalización, tratamiento y desalojo, ya que una mala gestión en su tratamiento o vertido sin tratar puede ocasionar graves problemas de contaminación.

Aunque las aguas residuales urbanas deben ser tratadas en estaciones depuradoras antes de su vertido, esto no ocurre en el 80 % de los casos en el mundo. Las áreas sin acceso a redes de saneamiento centralizado tratan las aguas residuales localmente, generalmente mediante fosas sépticas o, en casos menos comunes, campos de drenaje séptico y biofiltros.

**Ilustración 10:** Aguas residuales.



Fuente: IAGUA

**2.1.5.2 Aguas Servidas Domésticas.** Las aguas residuales domésticas son las resultantes de actividades domésticas que contaminan el agua con sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y aceites en zonas establecidas como residenciales.

La importancia de su tratamiento y desalinización radica en que estas se devuelven a los cursos fluviales. El proceso consiste en la recolección y posterior tratamiento especial en una planta que abarca aspectos físicos, químicos y biológicos para lograr una completa depuración.

Considerando la diversidad de usos del agua en los hogares, el nivel de contaminación requiere altos estándares de procesos y tecnologías. El tratamiento adecuado de estas aguas residuales se considera fundamental para evitar la degradación ambiental provocada por las actividades humanas.

**Ilustración 11: Aguas residuales domésticas.**

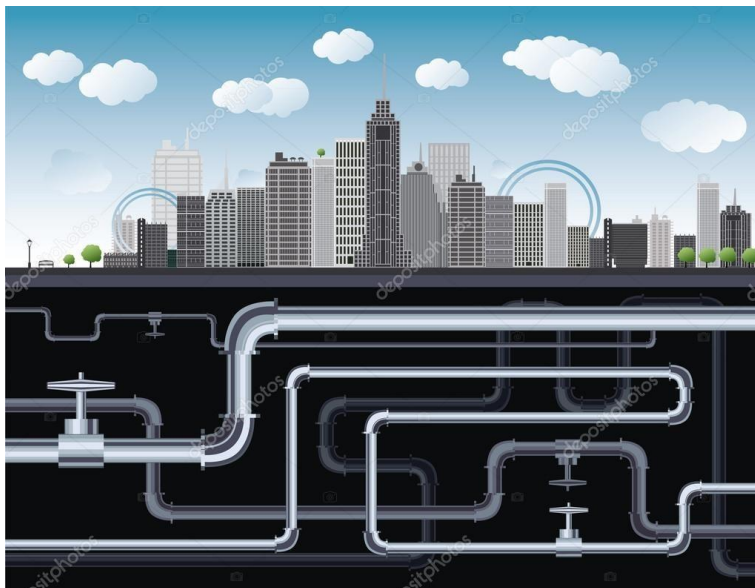


Fuente: [BLOG.FIBRASYNORMASDECOLOMBIA](http://BLOG.FIBRASYNORMASDECOLOMBIA)

**2.1.5.3 Alcantarillado.** El alcantarillado es una red de tuberías y equipos técnicos. Estos sistemas recolectan aguas residuales y pluviales de una variedad de fuentes y las llevan a una planta de tratamiento de aguas residuales o a un vertedero. Pueden combinarse para transportar agua limpia y agua de lluvia en una tubería, o separarse para no mezclar las aguas residuales y el agua de lluvia en las mismas tuberías. Una red de alcantarillado consta de varias subsecciones, como alcantarillas pluviales, tuberías colectoras, alcantarillas principales y alcantarillas interceptoras. Este equipo recibe y transporta aguas residuales de diversas fuentes.

Los sistemas de alcantarillado pueden funcionar por gravedad o pueden ser bombeadas. En el primer caso, el flujo se produce por fuerza, en el segundo caso, las tuberías de la bomba se utilizan para impulsar agua a presión cuando no es posible el flujo a gravedad.

**Ilustración 12: Sistema de alcantarillado.**

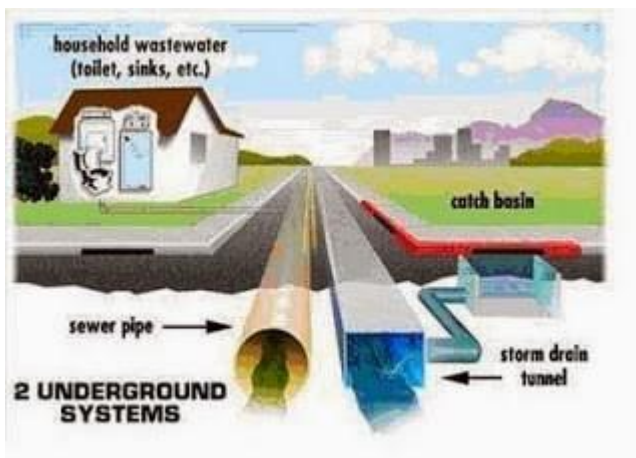


Fuentes: DEPOSITPHOTOS

**2.1.5.4 Tipos de alcantarillado.** Existen dos tipos, a saber: pluvial y sanitario. Los drenajes pluviales recogen el agua de lluvia y la vierten en las alcantarillas, mientras que las alcantarillas transportan las aguas residuales de forma segura a las instalaciones de tratamiento y purificación.

Las alcantarillas pluviales recogen el agua de lluvia y son gestionadas por los gobiernos locales. La planta de tratamiento de aguas residuales, responsabilidad de EMAPAG para el caso de Guayaquil, se encarga del cuidado de las aguas residuales y las conduce de forma segura a través de tuberías subterráneas hasta las instalaciones de tratamiento. Este sistema ayuda a eliminar las fosas sépticas y protege las fuentes de agua devolviendo el agua tratada al medio ambiente.

**Ilustración 13: Alcantarillado sanitario y pluvial.**



Fuente: YENNYCAMARGO.BLOGSPOT

**2.1.5.5 Planta de Tratamiento.** Son instalaciones de tipo industrial en cuyas áreas se tratan las aguas residuales para que puedan devolverse de manera segura al medio ambiente.

Las funciones de una PTAR son eliminar sólidos, eliminar materia orgánica y contaminantes y devolver oxígeno al agua tratada. Las aguas residuales provienen de una variedad de fuentes, incluidos desechos domésticos, industriales, de canteras y químicos.

Las PTAR han sido la respuesta a los problemas ambientales en las ciudades de América Latina, donde más de 300 millones de habitantes producen 225.000 toneladas de residuos de tipo sólido cada día. A pesar de ello, se sabe que menos del 5% de los residuos son tratados y las aguas residuales salen a la superficie, provocando problemas para la salud humana, ecológica y animal. La contaminación del suelo se encuentra tanto en áreas urbanas como rurales y afecta áreas que albergan el 40% de las especies tropicales del mundo.

Cabe mencionar que La población de América Latina aumentó dramáticamente entre 1950 y 1995, ejerciendo presión sobre la infraestructura y aumentando los desechos domésticos. El acceso a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales varía, pero la mayoría de las aguas residuales no reciben tratamiento. Las principales ciudades como Ciudad de México y São Paulo-Santos carecen de infraestructura para eliminar desechos peligrosos y altos niveles de contaminación.

Aunque la diversidad económica, social y ambiental de la región dificulta la generalización de las prácticas, la brecha entre los grupos minoritarios y la mayoría en el acceso a los servicios de saneamiento es marcada. Alrededor del 18 por ciento de las personas de bajos ingresos tienen acceso a agua corriente, en comparación con el 80 por ciento de las personas de altos ingresos. Esto hace que las personas de bajos ingresos sean más vulnerables a las enfermedades, y su incapacidad para mantener una buena higiene contribuye a la propagación de enfermedades entre la población general.

**Ilustración 14: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).**

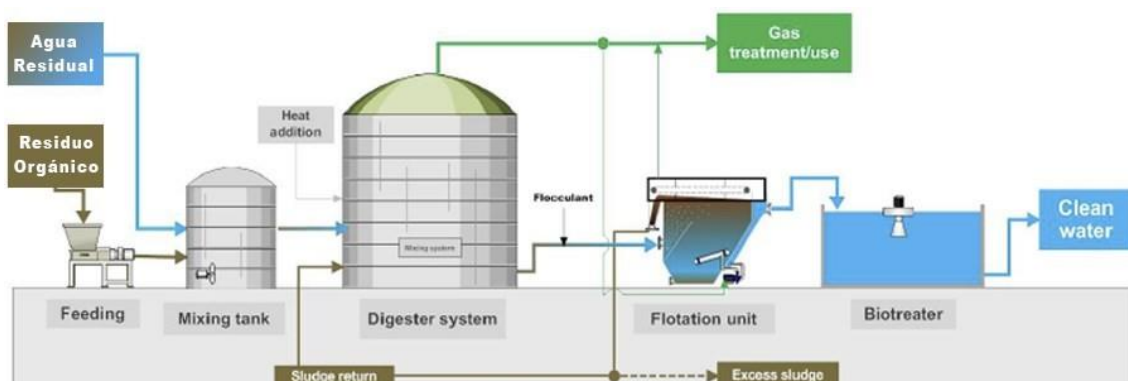


Fuente: DIARIOPRIMERAPLANA

**2.1.5.6 Sistema de Tratamiento.** El proceso de tratamiento de aguas residuales consta de tres etapas:

Las etapas primaria y secundaria eliminan entre el 40 y el 60% de los sólidos. En segundo lugar, se elimina alrededor del 90% de las impurezas, y el tercero es la disposición de residuos (biosólidos). Este enfoque integral contribuye a la gestión sostenible de los recursos hídricos garantizando que el agua regrese a los ríos y lagos limpia y apta para la vida.

**Ilustración 15: La PTAR consiste en 3 tratamientos principalmente, físico, biológico y químico.**



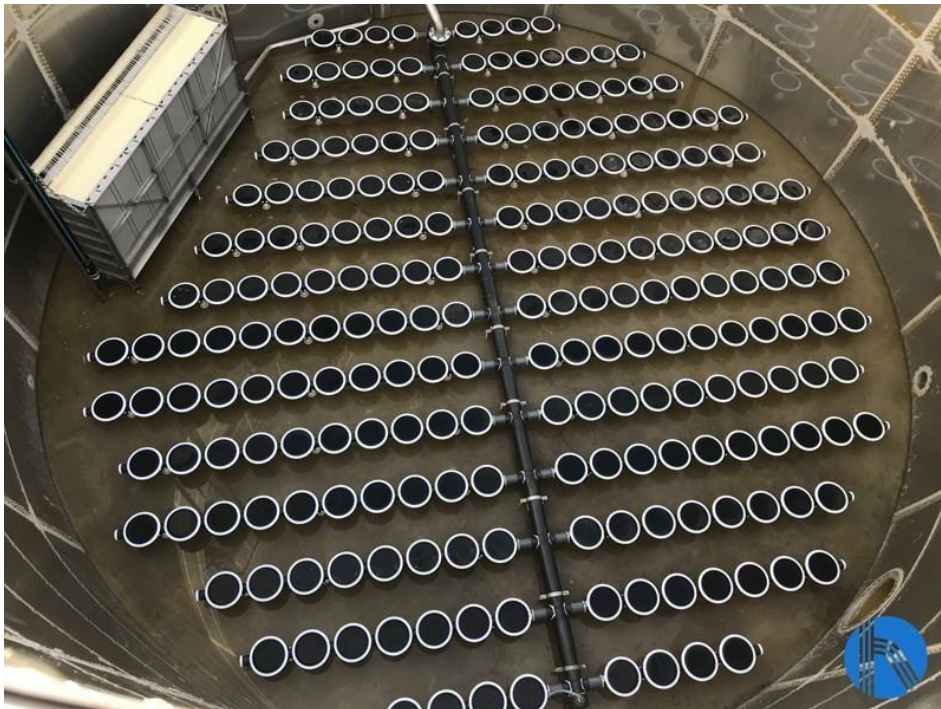
Fuente: SPENAGROUP

**2.1.5.7 Tratamiento Aeróbico.** El tratamiento biológico de aguas residuales utiliza microorganismos, especialmente bacterias, para eliminar los componentes solubles en agua.

Estos microbios forman colonias macroscópicas que sintetizan la materia orgánica y nutrientes disueltos (nitrógeno y fósforo) para su crecimiento. Este método

se utiliza para eliminar compuestos orgánicos y compuestos con nitrógeno y fósforo de aguas residuales municipales e industriales debido a su simplicidad y bajo costo. La materia orgánica proporciona una fuente de energía y carbono para el crecimiento microbiano, así como para los sistemas aeróbicos y nutrientes esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el oxígeno. Aunque se prefiere el oxígeno como aceptor final de electrones en los sistemas aeróbicos, los microorganismos también pueden metabolizar la materia orgánica en condiciones anaeróbicas. La elección del proceso biológico depende de factores como el aceptor final de electrones, el oxígeno, que es importante en sistemas aeróbicos que producen lodos debido al alto crecimiento bacteriano.

**Ilustración 16: Difusores aerobios.**



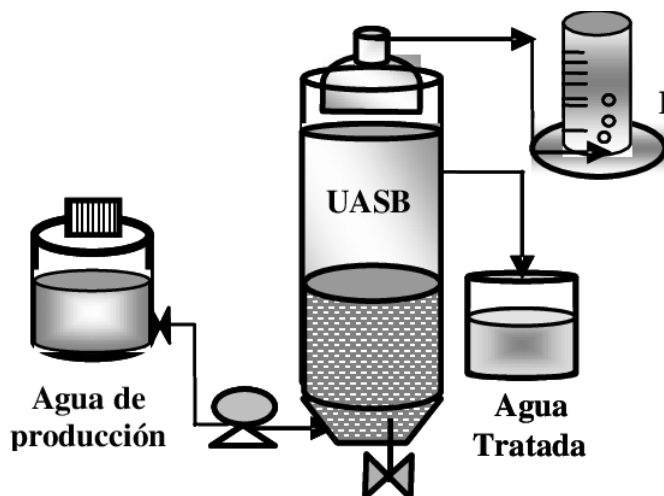
Fuente: JHUESA

**2.1.5.8 Tratamiento Anaeróbico.** Los sistemas de tratamiento anaeróbico están basados en procesos biológicos controlados, operados en condiciones anóxicas, es decir, sin aire.

Convierten eficientemente DQO, DBO y SSV en biológicos y de bajo consumo (consumo energético). La experiencia exitosa para países con una temperatura superior a los 20°C se encuentra en el rango de 12 a 20°C. En estas áreas, además de los sistemas de estanques estabilizados, existe una gran necesidad de utilizar tecnologías como la filtración anaeróbica en tanques y reactores anaeróbicos como los reactores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket).

La explicación es que los reactores UASB tienen tiempos de residencia hidráulica más cortos y un mejor control de la acumulación de olores en las fosas sépticas. También se menciona que, en comparación con los filtros anaeróbicos, los reactores UASB no requieren carga y por lo tanto no causan problemas. Colombia y Brasil son considerados pioneros en el uso de tecnología anaeróbica para el tratamiento de ERA en condiciones climáticas. Se refiere a la construcción de la primera planta piloto en Cali, Colombia, en 1982, y a la construcción de plantas de gran escala en dos países, que han demostrado gran efectividad en la reducción de la contaminación de aguas residuales.

**Ilustración 17: Reactor anaerobio.**



Fuente: RESEARCHGATE

**2.1.5.9 DQO.** La DQO, por sus siglas en español, es la demanda química de oxígeno y esta se ha definido conceptualmente como aquella cantidad de sustancias tanto inorgánicas como orgánicas susceptibles de oxidación por oxidantes fuertes, expresada en equivalente de oxígeno (mg/l O<sub>2</sub>).

Los iones dicromato (Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>) se utilizan como agentes oxidantes en este análisis y se reducen a iones de cromo (Cr<sup>3+</sup>). La DQO implica la oxidación de componentes orgánicos e inorgánicos de la muestra, pero el más importante es el componente inorgánico. Una prueba definida y factores como el tiempo de digestión, la concentración del reactivo y la concentración de DQO en la muestra afectan el grado de corrosión.

Este método se utiliza a menudo en diversas aplicaciones, como medir contaminantes en agua natural y aguas residuales, evaluar la calidad de residuos como aguas residuales municipales e industriales, plantas de energía, industria química, industria papelera, lavandería, investigación ambiental y educación en



general. En las depuradoras el valor de DQO debe ser inferior a 10 mg/l O<sub>2</sub> al final del ciclo de tratamiento.

**Ilustración 18: Demanda Química de Oxígeno.**



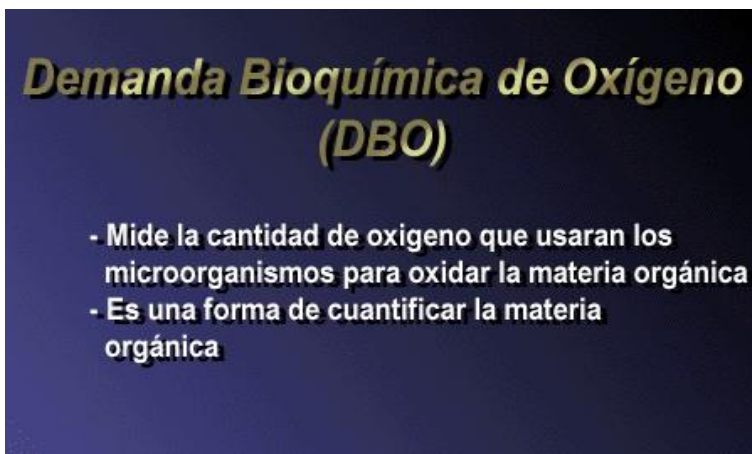
**Fuente: HANNACOLOMBIA**

**2.1.5.10 DBO.** La demanda biológica de oxígeno, cuyas siglas en español son DBO, es un parámetro importante para caracterizar y medir el grado de contaminación de las aguas residuales.

La DBO se refiere a la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos como bacterias, hongos y plancton cuando descomponen la materia orgánica en una muestra de agua. Este proceso biológico es sensible y lento, medido en 5 días a 20 °C (DBO<sub>5</sub>). Generalmente, cuanto más contaminado, mayor es la DBO.

La DBO refleja la demanda biológica de oxígeno e indica la cantidad de oxígeno que los organismos vivos necesitan para consumir materia orgánica en un período de tiempo específico, como por ejemplo 5 días en DBO<sub>5</sub>. Este parámetro es importante para evaluar si las aguas residuales son una carga para las industrias receptoras. Los niveles de DBO superiores al estándar pueden provocar eutrofización debido al consumo de oxígeno por parte de las bacterias, que pueden matar animales acuáticos como los peces.

**Ilustración 19: Demanda Bioquímica de Oxígeno.**



**Fuente: CIDTA**

**2.1.5.11 Sólidos Suspendidos.** Son pequeñas partículas sólidas que permanecen en suspensión y se utilizan como indicadores de la calidad del agua, especialmente en tratamiento de agua, residuos y cargas de aguas residuales comerciales.

Las empresas de agua utilizan el modelo de Mogden para calcular las facturas públicas de alcantarillado cuya base son precisamente los sólidos suspendidos ya que estos intervienen como parte del sistema de carga en los efluentes comerciales. Se puede determinar la diferencia entre sólidos en suspensión y sólidos que son sedimentables, siendo estos últimos los causantes de la obstrucción de las tuberías. También es importante la medición de sólidos disueltos totales, que se refiere a los sólidos que quedan después de que el agua se evapora.

La importancia de los sólidos en suspensión es su capacidad de representar la turbiedad del agua, especialmente en aguas residuales, lo que afecta los costos de tratamiento. Existen varias técnicas para medir sólidos disueltos, incluido el vidrio para controles de campo, espectrofotometría para trabajos de laboratorio detallados y gravimetría, secado y pesaje de muestras en un horno y balanza de filtro.

**Ilustración 20: Sólidos suspendidos.**



**Fuente: NKAP**

**2.1.5.12 Coliformes Fecales.** Los coliformes son un grupo importante de bacterias que se encuentran en una variedad de ambientes, incluidos el suelo, el agua superficial y la piel, así como en las heces humanas y animales.

La mayoría de este tipo de bacterias son inofensivas, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunos tipos de agua pueden causar enfermedades

graves. Se denominan "organismos indicadores", que indican la presencia de bacterias patógenas en el agua. Sin embargo, ver esto no significa que el agua no sea segura para beber, pero sí indica una vía potencial de contaminación de fuentes como aguas superficiales, sistemas sépticos y desechos animales.

Luego de tener resultados positivos para coliformes totales, los coliformes fecales y *Escherichia coli* (*E. coli*) pueden ser analizados como subgrupos. Los coliformes fecales, que viven en los intestinos de los animales de sangre caliente, requieren más pruebas para identificar la contaminación de las aguas residuales. La *E. coli* en los intestinos de humanos y animales es más peligrosa, lo que indica que los desechos han ingresado a las fuentes de agua. La mayor parte de *E. coli* es inofensiva, algunas producen toxinas dañinas que pueden causar enfermedades graves y la muerte.

**Ilustración 21: Coliformes fecales.**



Fuente: ATLASAGUA

## 2.2 Marco Legal

### 2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

En el marco de la Constitución de la República del Ecuador existe un artículo que de forma general estableció la responsabilidad sobre la competencia de las aguas residuales. Esta competencia se delegó a los gobiernos municipales al exclamar lo siguiente:

Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley. (Asamblea Constituyente, 2008)

### **2.2.2 Código Orgánico del Ambiente**

Por otra parte, en este cuerpo legal se dio forma a la responsabilidad mencionada que tienen los gobiernos municipales establecida previamente en la Constitución del Ecuador. Se conmina a los municipios respectivos de cada ciudad a que gestionen su administración de tal forma que se implemente la infraestructura necesaria para el tratamiento de las aguas residuales producidas dentro de su circunscripción territorial. Todo esto mencionando que se debe realizar en un contexto normativo satisfactorio, es decir, cumpliendo con la ley y las normas vigentes para los efectos requeridos.

El artículo que estableció todo esto fue el artículo 196 de dicho código que exclamó:

Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales deberán contar con la infraestructura técnica para la instalación de sistemas de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales, de conformidad con la ley y la normativa técnica expedida para el efecto. Asimismo, deberán fomentar el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización, siempre y cuando estas recuperen los niveles cualitativos y cuantitativos que exija la autoridad competente y no se afecte la salubridad pública. Cuando las aguas residuales no puedan llevarse al sistema de alcantarillado, su tratamiento deberá hacerse de modo que no perjudique las fuentes receptoras, los suelos o la vida silvestre. Las obras deberán ser previamente aprobadas a través de las autorizaciones respectivas emitidas por las autoridades competentes en la materia. (Asamblea Constituyente, 2008)

### **2.2.3 Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua**

El artículo 18 en su inciso "I" de esta ley mencionó a la Autoridad Única del Agua la cual es una entidad gubernamental encargada de dirigir al sistema nacional estratégico del agua. Atribuyó las competencias a dicha autoridad para coordinar y complementar acciones con los GAD para la gestión integral de algunos servicios,

pero particularmente para el interés de esta investigación, el servicio público de depuración de las aguas residuales.

Cabe recalcar que este artículo no instó a dicha entidad a ejecutar acciones dirigidas directamente sobre los procesos de depuración de las aguas residuales, más bien instó a la entidad a trabajar en conjunto con los GAD. El artículo en mención exclamó lo siguiente:

Competencias y atribuciones de la Autoridad única del Agua. Las competencias son:

l) Establecer mecanismos de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley. (Asamblea Nacional, 2014)

Por otra parte, el artículo 37 de esta misma ley fue importante desde el punto de vista de la declaratoria formal del alcantarillado sanitario como un servicio público y que dentro de este se declararon de forma expresa las acciones que están enmarcadas en la definición. El artículo 37 expresó entonces:

Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso.

El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades:

1. Alcantarillado sanitario: recolección y conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados del proceso de depuración. (Asamblea Nacional, 2014)

En el siguiente artículo de esta ley, particularmente el artículo 38 se estableció la prohibición de a la autorización para usar y/o aprovechar las aguas residuales siempre que las acciones derivadas de ese uso o aprovechamiento afecten en alguna forma negativa a los proyectos que se hayan programado en materia de saneamiento. Incluso cuando no se cumplan parámetros en normativas adjuntas o vinculadas esa prohibición de uso y aprovechamiento estaría negada. El artículo entonces exclamó lo siguiente:

Prohibición de autorización del uso o aprovechamiento de aguas residuales. La Autoridad única del Agua no expedirá autorización de uso y aprovechamiento de aguas residuales en los casos que obstruyan, limiten o afecten la ejecución de proyectos de saneamiento público o cuando incumplan con los parámetros en la normativa para cada uso. (Asamblea Nacional, 2014)

Algo de muchísima importancia al entrar en la materia de las aguas residuales y su marco normativo es el vertido de estas. Para este efecto, el artículo 80 en su párrafo primero de la presente ley ha establecido la consideración sobre la propia palabra “vertidos”, es decir, primero plantea un marco conceptual dentro del artículo sobre la definición de lo que son los vertidos y posteriormente estableció la prohibición de estos. Una interpretación de esto es que, bajo la ley, las plantas de tratamiento de aguas residuales han quedado garantizadas en su construcción y funcionamiento de forma no expresa, pero que al ser los únicos mecanismos a través de los cuales se puede brindar el servicio público de tratamiento de aguas residuales, entonces se entiende que ese sería el efecto de la ley. El artículo expresó:

Vertidos: prohibiciones y control. Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público. (Asamblea Nacional, 2014)

En el caso de la Disposición Transitoria Quinta de este cuerpo de ley, se conminó a los GAD de forma expresa a cumplir con los objetivos del plan nacional de desarrollo vigente y el plan nacional para la gestión de los recursos hídricos dentro de los cuales implica la construcción planificada de las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esta disposición dijo lo siguiente:

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados competentes, en materia de provisión de agua y saneamiento, implementarán sistemas adecuados para el abastecimiento de agua potable, de modo que, en el plazo previsto en el Plan Nacional de Desarrollo del Buen Vivir y en la estrategia de erradicación de la pobreza y la desigualdad, quede plenamente garantizado el acceso total de la población al agua potable. Del mismo modo, procederán de acuerdo con las

metas, objetivos y plazos previstos en el plan nacional de desarrollo y el plan nacional de recursos hídricos a la planificación, implementación y construcción de los sistemas de alcantarillado y de la infraestructura para tratamiento de aguas residuales y desechos urbanos, de modo que se cubran las necesidades de saneamiento de la población y se trate la totalidad de las aguas servidas.

#### **2.2.4 Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente**

En este cuerpo legal con rango de decreto ejecutivo se estableció dentro del mismo una norma ambiental la cual ha tenido para bien algunos artículos que establecieron importantes normativas de gran impacto para la gestión de las aguas residuales. Una de ellas es apartado 5.2.4.9 que abordó dos aspectos muy relevantes. El primero de ellos fue el hecho de establecer que aquellas aguas residuales deban ser tratadas sin importar el origen cuando no cumplan con parámetros que se encontraran en la misma norma; y el segundo fue aquella parte del numeral que tuvo injerencia directa sobre los procesos de operación de las plantas de tratamiento el cual instaba a que estas cuenten con un plan para que se pueda garantizar su eficiencia. El numeral de esta norma dice lo siguiente:

Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia. (Presidencia de la República, 2017)

Como una instancia complementaria para el numeral de la norma mencionado previamente, el numeral 5.2.4.10 decretó la prohibición del vertido de residuos líquidos que no hayan sido tratados hacia cuerpos de agua de dominio público. Este numeral tuvo la intención de abarcar cualquier tipo de agua residual al mencionar la frase “residuos líquidos” con lo que se desvanecen las ambigüedades que pudieren resultar de su interpretación. El numeral dice:

Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas. (Presidencia de la República, 2017)

Otra numeral que buscó abarcar los cuerpos de agua de dominio público en la circunscripción territorial nacional fue el 5.2.5.1 que ejerció la prohibición de la descarga de aguas residuales independientemente de su origen a cuerpos de agua que incluyan aquellos que estuvieren influenciados por las mareas. Este numeral expresó:

Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujos de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana. (Presidencia de la República, 2017)

#### **2.2.5 Resolución Nro. ARCA-DE-012-2017**

En este cuerpo normativo emitido por la Agencia de Regulación y Control del Agua adjudicó la autorización del uso o aprovechamiento de las aguas residuales a la Autoridad Única del Agua en su artículo 1 siempre y cuando ese aprovechamiento se encuentre dentro de la tabla establecida en el mismo artículo, es decir, este artículo brindó la forma estatutaria de cómo se debiera gestionar las aguas residuales en el particular sentido de su uso.

Por su parte el artículo 2 estableció los parámetros de calidad exigibles obligatoriamente antes de que dichas aguas residuales sean usadas o aprovechadas bajo el amparo del artículo 1.

Finalmente, el artículo 3 brindó una aclaración acerca quién pudieren solicitar el uso o aprovechamiento de las aguas residuales dejando establecido que primero se debieren cumplir con los artículos que le preceden como los artículos 1 y 2.



## **CAPÍTULO III**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

Dado que los objetivos específicos determinados en un principio debían ir alineados con la metodología de investigación, el enfoque de este proyecto de titulación fue de tipo **mixto**. Esto se realizó atendiendo a la estrategia planteada de investigación la cual estuvo definida en función a la forma en cómo se obtendrían los datos mediante el establecimiento las técnicas de investigación que se usarían. En este sentido, existieron técnicas inherentes tanto a los enfoques cualitativos como cuantitativos.

Otero, A. (2018) presentó dos enfoques principales: cuantitativo y cualitativo. Básicamente para el autor, en el siglo XXI ha surgido una tercera opción: un enfoque híbrido que combina ambas. Por definición, esto significa que no existen valores y que el conocimiento se adquiere a través de la práctica y el esfuerzo.

Prosiguió explicando que tanto el enfoque cuantitativo como el cualitativo se consideran modelos de investigación científica y utilizan métodos cuidadosos, sistemáticos y empíricos para generar conocimiento. Los enfoques cuantitativos se centran en mediciones numéricas, análisis estadístico y recopilación de datos para responder preguntas de investigación específicas. Se probará su revisión de la literatura y la formulación de hipótesis.

Además, explicó que, en la investigación cualitativa, por otra parte, se define como extraer conclusiones sobre la realidad estudiada a partir de la observación y evaluación de situaciones. Este enfoque permite el desarrollo de encuestas, entrevistas e información, y se utiliza para encontrar y refinar preguntas de investigación y, en ocasiones, para probar hipótesis. En general, el autor enfatizó la coexistencia e integración de enfoques cuantitativos y cualitativos en la investigación moderna, y la importancia de la práctica y la práctica en la formación de investigadores científicos.

#### **3.2 Alcance de la investigación**

El alcance de una investigación declara los límites de esta, es decir, en este apartado investigador expresa de forma clara el plano que abarca el proyecto investigativo. La forma de expresarlo es a través de la declaración de los resultados

que se obtendrán, por lo que el alcance también condiciona los métodos a utilizar al momento de aplicar las técnicas de investigación. En general, el alcance puede ser resumido mediante tres grupos fundamentales que han englobado las características comunes que se han distinguido a lo largo de la historia. A saber, estos tres grupos son: exploratorio, descriptivo y correlacional.

En este aspecto, el presente trabajo se ha enmarcado dentro del tipo de alcance descriptivo el cual busca realizar una descripción detallada o profunda de la realidad y características de un fenómeno. También, a criterio de la investigadora, se ha buscado la información más completa posible combinando técnicas tanto cualitativas como cuantitativas en aras de analizar a profundidad el grado de eficacia que tiene una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. Para este propósito ha sido necesaria la obtención de información cuya realidad fue de tipo tanto objetiva como subjetiva.

Para los autores Guevara, G. et al. (2020) la investigación descriptiva tiene como objetivo explicar en detalle todos los aspectos principales de la realidad. Pusieron énfasis en la caracterización de las características de la población en estudio y en el uso de criterios sistemáticos para determinar la estructura o comportamiento del fenómeno en estudio.

Por ello, dijeron, los enfoques de investigación con alcance descriptivo se centran en decisiones críticas o en cómo actúa actualmente una persona, grupo o cosa. Las explicaciones de Mario Tamayo y Carlos Sabino enfatizan la importancia de la observación, la investigación y el estudio de casos como métodos de recolección de datos.

La ausencia de variables indica que el investigador no tiene control sobre la situación estudiada, y se limita a recolectar la información que le brinda el instrumento de recolección de datos. La preparación y análisis de los datos debe realizarse de acuerdo con el marco teórico adecuado. Esto se ve enfatizado por la naturaleza de la investigación comparativa, que no compara con otras situaciones, y debido a que no hay variables, la relación entre los datos no puede ser causa y efecto.

### **3.3 Técnicas e Instrumentos para Obtener los Datos**

Para llevar a cabo la obtención de la información, fue necesario el apoyo teórico de la operacionalización de las variables. En este apartado se realizó un

planteamiento de definiciones que ayudó a la elección de los instrumentos adecuados a aplicarse.

### 3.3.1 Operacionalización de las Variables

**Tabla 7: Operacionalización de las variables.**

Variable	Definición Conceptual	Dimensión	Indicador	Instrumento
Tratamiento de aguas residuales	Es un proceso de depuración de 3 fases de tratamiento: físico, químico y biológico, que busca eliminar los contaminantes del agua residual	Efectividad del tratamiento	Número de tratamientos utilizados	Guía de observación
Saneamiento	Se refiere a las condiciones en las que el agua se encuentra con relación a sus características físicas, químicas y biológicas	Calidad del agua	Parámetros bajo las normas INEN 2169:2013 - INEN 2176:2013	Ensayos de calidad del agua

Elaborado por: **García, N. (2024).**

**3.3.1.1 Guía de Observación.** Este instrumento permite al investigador situarse directamente frente al objeto de estudio y constituye el medio a través del cual se obtienen de manera sistemática los datos referentes al fenómeno o suceso estudiado.

El desarrollo de la guía de observación estuvo basado en aquellos criterios que se consideraron relevantes para la investigación. Particularmente, estos criterios pretendieron sistematizar la observación desde la teoría, por lo que en cuanto a plantas de tratamiento se refiere, se priorizaron bloques referentes a los tratamientos típicamente establecidos dentro de una PTAR. Esto brindó ciertas cualidades a la observación según lo explicaron Cortez, M. & Maira, M. en su texto, de tal forma que según la forma como se realice, la observación está sujeta a una clasificación según la forma como la aborde el investigador.

Basándose en el criterio de las autoras, la observación en esta investigación se planteó de forma estructurada dadas las dimensiones desagregadas de los elementos que se desean observar de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas (PTARD). De tipo no participante puesto que, no se pretendió intervenir en ninguna de las etapas del proceso de tratamiento de las aguas residuales. Finalmente, fue de clasificación sistemática por el registro que se determinó que era necesario para los fines metodológicos de la investigación.

**Tabla 8: Desarrollo de la Guía de Observación.**

Dimensión del tratamiento	Criterio	Sí	No	N/A	Observaciones	Registro fotográfico (código de anexos)
Físico/Químico	Posee canal de entrada con caudal regulado					
	Existe tratamiento de floculación o coagulación					
	Posee rejillas de entrada como pretratamiento					
	Leyendas visibles de medición de caudales					
	Reductores de velocidad (sedimentadores)					
Biológico	Existen olores emanados por la planta					
	Presencia de reactores biológicos					
	Presencia de difusores para inyección de aire					
	Presencia de tanque sedimentador					
	Existe infraestructura de descarga de lodos					
Químico	Existen unidades de micro o ultrafiltración					
	Existen unidades de intercambio iónico					
	Existen unidades de dosificación de cloro					
	Existen unidades de radiación UV					
	Existen unidades de ozonización					

Elaborado por: **García, N. (2024).**

**3.3.1.2 Ensayos de Calidad de Agua.** El procedimiento de cada ensayo realizado fue detallado en la sección anexos. Cada ensayo tiene su propio documento anexo.

**3.3.1.2.1 Determinación de DBO5 – Anexo 1.** La prueba de la DBO5 es un bioensayo experimental que evalúa el oxígeno consumido por organismos en procesos metabólicos al descomponer materia orgánica biodegradable en aguas residuales o naturales.

Esta prueba se realiza en condiciones estándar de incubación a 20°C en la oscuridad durante cinco días. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto durante este periodo se mide con un electrodo, proporcionando la DBO en mg O<sub>2</sub>/L, indicando la cantidad de materia orgánica biodegradable. La muestra se diluye con agua tamponada para garantizar suficiente oxígeno disuelto. La prueba no cuantifica toda la materia orgánica, ya que algunos compuestos no se descomponen en las condiciones establecidas, como la nitrificación después de los cinco días.

**3.3.1.2.2 Determinación de Aceites y Grasas (Método Goldfish) – Anexo 2.** Es un método analítico cualitativo para determinar si las grasas en una muestra de agua son saturadas o insaturadas. Para ello es importante un buen muestreo y preparación de la muestra, así como la elección adecuada del método gravimétrico, como el Goldfish y Soxhlet, siendo los más comunes.

Un ejemplo de su utilidad está en la industria alimentaria y de la nutrición, dado que la cuantificación de las grasas y lípidos en los alimentos es crucial para la elaboración de dietas equilibradas y para el etiquetado nutricional. La extracción de la grasa se lleva a cabo mediante un proceso que involucra desecado y extracción de solvente, similar al Método Soxhlet, seguido de un periodo de extracción y desecado antes de la pesada.

### **3.4 Población y Muestra**

Se entiende por población a aquel grupo de individuos u objetos para los cuales, los resultados que se obtengan sobre la muestra serán generalizables y por lo tanto válidos para el resto de los elementos contenidos en la población. Por dicha razón se consideró como la población al conjunto de todas las aguas residuales que son vertidas a la red sanitaria de la urbanización el Condado, sector 2.

Por su parte el conjunto muestral estuvo conformado por aquellos volúmenes de agua que fueron extraídos en la fase de entrada o afluente, es decir, cuando las aguas llegan totalmente contaminadas y sin ningún tratamiento; y en la fase de salida o efluente en donde las aguas son desviadas hacia el emisario final para ser vertidas en el río Daule.

### **3.5 Tipo de Muestreo**

El muestreo fue de tipo integrado que consistió en tomar muestras simples en distintos puntos simultáneamente. Es uno de los 3 tipos de muestreo que están enmarcados en el ámbito de los análisis de agua. Este muestreo forma parte de los protocolos que siguen los laboratorios de calidad de agua para la toma de muestras. Según un documento de Grupo de Trabajo LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS (CORNARE, 2014) elaborado para normalizar el trabajo de recolección de muestras de agua, existen 3 tipos de muestreo: muestreo simple o puntual, muestreo compuesto y muestreo integrado. La diferencia entre esta terna de muestreos es la siguiente:

- Muestreo simple: Se toman muestras simples en un momento y lugar determinado dentro del cuerpo de agua.

- Muestreo compuesto: Se toman muestras en un mismo lugar dentro del cuerpo de agua, pero en diferentes lapsos de tiempo.

- Muestreo integrado: Se toman muestras en diferentes lugares del cuerpo de agua, pero simultáneamente.

### **3.5.1 Muestreo de Calidad del Agua – Muestreo Integrado**

**3.5.1.1 Toma de Muestra a la Entrada de la PTARD.** Se realizó el proceso de toma de muestras tanto al afluente como al efluente de la PTARD en envases de 2 litros de volumen. Durante este proceso se siguieron las principales recomendaciones del personal operador para precautelar la integridad física durante trasvase de los volúmenes de agua tales como la utilización de guantes debido al alto contenido de contaminante del agua presente en el canal de entrada, así como la utilización de casco y el acopio en bolsas plásticas para evitar vertimientos inesperados durante el transporte de las muestras de agua.

**Ilustración 22: Proceso de toma de muestra al afluente.**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 23: Proceso de toma de muestras al efluente.**



**Elaborado por: Elaborado por: García, N. (2024).**

### 3.6 Diagnóstico de Situación Actual

#### 3.6.1 Urbanización El Condado, Sector 2

Ubicada a la altura del corredor arterial E40, mejor conocido como la Av. León Febres Cordero Ribadeneyra, la urbanización El Condado, Sector 2, es una urbanización privada del cantón Daule. Originalmente concebida para albergar a cerca de 1500 personas, este emplazamiento urbanístico cumple normativa y técnicamente el requisito de tener una planta de tratamiento de aguas residuales de tipo domésticas dado que por encima de una población estimada de 500 habitantes es necesaria la instalación de una PTAR.

**Ilustración 24: Mapa Ciudadela Privada El Condado, Sector 2.**



Fuente: Google Earth.

Elaborado por: García, N. (2024).

#### 3.6.2 Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la Urbanización El Condado, Sector 2.

La Planta de Tratamiento de aguas residuales de la Urbanización El Condado es de tipo aeróbica, con un pretratamiento inicial para remoción de materiales gruesos y arenas. La PTAR consta de dos trenes de tratamiento compuesto cada tren de un sedimentador primario para la sedimentación de sólidos sedimentables y suspendidos, un reactor aeróbico para la biodegradación de la materia orgánica, un sedimentador secundario para la remoción de materia orgánica y finalmente una desinfección por adición de cloro en un tanque de contacto. A continuación, se muestra un registro fotográfico de la Planta de Tratamiento.

**Ilustración 25: Ingreso PTARD.**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 26: Vista superior PTARD.**



**Elaborado por: García, N. (2024).**



**Ilustración 27: Vista lateral izquierda PTARD.**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 28: Vista lateral derecha PTARD.**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

## CAPÍTULO IV

### PROPUESTA O INFORME

#### 4.1 Presentación y Análisis de Resultados

##### 4.1.1. Resultados de Guía de Observación

Tabla 9: Resultados guía de observación.

Dimensión del tratamiento	Criterio	Sí	No	N/A	Observaciones	Registro fotográfico (código de anexos)
Físico/Químico	Posee canal de entrada con caudal regulado	✓			Posee, pero no regulado	ANXNG001, ANXNG004
	Existe tratamiento de floculación o coagulación		✓			---
	Posee rejillas de entrada como pretratamiento		✓			---
	Leyendas visibles de medición de caudales		✓			---
	Reductores de velocidad (sedimentadores)		✓			---
Biológico	Existen olores emanados por la planta	✓			Los olores son indicadores de la presencia de reactores aerobios	---
	Presencia de reactores biológicos	✓				---
	Presencia de difusores para inyección de aire	✓				ANXNG003, ANXNG006
	Presencia de tanque sedimentador	✓				ANXNG002, ANXNG005
	Existe infraestructura de descarga de lodos	✓				ANXNG008, ANXNG009
Químico	Existen unidades de micro o ultrafiltración		✓			---
	Existen unidades de intercambio iónico		✓			---
	Existen unidades de dosificación de cloro		✓			---
	Existen unidades de radiación UV		✓			---
	Existen unidades de ozonización		✓			---

Elaborado por: García, N. (2024).

##### 4.1.2 Resultados de los Ensayos de Calidad de Agua

###### Sección Anexos 7.4.

**4.1.2.1 Análisis.** Con los valores presentados antes y después del tratamiento se pudieron realizar cálculos de porcentajes para analizar qué tan depurada salía el agua luego del proceso de tratamiento.

- DQO entrada = 88  
DQO salida = 39  
Cálculo:  $(39/88) * 100 = 44.32\%$  - La DQO se redujo 55.68%
- DBO entrada = 18.10  
DBO salida = 7.90  
Cálculo:  $(7.90/18.10) * 100 = 43.64\%$  - La DBO se redujo 56.36%
- SST entrada = 103  
SST salida = 0  
Cálculo: SST reducción total/eliminación total

- Nitrógeno total <sub>entrada</sub> = 7.84  
Nitrógeno total <sub>salida</sub> = 2.80  
Cálculo:  $(2.80/7.84) * 100 = 35.71\%$  - El nitrógeno total se redujo 64.29%
- Aceites y grasas <sub>entrada</sub> = 26.00  
Aceites y grasas <sub>salida</sub> = 12.80  
Cálculo:  $(12.80/26.00) * 100 = 49.23\%$  - 50.77% de los aceites y grasas fueron eliminados
- Coliformes fecales <sub>entrada</sub> = 350000  
Coliformes fecales <sub>salida</sub> = 7900  
Cálculo:  $(7900/350000) * 100 = 2.26\%$  - Los coliformes fecales fueron reducidos 97.74%

## 4.2 Propuesta

### 4.2.1 Recomendaciones Específicas

**4.2.1.1 Optimización de los Procesos.** A través de la conversión a unidades anaerobias para la generación de biogás y energía haciendo la PTARD auto sustentable.

**4.2.1.2 Actualización Tecnológica.** Mediante la habilitación de unidades de tratamiento químico o terciario para mejorar la desinfección del agua vertida en el efluente.

## CONCLUSIONES

- Por los ensayos realizados de calidad de agua se concluyó que el tratamiento que maneja la Planta de Tratamiento de aguas residuales la Urb. El Condado, sector 2 tiene una efectividad del 56,36 % en la eliminación de materia orgánica considerado fuera del rango esperado para una PTARD del tipo aeróbico que usualmente fluctúan entre 95-98%.
- Mediante la técnica de observación se pudo constatar que el proceso que maneja la PTARD es de tipo biológico aerobio puesto que, existen aereadores y se percibió en la inmediación olores particulares de este proceso. El olor funge como un indicador de la presencia de reactores biológicos aerobios.
- Se concluye que PTARD debe mejorar la eficiencia de la remoción de materia orgánica mediante la revisión de los niveles de oxígeno disuelto que se están inyectando en los reactores aeróbicos existentes. También, debe realizarse un mantenimiento periódico de los otros componentes, como por ejemplo si la extracción de los lodos de los sedimentadores tanto primarios como secundarios se encuentran funcionando correctamente, ya se observa que el agua residual previo a la desinfección final contiene buena cantidad de sólidos disueltos que perjudican la remoción de microorganismos (coliformes fecales), y por ende la eficiencia de remoción de estos es baja (97,74%).

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar en cuenta la ubicación de las PTARD al momento de planificar los proyectos inmobiliarios puesto que los olores emanados por la planta son siempre un motivo de molestias a sus moradores. La reubicación de la PTARD resultaría muy costosa, de manera que el modelo de esta urbanización sirve como ejemplo para anticipar este inconveniente.
- Se recomienda el monitoreo continuo de su efectividad puesto que la infraestructura sufre degradaciones con el paso del tiempo. Además, verificar la hermeticidad de la red para prevenir aportes de caudal provenientes de otras fuentes.
- Se recomienda una operación y mantenimiento más prolijo de la PTAR, se observa en algunos casos que no está dando una adecuada operación del sistema (medición continua de oxígeno disuelto que sea siempre mayor a 2 mg/l en los tanques de aireación) para que se cumplan los porcentajes de remoción de DBO y DQO. Un correcto mantenimiento de la extracción de lodos de los tanques sedimentadores primarios y secundarios, para impedir que el agua clarificada previo a la desinfección llegue con sólidos que perjudique la eficiencia del proceso de desinfección final.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alex, V. (2011). *Estudio de un Sistema de Depuración de Aguas Residuales para reducir la contaminación de Río Ambato y los sectores aledaños, en el sector de Pisocucho, de la parroquia Izamba, del Cantón Ambato, Provincia de Tungurahua*. Repositorio Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1350/1/Tesis%20620%20-%20Villac%C3%ADs%20Proa%C3%B1o%20Alex%20Guillermo.pdf>
- Arana Contreras, S. M., y Mancero Escobar, S. B. (2022). *Evaluación de la remoción de coliformes fecales aplicando pastillas de cloro y ácido peracético en una planta de tratamiento de aguas residuales en el cantón Daule, La Aurora*. Repositorio Digital ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4871>
- Araujo, L., Molina, S., y Noguera, L. (2018). Aprovechamiento de los lodos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales como materia prima en la industria de la construcción: revisión bibliográfica. *Revista Agunkuyaa*.
- Asamblea Constituyente 2008. (25 de enero de 2021). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Quito, Pichincha, Ecuador. chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf)
- Boris, t. (7 de julio de 2020). *Parámetros físicos del agua*. Ingeniería Ambiental - Página especializada en temas ambiental para el público en general: <https://ingenieriaambiental.net/parametros-fisicos-del-agua/>
- Brault, J.-M., y Marmanillo, I. (19 de MARZO de 2020). *Tres soluciones para una mejor gestión de las aguas residuales en Guayaquil, Ecuador*. Banco Mundial Blogs: <https://blogs.worldbank.org/es/latinamerica/tres-soluciones-para-una-mejor-gestion-de-las-aguas-residuales-en-guayaquil-ecuador>
- Cáceres Poma, D. K., Calisaya Vera, G. M., y Bedoya Justo, E. V. (2018). Eficiencia de la lombriz roja californiana (*Eisenia feotida*) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. *Revista Ciencia y Tecnología para el desarrollo - UJCM*.
- Campoverde Niño, O. J. (2019). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados*. Repositorio Institucional PIRHUA: <https://pirhua.udel.edu.pe/handle/11042/4397>
- Carrera Muyo, J., y Suárez Ojeda, M. E. (2019). *Aguas residuales industriales en Iberoamérica*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

- CEDEÑO MUÑOZ, H. (FEBRERO de 2020). Análisis de los parámetros de calidad del agua del efluente del río muerto para su posible reutilización del Cantón Manta, Ecuador. *POLO DEL CONOCIMIENTO*, V(02), 579-604.  
<https://doi.org/10.23857/pc.v5i2.1299>
- Centeno Calderón, L. G., Quintana Díaz, A., y López Fuentes, F. L. (2019). *Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú*. SciELO:  
[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2413-32992019000100023](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000100023)
- Chávez Lizárraga, G. A. (2018). *Nanotecnología una alternativa para el tratamiento de aguas residuales: Avances, Ventajas y Desventajas*. SciELO:  
[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942018000100005&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942018000100005&script=sci_arttext)
- Cortez Quezada, M., y Maira Salcedo, M. P. (s.f.). *Cuadernillo técnico de evaluación educativa - Desarrollo de instrumentos de evaluación: pautas de observación*. Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación México:  
<https://www.inee.edu.mx/wp-content/uploads/2019/08/P2A356.pdf>
- Delgado Rojas, J. E. (2019). *Influencia de los microorganismos eficaces (Em agua) en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del afluente del bioreactor en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) Concepción-2018*. Repositorio Institucional Continental:  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/7027>
- Durán González, K. A. (2023). *Evaluación de la calidad del agua del efluente planta de tratamiento de aguas residuales Jipijapa*. Repositorio UNESUM:  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/4861>
- Equipo de comunicación Aconsa. (25 de AGOSTO de 2021). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?* Aconsa: <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Fúquene, D. M., y Yate, A. V. (2018). Ensayo de jarras para el control del proceso de coagulación en el tratamiento de aguas residuales industriales. *Working Papers ECAPMA*.
- García Salazar, E. M. (2020). *El agua residual como generadora del espacio de la actividad agrícola en el Valle del Mezquital, Hidalgo, México*. SciELO:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-91692019000200106&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2395-91692019000200106&script=sci_arttext)
- Granoble García, M. A., y Tarira Santander, L. J. (2022). *Uso de los lodos de la planta de tratamiento de agua potable Daule mediante la valoración de los*

*componentes residuales para el beneficio de la entidad y usuarios.*  
Repositorio Digital ULVR: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4878>

Grupo de Trabajo LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUAS. (2014). *Instructivo Recolección Muestras de Agua*. Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Rios Negro y Nare - CORNARE :  
[https://www.cornare.gov.co/laboratorio/I-MA-01\\_Recoleccion\\_Muestras\\_de\\_Agua\\_V.05.pdf](https://www.cornare.gov.co/laboratorio/I-MA-01_Recoleccion_Muestras_de_Agua_V.05.pdf)

Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., y Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Recimundo - Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*.  
[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)

Hernández Salazar, A., Moreno Seceña, J. C., y Sandoval Herazo, L. (2017). Tratamiento de aguas residuales industriales en México - Una aproximación a su situación actual y retos por atender. *Rinderesu - Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*.

Jaimes Urbina, J. A., y Vera Solano, J. A. (2020). *Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización*. Dialnet:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7590764>

Martínez Sánchez, G. (2019). *Agua ozonizada, antecedentes, usos en medicina y bases preclínicas*. Dialnet:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7306842>

Melgar Carhuas, W. (2019). *Diseño y ejecución de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales en zonas rurales*. UPeCEN:  
<https://repositorio.upecen.edu.pe/handle/20.500.14127/174>

Menéndez Gutiérrez , C., y Dueñas Moreno, J. (2018). *Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional*. SciELO:  
[http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000300097&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1680-03382018000300097&script=sci_arttext)

Merchán, J. (1 de 2018). *Evaluación y propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de la Urbanización Fuentes del Río. Cantón Daule*. Repositorio Institucional UG:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/32694>

Mora Pineda, J. R. (2020). *Evaluación de las condiciones actuales y diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) para el municipio de Tocaima Cundinamarca*. Colecciones Digitales - Sistema Nacional de



Biblioteca Rafael García Herreros:  
<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/13668>

Morillo Samanate, L. D., Naranjo Tovar, D. A., Pérez, J., Villacís Oñate, W. E., Jentzsch, P. V., y Muñoz Bisesti, F. (2019). *Remoción de tensoactivos y coliformes en aguas residuales domésticas mediante procesos fenton*. SciELO: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000400931&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000400931&script=sci_arttext)

NACIONES UNIDAS [ONU]. (24 de MARZO de 2023). *Día del Agua: garantizar la disponibilidad de agua y el saneamiento en la región andina*. <https://ecuador.un.org/es/224762-d%C3%ADa-del-agua-garantizar-la-disponibilidad-de-agua-y-el-saneamiento-en-la-regi%C3%B3n-andina>

Oakley, S., y Saravia, P. (2021). Manejo integrado de aguas residuales dentro y fuera la cuenca del Lago Atitlán. *Agua, Saneamiento & Ambiente*.

Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Loor Lalvay, X. A., y Riera Guachichullca, E. J. (2021). *La calidad de las aguas residuales domésticas*. Dialnet: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926905>

Otero Ortega, A. (2018). *Enfoques de Investigación*.

Sánchez Andrade, D. E., y Sandoval Contreras, R. (2022). *Antropología Americana*.

Sánchez Proaño, R. G., y García Gualoto, K. (2018). *Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales*. SciELO: [http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962018000100103&script=sci\\_arttext](http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-85962018000100103&script=sci_arttext)

SIERRA, C. (2021). *CALIDAD DEL AGUA EVALUACION Y DIAGNOSTICO*. MEDELLIN: EDICIONES DE LA U.

TORSKE, M. (2019). *yakunina*. <https://www.yakunina.com/la-realidad-de-las-aguas-servidas-en-ecuador/#:~:text=En%20Ecuador%20aproximadamente%20se%20trata,apta%20para%20el%20consumo%20humano>.

Ttito Surco, R. M. (2018). *Evaluación de la eficacia del almidón de tres variedades de papa (Solanum tuberosum) como auxiliar del sulfato de aluminio en el tratamiento de agua para consumo humano en condiciones altoandinas, 2018*. Repositorio de Tesis - Universidad Peruana Unión: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/1714>

UNICEF. (2018). *Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene*.

UNIVERSIDAD CASA GRANDE. (7 de JULIO de 2021). *'La Fuente' conservará la cuenca del Río Daule*. Dialoguemos: <https://dialoguemos.ec/2021/07/la-fuente-conservara-la-cuenca-del-rio-daule/>

Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., y Núñez, D. (2020). *Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia*. SciELO: [https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000200315&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-33052020000200315&script=sci_arttext)

Zaruma, P., Proal, J., Hernández, I. C., y Salas, H. I. (2018). Los Colorantes Textiles Industriales Y Tratamientos Óptimos De Sus Efluentes De Agua Residual: Una Breve Revisión. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*.

# ANEXOS

## 7.1 Anexo 1

Documentos de procedimiento proporcionados por laboratorio. Determinación de aceites y grasas – Método Goldfish:

---

### 1.0 Alcance y aplicación

#### 1.1 Tipo muestras

El método se aplica para determinar el contenido de grasas y aceite en aguas residuales superficiales, domésticas e industriales.

#### 1.2 Rango de trabajo

El intervalo de trabajo será entre 10 – 250 mg/L, sin embargo, se podrán determinar muestras cuyas concentraciones sean mayores a 250 mg/L o menores a 10 mg/L.

### 2.0 Referencias

#### 2.1 Método de Referencia.

- ✓ Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 24<sup>th</sup> edition. 5520 D Soxhlet Extraction Method.
- ✓ Protocolo de operación del extracto de Goldfish

#### 2.2 Documentos utilizados conjuntamente

- ✓ Manual de Calidad
- ✓ PG-01 Elaboración de Documentos
- ✓ Norma nacional de calidad Ambiental y descarga de agua libro VI anexo 1.
- ✓ NTE INEN 2169:2013

#### 3.0 Interferencias –

Material soluble en n-Hexano (MSH), ya que el solvente de extracción n-Hexano no es un solvente exclusivo para disolver solo aceites y grasas, por lo cual cualquier material no filtrable como el elemento azufre y ciertos tintes orgánicos, serán extraídos como aceites y grasas.

Muestras destinadas al presente protocolo deben ser completamente secas en la estufa, si esto no es posible se debe limitar la humedad al máximo e 10 % con un secado parcial. Alto grado de humedad interfiere en la interacción del solvente con la muestra y puede llegar a resultados con baja precisión.

Solventes adulterados pueden dificultar el proceso de extracción y principalmente su recuperación al final del proceso.

La velocidad y el tiempo de extracción en el aparato Soxhlet deben ser exactamente los especificados debido a la variable solubilidad de las diferentes grasas. Además, la duración del tiempo requerido para secar y enfriar el material no puede ser alterada.

Puede que se presente un incremento gradual en el peso, debido presumiblemente a la absorción del oxígeno, y/o una pérdida gradual peso debido a la volatilización.

#### 4.0 General

##### 4.1. Definiciones

**Aceites y grasas:** El término aceites y grasas comprende cualquier material recuperado como una sustancia soluble en el solvente n-Hexano, tales como azufrados, algunos colorantes orgánicos como la clorofila, no volatilizados durante el ensayo, y su determinación se realiza gravimétricamente mediante recuperación del solvente en un equipo de destilación.

##### 4.2. Principio del método.

La grasa y el aceite son extraídos por contacto con el solvente n-Hexano y su determinación se realiza gravimétricamente mediante recuperación del solvente en el equipo de Soxhlet ó Goldfish,

En la determinación de aceites y grasas, no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, se determinan grupos de sustancias con características físicas similares con base en su solubilidad en el solvente n-Hexano

El protocolo de operación del extracto de Goldfish comprende en tres etapas: extracción, lavado y recuperación del solvente

**Extracción:** utiliza una temperatura de aproximadamente 20°C arriba de la temperatura de ebullición del solvente para realizar la extracción de la grasa de su matriz sólida.

**Lavado:** etapa donde la muestra es suspendida en el soporte y la temperatura del calentamiento se eleva hasta aproximadamente 60°C arriba de la temperatura de ebullición del solvente de manera a promover una circulación vigorosa del solvente por el sistema de condensación.

**Recuperación:** etapa donde, con la misma temperatura de la etapa anterior, promovemos la recuperación del solvente utilizado.

#### 5.0 Medidas de seguridad

En este procedimiento se utiliza reactivos de naturaleza tóxica y nociva, por ello se recomienda la utilización de implementos de seguridad: mandil, guantes de nitrilo, mascarillas y gafas claras.

##### 5.1 Primeros auxilios.

---

**Ácido Sulfúrico:**

- Indicaciones generales: En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.
- En caso de inhalación: Trasladar a la persona al aire libre. En caso de que persista el malestar, pedir atención médica.
- En caso de contacto con la piel: Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.
- En caso de contacto con los ojos: Lavar con agua abundante (mínimo durante 15 minutos), manteniendo los párpados abiertos. Pedir atención médica.
- En caso de ingestión: Beber agua abundante. Evitar el vómito (existe riesgo de perforación). Pedir inmediatamente atención médica. No neutralizar.

**Hexano:**

- Indicaciones generales: En caso de pérdida del conocimiento nunca dar a beber ni provocar el vómito.
- En caso de inhalación: Trasladar a la persona al aire libre. En caso de asfixia proceder a la respiración artificial.
- En caso de contacto con la piel: Lavar abundantemente con agua. Quitarse las ropas contaminadas.
- En caso de contacto con los ojos: Lavar con agua abundante manteniendo los párpados abiertos. Pedir atención médica.
- En caso de ingestión: Evitar el vómito. Pedir atención médica. No administrar aceites digestivos. No beber leche. Evitar el lavado de estómago.

**6.0 Equipos y materiales****6.1. Equipos**

Nombre del equipo	Código del equipo
Balanza analítica	EQ-02
Bomba eléctrica de vacío y presión o sistema de filtrado	EQ-12-00
Estufa	EQ-29
Desecador	EQ-15
Extractor de Goldfish	EQ-31

## 6.2. Materiales

- Papel filtro de celulosa 125mm.
- Agitador de Vidrio.
- Capsula de porcelana
- Probeta de 500 ml.
- Probeta de 100 ml
- Matraz aforado (volumen definido por la concentración de aceite u grasas.)
- Pinza de metal
- Guantes
- Embudo de Buchner, diámetro de 12cm (o sistema de filtrado (EQ-12-00))
- Cuna de extracción teflonizada
- Gancho de la cuna
- Reboiler
- Tiras de pH

## 7.0 Reactivos

- Agua destilada.
- Ácido Sulfúrico.
- n-Hexano
- Ácido Clorhídrico.
- Solución estándar mixta de Aceites y grasas en Alcohol Isopropílico.
- Agua desionizada

### 7.1. Preparación de soluciones:

- Para preparar 1 litro de solución ácida 1+1 o similar aplicando las proporciones: Mida en un cilindro graduado 300 ml de agua destilada y lleve a un matraz aforado de 1000 ml, luego mida 500 ml de ácido concentrado calidad ACS en un cilindro graduado y adicione lentamente y bajo una campana de extracción de gases, finalmente enrase hasta 1000 ml con agua destilada.

### 7.2 Preparación de solución estándar mixta de aceites y grasas en alcohol isopropílico:

- Para preparar 10 ml del estándar Mixto 100.000 mg/l o su equivalente: Pese 0.5 gr de Aceite Mineral y 0.5 gr de Aceite de Maíz en un matraz aforado de 10 ml, registre en el formato FPG6.4-10 R01, adicione alcohol isopropílico (destile si es necesario) poco a poco agitando para disolver el aceite, acidifique y luego diluir hasta la marca de 10 ml, tape, homogenice. Transfiera esta solución a un vial con tapa y coloque una etiqueta indicando su concentración y fecha. Almacene bajo refrigeración o al ambiente.

### 7.3 Preparación de solución estándar

---

- **Solución estándar 30mg/l:**  
Se tomará una alícuota de 75ug de la solución patrón de aceites y grasas y llevar a un volumen de 250ml
- **Solución estándar de 70mg/l:**  
Se tomará una alícuota de 175ug de la solución patrón de aceites y grasas y llevar a un volumen de 250ml

## 8.0 Operaciones previas

### 8.1. Limpieza del material de vidrio

Los materiales utilizados para el análisis de sulfatos, debe ser realizado según lo descrito en el Instructivo de Lavado de Material IG-1.1. Se sugiere la utilización de desengrasante para el lavado.

Los reboilers deben estar limpios, secos y identificados (siempre los toque usando guantes para evitar transferencia de masa.

Póngalos en una estufa a 105°C por 1 hora y después en desecador por el mínimo de 30 minutos (esa etapa puede ser realizada en el día anterior, dejando los reboilers dentro del desecador por la noche)

### 8.2. Identificación, manipulación, transporte, almacenamiento y preparación de las muestras

Como referencia para la identificación, manipulación, transporte y almacenamiento de las muestras, se ha tomado en consideración los criterios establecidos en el siguiente documento: PG 5.8 Manejo de Objetos de Ensayo, IG-1.2 Desechos de muestras.

Para este análisis se recomienda tomar una alícuota de 500 mL que sea envasada en recipiente de plástico o vidrio. En el caso que la muestra no se analiza el mismo día, según la Norma técnica ecuatoriana para el manejo y conservación de las muestras (NTE INEN 2169) se puede preservar hasta un mes, y deben estar acidificadas a pH 1 - 2 con HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Deben ser almacenadas entre 2 a 4°C.

#### 8.2.1 Pretratamiento de la muestra:

Se recomienda antes de su análisis, filtrar 250ml de muestra:

- Si la muestra no fue acidificada, hágalo antes de ser analizada.
  - Prepare el sistema de filtración comprendido de kitassato + embudo de buchner + bomba de vacío.
  - En el embudo de buchner colocar el papel filtro, encienda la bomba de vacío y con una piseta, ponga pequeñas porciones de agua destilada de manera a
-

humedecer el filtro y garantizar que esta se queda pegada al fondo del embudo.

- Haga la filtración la muestra (con la bomba encendida), distribuyéndola por toda la extensión del filtro- cuidado para no llenar el embudo pues la muestra no debe tocar las paredes del embudo que no están cubiertas por el filtro.
- Después de filtrar toda la muestra, con una pinza remueva todo el contenido del embudo haciendo pliegues de forma que todo eso conjunto encaje dentro del cartucho de celulosa.
- Ponga el conjunto cartucho + filtro en la estufa a 103°C y haga secado por 20-30 minutos para quitar el agua del conjunto.
- Después de seco y frio, haga la extracción conforme al descrito en la etapa **9.0**

### **8.3. Criterios de aceptación de las muestras**

- Se rechazarán muestras que cuyo recipiente de vidrio muestre fracturas o que no se encuentren perfectamente cerradas, porque su concentración real se verá afectada.
- Se rechazarán muestras que hayan sido rebosadas al ser colectadas.
- Se deber refrigerar a una temperatura entre 1-5 °C.
- Las muestras deben estar debidamente rotuladas, esto incluye: identificación de la muestra, lugar de toma de muestra, fecha, hora y otros datos que se consideren importantes del muestreo.

### **8.4. Control de condiciones ambientales**

Las condiciones del laboratorio deben encontrarse a una temperatura aproximada de 20 °C a 35 °C y una humedad relativa entre 25 a 80%. Se anotarán en el Registro de Condiciones Ambientales F PG 6.3-01.

### **8.5. Preparación de los equipos**

#### **Balanza analítica**

- Conectar y prender el equipo EQ-02 una hora antes de la realización del ensayo.
  - Tomar la lectura para registrarla en el formato de verificación de la balanza **F IE 1.2-01**
  - Tarar el equipo para comenzar a pesar.
-



### **Extractor de Goldfish**

- Conectar y prender el equipo EQ-31 cuando este todo el material armado.
- Ajustar la temperatura de acuerdo a las etapas del procedimiento.

## **9.0 Procedimiento**

### **Extracción**

- En una balanza analítica, pese los reboilers limpios y secos (esa masa deberá ser anotada y llamada  $m_r$ )
- En los cestos (9) o cuna de extracción teflonizada, acomode los cartuchos con las muestras, preparados en la etapa correspondiente **8.2.2**
- Posicione los conjuntos de cartucho + cesto y los ganchos (5), bloqueando la barra en la parte superior (3).
- En un reboiler, ponga 100 mL de solvente y sosteniendo el tubo recuperador (4) con una de las manos, encaje la conexión del reboiler (18) en la conexión del tubo recuperador (6), suelte el bloque superior (2) y cuidadosamente baje el conjunto hasta el bloque calentador, realice esta operación individualmente para todos los reboilers.
- Encienda el equipo y ajuste la temperatura para cerca de 20°C arriba de la ebullición del solvente utilizado (n-Hexano – ebullición a 68°C- ajuste el boque para 90°C).
- Suelte el bloque de la barra (3) bajando lentamente el cesto de la muestra (9), hasta que él se quede sumergido en el solvente y fije la barra en esta posición.
- El tiempo de extracción por sumersión es de 1 hora hasta 1 hora e media, en función del tipo de muestra;

### **Lavado**

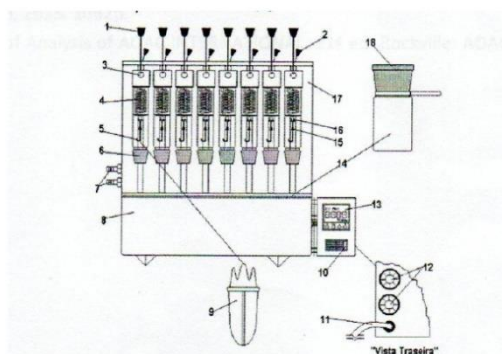
- al final de la extracción por sumersión, suba la temperatura para cerca de 60°C arriba de la ebullición del solvente.
- Suelte el bloque de la barra (3) y eleve los cestos de muestra (9) hasta una posición por 40 minutos (mínimo)

### **Recuperado**

- al final de ese tiempo, sosteniendo la barra con una de las manos, suelte su bloqueo y fije la barra arriba de manera que la tapita del teflón (15) cierre la salida de solvente recuperado- fije la barra en esta posición.
  - La recuperación será ejecutada, quedándose la grasa en el reboiler y el solvente en el tubo recuperador.
-

- Con guantes, quite los reboilers del bloque, póngalos en una estufa con circulación y renovación de aire a 70-80°C para la total evaporación del solvente.
- En cuanto a los reboilers secados en la estufa, ajuste la temperatura del bloque nuevamente para la temperatura de extracción; apague el bloque y recupere el solvente.
- Encaje una probeta de 100 mL/ recipiente abajo del tubo recuperador y suelte la barra permitiendo recuperar dicho solvente (este solvente recuperado debe ser envasado en un frasco de hexano identificado como hexano recuperado).
- Volviendo a los reboilers, después del tiempo de secado, póngalos en un desecador, aguarde 30 minutos (mínimo) y haga el pesado de ellos- la diferencia de peso inicial y final del reboilers será el grado de grasa.
- Esa masa deberá ser anotada y llamada  $m_{r+o}$ .

Nota. -Anotar los pesos en el formato F PE 1.12 R02 y realice los cálculos respectivamente.



Dibujo 1: Dibujo esquemático del equipo con sus piezas enumeradas.

### 10.0 Cálculos

Una vez realizado el análisis, los resultados se obtendrán a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de aceite (mg/l)} = \frac{(m_{r+o} - m_r) * 10^6}{V}$$

- V: volumen de muestra utilizado inicialmente, en mililitro.
- $m_r$ : masa del reboiler limpio y seco, en gramos.
- $m_{r+o}$ : masa de reboiler + oleo después de la extracción y secado, en gramos.
- $10^6$ : Se multiplica por 1'000000 para convertir los g. en mg y los ml en L.

## 11.0 Reporte de resultados

### 11.1. Toma de datos

Todos los datos necesarios, para la identificación de la muestra y sus resultados se reportarán en la hoja de datos de análisis del área de aguas, según F PE 1.12. R02

### 11.2. Criterios para reporte de Resultados.

- Se reportará los resultados hasta con una cifra decimal y en unidades de concentración de mg/L.

### 11.3 Calculo de incertidumbre

La incertidumbre expandida relativa  $U_{Avg}$  del método es la siguiente:

En el rango de 10 a 30 mg/L es del 27 %

En el rango >30 hasta 250 mg/L es del 14 %

### 11.4 Criterios de aceptación y rechazo de los resultados

Se aceptarán los resultados del lote de muestras, cuando por lo menos tres de los controles de calidad QC indicados en el punto 12.0 de este procedimiento estén dentro de los rangos de aceptación, en caso de no cumplir con los criterios establecidos se rechaza los resultados del lote y se vuelve a repetir el análisis.

## 12.0 Precisión y exactitud.

### 12.1. Batch o lote de análisis:

Cada lote de muestras estará compuesto por 1 a 10 muestras y debe incluir los siguientes controles de calidad:

QC1: Duplicado de muestras, de cada lote de muestras se escogerá una muestra al azar para ensayarla por duplicado.

QC2: Patrón o Standard. Por cada lote de muestras se correrá un Standard

QC3: Se realizará un blanco por cada lote de muestra para las respectivas correcciones y cada vez que se abra una botella nueva de hexano o se utilice hexano recuperado se analizará un blanco, se aceptará como resultado de blanco < 2.5 mg/L, caso contrario realice acciones inmediatas correctivas como realizar una mejor limpieza del material utilizado en la extracción y destilación, bidestilar el hexano recuperado, solicitar el cambio del hexano al proveedor. Respecto al blanco de botellas se aplica el mismo criterio

### 12.2. QC 1: Control de precisión (duplicado)

La diferencia de los duplicados % RPD

$$\%RPD = 100 * \frac{D_1 - D_2}{D}$$

---

La diferencia de los duplicados % RPD

% RPD  $\leq$  15% en todos los niveles

Existe una carta de control para duplicados de muestras FPG7.7-04 donde se grafica el duplicado de cada lote de muestras.

### 12.3. QC 2: Control de veracidad QC 2 (Patrón)

Los estándares de aceites y grasas tiene como criterio de aceptación, límites de advertencia con  $\bar{x} \pm 2 S$  y límites de control  $\bar{x} \pm 3 S$ .

Rango	Estándar	$\bar{x}$	S
10-30	30 mg/L	30 mg/L	6 mg/L
30-250	70mg/L	70 mg/L	10 mg/L

Existe una carta de control de la veracidad es la F PG7.7-01, donde se grafica los resultados del estándar.

La carta de control se grafica como media el valor teórico del patrón, y se toma como desviación estándar el 15% del valor medio, dividido para 3 para poder determinar los límites de advertencia con  $\bar{x} \pm 2 S$  y límites de control  $\bar{x} \pm 3 S$ .

### 12.4. Control de Calidad Externo

Se realizará con la participación regular en ejercicios de intercomparación, los cuales están incluidos en el Plan de Control de Calidad del año en curso.

### 13.0 Anexos

NO APLICA

### 14.0 Registros

REGISTRO	RESPONSABLE	INDEXACIÓN	ACCESO	UBICACIÓN	SOPORTE	TIEMPO DE VIGENCIA
F PE 1.12 R02 Hoja de Trabajo de Aceite y Grasas	AN	Por Fecha	JL/ AN/ RC/ AC	Cuadernillo Hojas de Trabajo de ensayos	Físico	Anual
F PG7.7-01 Hoja de Carta Control de estándar	AN	Por Fecha	JL/ AN/ RC/ AC	Carpeta Hojas de Trabajo de ensayos	Digital	Anual
F PG7.7-04 Hoja de Carta Control de Duplicado	AN	Por Fecha	JL/ AN/ RC/ AC	Carpeta Hojas de Trabajo de ensayos	Digital	Anual

## 7.2 Anexo 2

### Documentos de procedimiento proporcionados por laboratorio. Determinación de DBO<sub>5</sub>:

#### 1.0 Alcance y aplicación

##### 1.1 Tipo muestras

Este método es aplicable al análisis de distintos tipos de aguas, como: aguas naturales, aguas municipales, industriales y residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores.

##### 1.2 Rango de trabajo

El intervalo de trabajo será entre 10 – 3000 mg/l de DBO<sub>5</sub>.

#### 2.0 Referencias

#### 3.0 Interferencias –

Los resultados pueden estar influenciados por la presencia de diversas sustancias. Valores extremos de pH y las sustancias tóxicas utilizadas frente a los microorganismos como por ejemplo bactericidas, metales tóxicos o cloro libre los que pueden inhibir la oxidación bioquímica de la materia orgánica. La presencia de algas o de microorganismos nitrificantes puede producir resultados elevados. Para este efecto el método contempla el uso de inhibidores de nitrificación y el pretratamiento de las muestras antes del análisis.

#### 4.0 General

##### 4.1. Definiciones

**DBO:** La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un bioensayo, que mide la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos en sus procesos metabólicos, necesaria para degradar la materia orgánica presente en la muestra.

**OD:** Oxígeno Disuelto

**Nitrificación:** La mayoría de los fluidos residuales contienen bacterias que consumen el nitrógeno que contienen la materia orgánica e inorgánica. El amoníaco es un ejemplo de un material inorgánico consumido por las bacterias nitrificantes (es decir, bacterias que convierten el nitrógeno contenido en la materia a nitrito y nitrato).

**Blancos.** El propósito de los blancos es indicar la ausencia de: (1) contaminación de agua de dilución o mal lavado del material para el ensayo, (2) determinar la cantidad de semilla correcta para la inoculación de las muestras, (3) los blancos de semilla se utilizan para sacar el factor de corrección por inculo, y (4) otras fuentes de error que no puede ser relacionados con las mismas muestras. En estos cálculos no se hace corrección por el OD consumido por el blanco de agua de dilución durante la incubación. Si el agua de dilución no cumple el criterio de aceptación, los resultados serán cuestionables, pero no rechazados.

**Estándares:** El objetivo principal de analizar un chequeo con un DBO<sub>5</sub> estándar, ya sea de glucosa y ácido glutámico, o algún otro material, es determinar si la técnica y todo lo que encierra el ensayo es el correcto como control de calidad, además si la semilla utilizada por el laboratorio es lo suficientemente potente para la prueba de DBO<sub>5</sub>. Si la media (promedio) después de varios análisis de valor de la glucosa y de

ácido glutámico es significativamente menor que 198 mg/L, una semilla más fuerte es o necesaria. Si la media es considerablemente mayor que 198 mg/L, una semilla más débil se indica.

#### 4.2. Principio del método.

La prueba de la DBO<sub>5</sub> es un procedimiento experimental, tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica biodegradable presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días.

La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida por el electrodo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la DBO. Esto mide la materia orgánica biodegradable, expresada en mg O<sub>2</sub>/L.

Hay una cantidad limitada de oxígeno que se disuelve en la muestra (alrededor de 9 mg/L y dependiendo de la temperatura), por lo tanto el agua de dilución se prepara con nutrientes minerales tamponados agregados al agua destilada. La prueba no determina la cantidad total de materia orgánica, ya que muchos de los compuestos no se descomponen por reacciones biológicas y bioquímicas en las condiciones establecidas como es el caso de la nitrificación que ocurre después de los 5 días.

#### 5.0 Equipos y materiales

##### 6.1. Equipos

Nombre del equipo	Código del equipo
Incubadora	EQ-03
Medidor portátil HQ40d	EQ-01-00
Sonda o electrodo LDO	EQ-01-02
Bomba aireadora	EQ-09

##### 6.2. Materiales

- Botellas de incubación para DBO<sub>5</sub>, de 300 mL de capacidad, con tapa.
  - Frascos grandes o baldes (2 - 5 litros) para la preparación del agua de dilución y el llenado de las botellas de DBO<sub>5</sub>. Un recipiente de vidrio o plástico lo suficientemente grande como para suministrar toda el agua de dilución de un determinado lote de muestras debe ser utilizado como el depósito de agua de dilución.
  - Pipetas terminales de 5 y 10 ml.
  - Fiolas de 500 ml.
  - Beakers.
  - Pipetas volumétricas de 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 10, 25, 50 y 100 ml.
  - Barras magnéticas.
  - Tapones de algodón o plástico.
-

- Manipulador o pera de succión.

## 6.0 Reactivos

- Agua destilada.
- Glucosa.- Grado reactivo analítico.
- Ácido glutámico.- Grado reactivo analítico.
- **Medio mineral (Nutrientes):** Utilice los cojinetes HACH para preparación de medio mineral.

El medio mineral también puede ser preparado como se describe a continuación:

Fosfato diácido de potasio,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ .....8,50 g  
 Fosfato ácido de potasio,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ .....21,75 g  
 Fosfato ácido de sodio dihidrato,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .....33,40 g

Cloruro de amonio,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....1,70 g  
 Disolver en agua y completar hasta 1 litro.

El pH de la solución debe ser 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descartar este o cualquiera de los otros reactivos.

Cloruro de calcio dihidrato,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ..... 36,40 g  
 Disolver en agua y completar hasta 1 litro.

Sulfato de magnesio heptahidratado,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ .....22,50 g  
 Disolver en agua y completar hasta 1 litro.

Cloruro férrico hexahidratado,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ .....0,25 g  
 Disolver en agua y completar hasta 1 litro.

Agregar un ml de cada una de estas soluciones por cada litro de agua de ósmosis.

- **Soluciones ácida y alcalina:** Ácido sulfúrico 1 N o Hidróxido de sodio 1N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas.
- **Solución de sulfito de sodio:** Disolver 1,575 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  en 1000 mL de agua destilada. Esta solución no es estable y se debe preparar diariamente. Esta solución se usa en muestras que tenga valores altos de cloro.
- **Inhibidor de nitrificación.-** 2-cloro-6-(triclorometil) piridina, para CBOD.
- **Solución de cloruro de amonio.-** Disolver 1,15 g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en 500 mL de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de NaOH, y diluir a 1 L. La solución contiene 0,3 mg de N/mL.
- **Inoculo.-** semilla o inoculo natural proveniente de aguas residuales domésticas.
- **Preparación de Semillas**

**Preparación de la semilla agua residual domestica**



Es necesario tener presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable de la muestra.

Las aguas residuales domésticas, no cloradas o efluentes sin aplicación de cloro, plantas de tratamiento de aguas residuales biológicas y aguas superficiales que reciben descargas de aguas residuales contienen poblaciones microbianas satisfactorias.

Algunas muestras no contienen una población microbiana suficiente (por ejemplo, algunos residuos industriales no tratados, residuos desinfectados, desechos de alta temperatura, o residuos con valores extremos de pH). Para estas aguas residuales utilicen agua de dilución sembrada o adicione a la muestra una población de micro organismos.

El material de semilla de bacterias, debe recogerse con una hora de anticipación, para colocarlo en la incubadora a  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , recoger el líquido sobrenadante y agitar antes de su uso.

No utilizar la semilla después de 36 horas de almacenamiento.

- **Preparación del Estándar.**

Solución de glucosa-ácido glutámico: Secar a  $103^{\circ}\text{C}$  aproximadamente por 1 h la glucosa y el ácido glutámico. Disolver 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluir a 1 L. Preparar inmediatamente antes de su uso si se deja en refrigeración puede durar 15 días. No preservar.

- **Preparación del agua de dilución.**

Para la preparación utilice los cojinetes de buffer nutritivo HACH o las soluciones buffer. Calcule la cantidad a preparar de acuerdo al número de botellas a usar en el ensayo. Cada cojinete sirve para preparar 300 ml de medio mineral. Prepare disolviendo los cojinetes en la cantidad requerida de agua en las botellas de 2–5 L mencionadas arriba. Si se utilizan las soluciones buffer colocar 1 ml de cada una para cada litro de agua.

Mantenga el agua de dilución aireando y tapada con plástico o algodón a las condiciones ambientales del laboratorio.

#### **Pre-tratamiento de la muestra.**

Homogenización: Homogenice las muestras previo al análisis.

Temperatura: Lleve el lote analítico de muestras incluyendo las de control, a una temperatura entre  $20^{\circ}\text{C}$  a  $35^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa entre 25 a 80%. Registre estas condiciones, siguiendo la sistemática del apartado 8.3

Ajuste del pH: Registre el pH inicial de la muestra. Debe estar en el rango de 6 a 8. Ajuste a 7 – 7.2 con Ácido sulfúrico 1 N o Hidróxido de sodio 1N, para neutralización de muestras ácidas o alcalinas.

Desinfección con cloro: Si es necesario, el cloro residual es destruido mediante la adición de la solución de sulfito de sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ).

Otras sustancias tóxicas: Las muestras de aguas residuales provenientes de industrias, por ejemplo, electroquímicas, contienen metales tóxicos. Estas muestras

requieren de estudios especiales y deben ser tratadas antes de medirles la DBO<sub>5</sub> con el método de las diluciones se resuelve esta interferencia.

Muestras Sobresaturadas: La sobresaturación puede resultar cuando la muestra se ha agitado con fuerza justo antes de la lectura de OD sin dar oportunidad a que las burbujas de aire en la muestra se escapen, o cuando la muestra está experimentando fotosíntesis.

Inhibición de la nitrificación: Si se determinara la DBO<sub>5</sub> carbonacea (CBOD<sub>5</sub>) en lugar de DBO<sub>5</sub>, es necesario inhibir las bacterias nitrificantes presentes en la muestra y / o semillas. Esto se hace mediante la adición de 2-cloro-6-(metil-tricloro) piridina (TCMP). Agregue 0.16 gramos de TCMP a cada botella.

• .

### 8.1. Preparación de los equipos

- Prenda la incubadora con 24 horas de anticipación, para que esta se establezca y para mantener el material preparado a  $20 \pm 1$  °C.
- Verifique el funcionamiento del equipo EQ-01-00 y su sonda EQ-01-02
- Preparar el agua de dilución aireada como mínimo 30 minutos antes de su utilización

### 7.0 Procedimiento

Separe y rotule las botellas de la siguiente manera:

	# de botellas	Sustancia	Inoculo	Rotulo
<b>Blanco -1 control/agua dilución</b>	1	Medio mineral	No	B -1+ fecha
<b>Blanco -2 control/agua dilución inoculada</b>	1	Medio mineral	0.5 a 2 ml semilla de agua residual domestica	B-2 + fecha
<b>Blanco -3 inoculo</b>	1	Medio mineral	5 a 25 ml semilla de agua residual domestica	B-3 + fecha
<b>Blanco -4 Estándar</b>	1	Medio mineral + estándar	0.5 a 2 ml semilla de agua residual domestica	B-4 + fecha
<b>Muestras</b>	2 dilución/ dos por muestra	Medio mineral + muestra	0.5 a 2 ml semilla de agua residual domestica	Código de la Muestra + fecha

### 9.1. Técnica de dilución.

Los resultados más acertados se obtienen con diluciones de muestra en las que los valores de OD residual son por lo menos 1 mg/L y un consumo de OD de por lo menos 2 mg/L después de los 5 días de incubación.

La experiencia con muestras de diferente origen permiten optimizar el número de diluciones requeridas; la correlación de la DQO con la DBO puede constituir una guía efectiva para la selección de las diluciones más convenientes.

Si no se dispone de esta metodología, se pueden emplear las diluciones de 0,01 a 1,0 % para efluentes líquidos industriales, 5 % efluentes industriales no tratados y decantados, 5 a 25 % para efluentes con tratamiento secundario o biológico, y 25 a 100 % para corrientes contaminadas.

Es recomendable realizar primero la determinación de la DQO para tener un mejor criterio para determinar la dilución del análisis, también se puede obtener datos del origen de las muestras.

Diluciones de DBO <sub>5</sub>			
Muestra (ml) añadido a 300ml de una botella de DBO.	DBO <sub>5</sub> mínimo esperado.	Rango máximo (mg/L)	Factor de Dilución
0.5	1,200	3,400	600
1	630	1,800	300
2	210	560	150
5	105	280	60
10	70	187	30
25	26	70	12
50	11	28	6
100	8	22	3
150	4	12	2
300	2	6	1

Se hacen diluciones, cuando la muestra de agua residual, se encuentra exenta de oxígeno disuelto, pero cuando la presencia de oxígeno está en el orden de 3 – 8 ppm ó mg/l, no es necesaria la dilución, es factible sembrar directamente la muestra.

En las muestras de agua naturales no contaminadas no son necesarias las diluciones, por cuanto estas son ricas en oxígeno disuelto.

Las muestras deben mezclarse en forma homogénea, para evitar la pérdida de sólidos, sin producir aireación

Antes de empezar diluciones, las muestras deben estar aclimatadas a una a las condiciones generales del laboratorio, como se describe en el apartado 8.2 y 8.3

## 9.2. Diluciones preparadas directamente en las botellas

Prepare las diluciones directamente en las botellas DBO<sub>5</sub>. Con una pipeta volumétrica agregue el volumen de muestra deseado en las botellas para DBO<sub>5</sub> y la semilla/inoculo; luego llene las botellas con suficiente agua de dilución, tape y agite

suavemente invirtiendo la botella de arriba hacia abajo y evitando el ingreso de burbujas de aire.

Determine y Registre el OD inicial de cada botella, se tapa herméticamente con sello de agua, y se incuba por 5 días a 20°C. Enjuague el electrodo entre determinaciones para prevenir la contaminación cruzada de las muestras.

Para diluciones mayores de 0.5:300 hacer una dilución preliminar en un matraz aforado de 100 ml antes de hacer la dilución final en la botella.

**9.3. QC 1: Blanco del agua de dilución (Blanco -1)**

Llenar completamente 1 botella con el agua de dilución, para control de la calidad del agua de la misma y de la limpieza de los frascos de incubación. Determinar el oxígeno disuelto inicial

**9.4. QC 2: Blanco inoculado (Blanco -2)**

Se adiciona el volumen de semilla seleccionado en cada botella y llenar completamente con el agua de dilución hasta completar los 300 ml. Determinar el oxígeno disuelto inicial

**9.5. QC 3: Control de la semilla (Blanco-3)**

Determinar la DBO<sub>5</sub> del material inoculante como si se tratara de una muestra.

Agite suavemente la semilla y tome cualquiera de las alícuotas de 15, 20, 25 y 30 ml.

Coloque los volúmenes en las botellas de DBO<sub>5</sub> y agregue agua de dilución hasta llenar las botellas. Determinar el oxígeno disuelto inicial

**9.6. QC 4: Solución de Glucosa + Acido Glutámico (Blanco-4)**

Prepare la solución de glucosa y acido glutámico de acuerdo al apartado 7.11.

Llenar 1 botella con agua de dilución aproximadamente las 2 terceras partes, agregar la semilla y 6 ml de la solución de G/GA de Glucosa + Acido Glutámico a 2 botellas de DBO.

Determinar el oxígeno disuelto inicial.

**9.7. QC 5: Duplicado de la Muestra**

Preparar un duplicado de cualquiera de las muestras que comprendan un lote de 1 o 20 muestras y determine su oxígeno disuelto inicial.

**9.8. Inoculación.**

Semilla Agua residual: Agregue de 0.5 a 2 ml de inculo de agua residual domestica a cada botella de DBO<sub>5</sub> que contenga la muestra, el blanco inoculado y el estándar.

Se inocula en el caso de muestras desconocidas, residuales industriales, ríos, esteros contaminados, que no tengan suficiente cantidad de bacterias, para degradar su materia orgánica

**9.9. Determinación del OD inicial**

Si la muestra contiene materiales que reaccionan rápidamente con OD, determinar el OD inicial inmediatamente

Después de llenar la botella de DBO con la muestra diluida. Si la absorción del OD inicial es insignificante, el tiempo de periodo entre la preparación de la dilución y la medición de OD inicial no es crítico, pero no debe exceder de 30 minutos.

#### 9.10. Incubación.

Incuba las botellas de los blancos, del control de la semilla, estándar y las muestras a  $20 \pm 1^\circ\text{C}$  en la incubadora.

Para evitar la entrada de aire en la botella de dilución durante la incubación, se debe utilizar un sello de agua, que se puede lograr satisfactoriamente invirtiendo las botellas en un baño de agua o adicionando agua en el reborde cóncavo de la boca de las botellas especiales para la DBO<sub>5</sub>. Además, coloque una copa de papel, plástica o un capuchón metálico sobre la boca de la botella para reducir la evaporación del sello de agua durante la incubación.

#### 9.11. Determinación del OD final.

Determine el OD en las muestras diluidas, el control de la semilla, los blancos y el estándar o patrón después de 5 días de incubación. Registre el OD final de cada botella.

Para ser una prueba válida para una botella de DBO, la incubación debe dar lugar a una deflexión de OD de al menos 2,0 mg/L, con un mínimo de 1,0 mg/L al final del periodo de incubación.

### 8.0 Cálculos

#### 10.1. Cálculos de la DBO<sub>5</sub>.

$$DBO_5 \text{ mg/l} = \frac{(D_1 - D_2) - (S)V_s}{P}$$

Dónde:

**D<sub>1</sub>** = OD inicial en mg/L.

**D<sub>2</sub>** = OD Final en mg/L.

**S**= La captación o deflexión de Oxígeno en el control de la semilla. Delta OD/ml, volumen de semilla en el control (S=0, si no se agrega semilla a las muestras).

**V<sub>s</sub>**= Volumen de semilla en ml, agregada a cada botella en el análisis

**P** = fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada; 1/P=factor de dilución,

### 9.0 Reporte de resultados

#### 11.1. Toma de datos

Todos los datos necesarios, para la identificación de la muestra y sus resultados se reportarán en la hoja de datos de análisis del área de aguas, según F PE 1.3-01.

#### 11.2. Criterios para reporte de Resultados.

- Si tenemos resultados en las 2 diluciones se reportará la mayor dilución.
- En el caso del duplicado se reportará el primer valor
- Se expresan en mg/L.

- Se reporta en números enteros con un decimal
- Si se ha inhibido la nitrificación, reportar los resultados como CDBO<sub>5</sub>.

### 7.3 Registro Fotográfico

Ilustración 29: Código ANXNG001



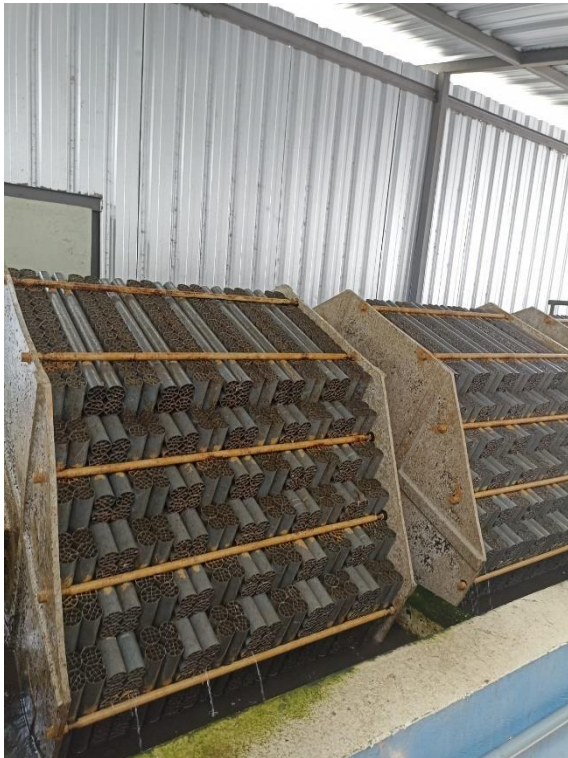
Elaborado por: García, N. (2024).

Ilustración 30: Código ANXNG002



Elaborado por: García, N. (2024).

**Ilustración 31: Código ANXNG003**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 32: Código ANXNG004**



**Elaborado por: García, N. (2024).**



**Ilustración 33: Código ANXNG005**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 34: Código ANXNG006**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 35: Código ANXNG007**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 36: Código ANXNG008**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

**Ilustración 37: Código ANXNG009**



**Elaborado por: García, N. (2024).**

## 7.4 Resultados de Laboratorio - Ensayos de Calidad de Agua

### 7.4.1 Informe de Muestras Entrada de PTARD



INFORME DE RESULTADOS							No.001-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/01/29 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> <b>Dirección :</b> Av. Samborondón <b>Solicitado por :</b> Nalleli Garcia		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Simple <b>Identificación de la muestra :</b> ENTRADA URB. EL CONDADO SECTOR 2 (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2024/01/18 <b>Responsable toma de muestra :</b> Muestra entregada por el cliente <b>Hora :</b> 14:00pm <b>Fecha de Ingreso :</b> 2024/01/18					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2024/01/18 <b>T°C :</b> 28,2 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2024/01/26 <b>%H :</b> 63,5							
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	88	9%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	18,10	13%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	103	8%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130	
*Nitrógeno Total kjeldahl ( NT)	mg/l	7,84	--	SM 4500-N Determinación de Nitrógeno Kjeldahl	PE 1.33	50	
Aceites y Grasas	mg/l	26,00	27%	Standards methods 5520 D Extracción por Goldfish	PE 1.32	30	
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	350X 10 <sup>3</sup>	--	Standard Methods 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	



Firmado digitalmente por:  
 MARIO ARTURO  
 MARQUEZ GALLEGOS

Ing. Mario Márquez  
 Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
- No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
- Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
- INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
- Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE (Cuando aplique)

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION: LDQ
---------------	-------------------------------

## 7.4.2 Informe de Muestras Salida de PTARD



INFORME DE RESULTADOS							No.0002-24
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 2024/01/29 <b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b> <b>Empresa :</b> <b>Dirección :</b> Av. Samborondon <b>Solicitado por :</b> Nalleli Garcia		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b> <b>Tipo de Muestra :</b> Simple <b>Identificación de la muestra :</b> SALIDA URB. EL CONDADO SECTOR 2 (Agua residual) <b>Norma técnica de muestreo :</b> INEN 2169/2176:2013 <b>Fecha de Toma :</b> 2024/01/18 <b>Responsable toma de muestra :</b> Muestra entregada por el cliente <b>Hora :</b> 14:00pm <b>Fecha de Ingreso :</b> 2024/01/18					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b> <b>F.Inicio del Análisis :</b> 2024/01/18 <b>T°C :</b> 28,2 <b>F.Fin del Análisis :</b> 2024/01/26 <b>%H :</b> 63,5							
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Limites de referencia	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	39	9%	SM 5220 D PE 1.4	PE 1.4	200	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	7,90	13%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/l	0	19%	Standards methods – Método gravimétrico	PE 1.8	130	
*Nitrógeno Total kjeldahl ( NT)	mg/l	2,80	--	SM 4500-N Determinación de Nitrógeno Kjeldahl	PE 1.33	50	
Aceites y Grasas	mg/l	12,80	27%	Standards methods 5520 D Extracción por Goldfish	PE 1.32	30	
*Coliformes Fecales	NMP/100ml	79X 10 <sup>2</sup>	--	Standard Methonds 9221E, 9221C, 9223 B (Tubos múltiples)	PE 1.23	2.000	



Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
- No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
- Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
- INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
- Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I – Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente
- Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE (Cuando aplique)

(U\*) Incertidumbre de medida

NO APLICA: --	LIMITE DE CUANTIFICACION:	LDQ
---------------	---------------------------	-----