



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

TEMA:

**Efectos de la descarga de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
domésticas sobre la calidad del río Daule.**

AUTORES:

Flores Solorzano, Glenn Andrés
Verduga Mayorga, Galo Alfonso

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL

TUTOR:

Glas Cevallos, Clara Catalina

Guayaquil, Ecuador

5 de septiembre del 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Flores Solorzano, Glenn Andrés y Verduga Mayorga, Galo Alfonso** como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTORA

 Firmado electrónicamente por:
CLARA CATALINA GLAS
CEVALLOS
f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, M.Sc

DIRECTOR DE LA CARRERA

 Firmado electrónicamente por:
STEFANY ESTHER
ALCIVAR BASTIDAS
f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, M.Sc

Guayaquil, a los 05 del mes de septiembre del año 2024



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Flores Solorzano, Glenn Andrés y Verduga Mayorga, Galo Alfonso**


DECLARAMOS QUE:

El Trabajo de Titulación, **Efectos de la descarga de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas sobre la calidad del río Daule**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

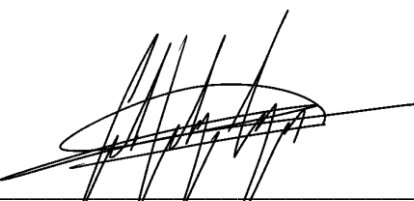
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 05 del mes de septiembre del año 2024

AUTORES

f. 

Flores Solorzano, Glenn Andrés

f. 

Verduga Mayorga, Galo Alfonso



**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

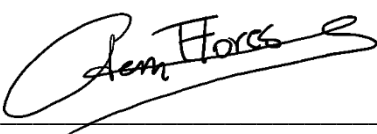
AUTORIZACIÓN

Yo, Flores Solorzano, Glenn Andrés y Verduga Mayorga, Galo Alfonso

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, **Efectos de la descarga de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas sobre la calidad del río Daule**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 05 del mes de septiembre del año 2024

AUTORES:

f. 
Flores Solorzano, Glenn Andrés

f. 
Verduga Mayorga, Galo Alfonso



TESIS FLORES, VERDUGA

9%
Textos sospechosos



3% Similitudes
1% similitudes entre comillas
< 1% entre las fuentes mencionadas
2% Idiomas no reconocidos
4% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: TESIS FLORES, VERDUGA.pdf
ID del documento: 671c713c26fe2ee19fc4de2fa70bae4c263e4d8b
Tamaño del documento original: 3,28 MB
Autores: []

Depositante: Clara Catalina Glas Cevallos
Fecha de depósito: 30/8/2024
Tipo de carga: Interface
fecha de fin de análisis: 30/8/2024

Número de palabras: 13.843
Número de caracteres: 97.269

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16598/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-384.pdf 40 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (438 palabras)
2	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16598/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-384.pdf 26 fuentes similares	3%		Palabras idénticas: 3% (407 palabras)
3	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/10196/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-249.pdf 27 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (303 palabras)
4	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/20820/1/T-UCSG-PRE-ING-IC-480.pdf 27 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (258 palabras)
5	repositorio.ucsg.edu.ec http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/7664/3/T-UCSG-PRE-ING-IC-185.pdf 28 fuentes similares	2%		Palabras idénticas: 2% (247 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.ug.edu.ec http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/vedug/12881/3/TESIS_MGA_007_Propuesta_de_rehabilitacion...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (36 palabras)
2	dSPACE.espol.edu.ec https://dSPACE.espol.edu.ec/bitstream/123456789/24956/1/Tesis_Augusta_Jimenez.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)
3	dSPACE.ups.edu.ec https://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21289/1/UJPS - T15545.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (28 palabras)
4	repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/7081/1/UPSE-MPE-2022-0004.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (25 palabras)
5	repositorio.upn.edu.pe https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/31598/Ponte_Huaman_Rosa_Angelica_-_Prado...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (24 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca>
- <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats>
- <https://es.hach.com/parameters/solids>
- <https://hannalnst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/que-es-la-turbidez/>
- <https://hannalnst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/la-guia-completa-para>



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**



Firmado electrónicamente por:
CLARA CATALINA GLAS
CEVALLOS

f. _____

Ing. Glas Cevallos, Clara Catalina, M.Sc
TUTOR

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Firmado electrónicamente por:
STEFANY ESTHER
ALCIVAR BASTIDAS

f. _____

Ing. Alcívar Bastidas, Stefany Esther, M.Sc
DIRECTORA



Firmado electrónicamente por:
COLON GILBERTO
MARTINEZ REHPANI

f. _____

Ing. Martínez Rehpani, Gilberto Colón, M.Sc
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Ing. Camacho Monar, Mélida Alexandra Ph.D.
OPONENTE

ÍNDICE

Introducción	2
Antecedentes	2
Objetivos	2
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.....	3
Capítulo 1. Marco Teórico	4
1.1 Contaminación del agua.....	4
1.1.1 Fuentes de descarga hacia ríos	4
1.1.2 Aguas servidas	5
1.2 Parámetros de calidad del agua.....	6
- Parámetros físicos	7
- Parámetros químicos	9
- Parámetros micro bacteriológicos.....	15
Tratamiento de Aguas Residuales.....	15
- Tratamientos Preliminares	16
- Tratamientos Primarios	16
- Tratamientos secundarios.....	17
1.3 Análisis históricos de Calidad del Agua del Río Daule	21
1.4 Normativa Ambiental.....	23
CAPÍTULO 2: DESARROLLO	26
2.1 Ubicación	26

Daule, 17 de Julio del 2024. Primer día de muestreo.	29
- Muestra #1	30
- Muestra # 2	30
- Muestra #3	31
Daule, 14 de agosto del 2024. Segundo día de muestreo.....	32
- Muestra #4	32
- Muestra # 5	33
- Muestra # 6	33
Daule, 16 de agosto del 2024. Tercer día de muestreo.	34
- Muestra # 7	34
- Muestra # 8	34
- Muestra # 9	35
Palestina, 16 de agosto del 2024. Primer día de muestreo.....	35
- Muestra # 1	35
- Muestra # 2	36
Palestina, 19 de agosto del 2024. Segundo día de muestreo.....	37
- Muestra #3	37
- Muestra # 4	38
2.2 Logística de campo	38
Recurso humano.....	38
Recurso material.	38

2.3 Equipos y materiales usados para el muestreo.....	39
2.4 Trabajo de Laboratorio	41
Parámetros fisicoquímicos	41
Parámetros microbiológicos.....	41
2.5 Metodología y criterios usados para el análisis de los parámetros	41
▪ Determinación de conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos, temperatura.	41
Determinación DBO	42
CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	44
3.1 Levantamiento de información de campo.....	44
3.2 Resultados.....	45
pH, STT, SST y T°C.....	45
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l).....	46
- Coliformes Fecales (NMP/100ml).....	47
3.3 Análisis de Resultados comparados con la norma TULSMA.	47
- Potencial de Hidrógeno.....	47
- Sólidos Totales.....	50
- Sólidos Suspendidos Totales.....	52
- Temperatura	53
- Demanda Bioquímica de Oxígeno	55
- Coliformes Fecales.....	56
3.4 Análisis de Resultados comparados con estudios pasados	58

CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
Referencias.....	67
Anexos	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultados históricos. calidad del agua del río Daule: Septiembre del 2009 a octubre del 2010.....	21
Tabla 2. Resultados históricos. Estudio aguas y sedimentos río Daule, punto de vista físico, químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico. Junio 2011 – mayo 2012.....	22
Tabla 3. Resultados históricos. Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, Provincia del Guayas.	23
Tabla 4. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO.	24
Tabla 5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO	24
Tabla 6. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.	25
Tabla 7. Resultados obtenidos de pH, STT, SST y T°C en el cantón Daule.	46
Tabla 8. Resultados obtenidos de pH, STT, SST y T°C de Palestina.	46
Tabla 9. Resultados obtenidos del parámetro DBO del cantón Daule.....	46
Tabla 10. Resultados obtenidos del parámetro DBO del cantón Palestina.....	47
Tabla 11. Resultados obtenidos del parámetro de coliformes fecales del cantón Daule	47
Tabla 12. Resultados obtenidos del parámetro de coliformes fecales del cantón Palestina	47
Tabla 13. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro pH con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.....	48
Tabla 14. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro pH.....	49
Tabla 15. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Sólidos Totales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.	50

Tabla 16. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Sólidos Totales.....	51
Tabla 17. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Sólidos Suspendidos Totales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.....	52
Tabla 18. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro SST.....	53
Tabla 19. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Temperatura con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.....	53
Tabla 20. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Temperatura.....	54
Tabla 21. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro DBO con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.....	55
Tabla 22. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro DBO.....	56
Tabla 23. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Coliformes Fecales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.....	56
Tabla 24. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Coliformes Fecales.....	58
Tabla 25. Cuadro comparativo del promedio de resultados de la PTAR del cantón Daule con los de la norma TULSMA en el parámetro Coliformes Fecales.....	58
Tabla 26. Tabla comparativa de resultados de estudios anteriores con el estudio presente en cuando a parámetros de calidad del agua para el río Daule, ubicado en el cantón Daule.....	59
Tabla 27. Tabla comparativa de resultados de estudios anteriores con el estudio presente en cuando a parámetros de calidad del agua para el río Daule, ubicado en el cantón Palestina.....	60

Tabla 28. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 17 de julio del 2024.	80
Tabla 29. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 14 de agosto del 2024.	81
Tabla 30. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 16 de agosto del 2024.	82
Tabla 31. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Palestina el 16 de agosto del 2024.	83
Tabla 32. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Palestina el 19 de agosto del 2024.	84

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa del cantón Daule, provincia del Guayas.	26
Ilustración 2. Mapa del cantón Palestina, provincia del Guayas.	27
Ilustración 3. Cuenca del Río Daule.	28
Ilustración 4. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #1 en Daule.	30
Ilustración 5. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #2 en Daule.	31
Ilustración 6. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #3 en Daule.	32
Ilustración 7. Ubicación geográfica a zona de muestreo en Palestina.	36
Ilustración 8. Ubicación geográfica Palestina, aguas arriba de la zona de descarga.	37
Ilustración 9. Botella para muestra “Van Dorn”.	39
Ilustración 10. Botellas resistentes de muestreo para recoger el agua residual.	39
Ilustración 11. Recipiente para recoger muestras de coliformes fecales. Fuente: Autor.	40
Ilustración 12. Termómetro para medir la temperatura en sitio. Fuente: Autor.	40
Ilustración 13. Proforma de precio, agua de peptona tamponada 500 gr. Fuente: Autor,	73
Ilustración 14. Ingreso a la laguna de oxidación Daule. Fuente: Autor.	73
Ilustración 15. Laguna de oxidación Daule. Fuente Autor.	74
Ilustración 16. Zona de descarga de agua en planta de tratamiento Daule. Fuente: Autor.	74
Ilustración 17. Sector cercano a zona de descarga de agua PTAR Daule, Río Daule. Fuente: Autor.	75
Ilustración 18. Ubicación a cinco metros de la zona de descarga de agua de PTAR Daule.	75
Ilustración 19. Laguna de estabilización Palestina. Fuente: Autor.	76
Ilustración 20. Recolección de muestras en PTAR Daule, zona de descarga. Fuente: Autor.	76
Ilustración 21. Recolección de muestras en PTAR Daule, zona de descarga. Fuente: Autor.	77
Ilustración 22. Toma de muestra en Río Daule con Botella Van Dorn. Fuente: Autor.	77
Ilustración 23. Muestras llevadas al laboratorio para futuro análisis. Fuente: Autor.	78

Ilustración 24. Botellas para DBO. Fuente: Autor.....	78
Ilustración 25. Sólidos suspendidos totales. Fuente: Autor.	79

Resumen

La investigación analiza la calidad del agua del río Daule, y si las descargas de aguas tratadas de dos plantas de tratamiento influyen en su calidad o no. El estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua en puntos cercanos a las descargas, a partir de parámetros físicos, químicos y microbiológicos como: el pH, sólidos totales, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y coliformes fecales.

A través de un muestreo en los cantones Daule y Palestina, se tomaron muestras de agua en las cercanías de las descargas de las PTAR y en distintos puntos del río. Posteriormente, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio para comparar los resultados con los límites establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana y con estudios anteriores.

Los resultados mostraron que el parámetro de coliformes fecales fue el único que no cumplió con los estándares de la norma ambiental en ambos cantones según las muestras analizadas en sitio. El estudio concluye con la propuesta de un plan de mejora para las plantas de tratamiento y recomendaciones generales para garantizar el cumplimiento de las normativas y reducir el impacto sobre el río Daule.

Palabras Clave: TULSMA, PTAR, Coliformes Fecales, Río Daule, Parámetros, Muestreo

Abstract

The research analyzes the environmental impact of treated water discharges from two treatment plants in the Daule River. The study aims to evaluate the quality of water at points close to the discharges, using physical and chemical parameters such as pH, total solids, suspended solids, biochemical oxygen demand (BOD), and fecal coliforms.

Through sampling in the Daule and Palestine cantons, water samples were taken near the discharges and at different points of the river. Subsequently, these samples were analyzed in the laboratory to compare the results with the limits established in Ecuadorian environmental regulations and with previous studies.

The results showed that the fecal coliform parameter was the only one that did not meet the standards of the environmental standard in both cantons according to the samples taken on site.

The study concludes with the proposal of an improvement plan for the treatment plants and recommendations to ensure compliance with regulations and reduce the impact on the Daule River.

Keywords: TULSMA, WWTP, Fecal Coliforms, Daule River, Parameters, Sampling

Introducción

El río Daule, uno de los principales ríos de la cuenca hidrográfica del Ecuador, desempeña un papel vital en la economía y el bienestar de la región. Sin embargo, la creciente urbanización, industrialización y las prácticas agrícolas intensivas han ejercido una presión significativa sobre la calidad del agua del río Daule. La contaminación resultante no solo afecta la biodiversidad acuática, sino que también representa riesgos para la salud pública y compromete el desarrollo sostenible de la región.

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo analizar y mapear la calidad del agua del río Daule, identificando los principales factores de contaminación, evaluando sus impactos y proponiendo estrategias de gestión sostenible.

Antecedentes

El río Daule ha sido objeto de numerosos estudios debido a su importancia estratégica para las provincias de Guayas, Manabí y Los Ríos. Por este motivo, es de vital importancia que el efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales que descargan sobre el río cumpla las normas ambientales establecidas.

El presente estudio, basándose en esta necesidad mediante análisis, descargas de PTAR cercanas al río Daule y monitoreos en el río, se busca obtener resultados que ofrezcan estrategias para el correcto mantenimiento del río.

Objetivos

Objetivo General

Analizar la calidad del agua del río Daule en dos puntos aproximados a descargas de plantas de tratamiento de aguas residuales y proponer un plan de mejora en caso de incumplimiento de la normativa ambiental.

Objetivos Específicos

- Identificar dos plantas de tratamiento de aguas residuales cuyo efluente descargue al río Daule.
- Monitorear los puntos identificados mediante la toma de tres muestras aproximadamente a 5 metros de distancia de la descarga del río.
- Analizar las muestras en el laboratorio en los parámetros pH, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, temperatura, DBO y coliformes fecales.
- Comparar los resultados del laboratorio con los indicados en la normativa ambiental.
- Elaborar un plan de mejora en caso de incumplimiento de la normativa ambiental.

Capítulo 1. Marco Teórico

1.1 Contaminación del agua

Según la OMS la contaminación del agua se refiere a la introducción de sustancias o la creación de condiciones que alteran de manera perjudicial su calidad, afectando tanto sus usos futuros como su función ecológica (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Diversas actividades contribuyen a la contaminación de varios ríos en el país. Entre las principales causas se encuentran la minería, el uso de agroquímicos en la agricultura, la explotación de hidrocarburos y los desechos industriales. Además, una de las fuentes más significativas es el vertido sin tratar de aguas residuales urbanas e industriales. También juegan un papel importante en este problema la disposición inadecuada de residuos sólidos y los lixiviados procedentes de vertederos y rellenos sanitarios. (Linck et al., 2010).

Enfocándonos en el Río Daule, esa contaminación la causan los centros urbanos desarrollados en sus riberas, que descargan grandes contaminantes. Especialmente las aguas residuales urbanas que se vierten sin tratamiento y de ciertas industrias de Guayaquil, a orillas del Río Daule.

1.1.1 Fuentes de descarga hacia ríos

Se pueden clasificar las fuentes de descarga directamente hacia ríos como fuentes puntuales y no puntuales.

Se define las fuentes puntuales como “aquellas que ingresan al medio ambiente mediante un solo punto de descarga, el cual es fácil de identificar” (Manahan, 2006). Ejemplos de estos puntos pueden ser: tuberías, alcantarillas o desagües industriales.

A diferencia de las fuentes no puntuales, que son “aquellas que incluyen una o varias actividades distribuidas en un área determinada, cuyas contribuciones particulares son difíciles

de identificar y evaluar de forma precisa” (López Arriaga, 2003, 198). Establecimientos comerciales, granjas y hogares pueden considerarse fuentes no puntuales.

1.1.2 Aguas servidas

Las aguas servidas son “un tipo de agua que está afectada por la presencia de sustancias fecales y orina, procedentes de desechos orgánicos humanos o animales” (Acosta, 2008, 62). Estas provienen de actividades domésticas, industriales, comerciales y agrícolas. Estas aguas contienen una alta carga de contaminantes, que incluyen sólidos suspendidos, nutrientes, materia orgánica, metales pesados y microorganismos patógenos. Estos contaminantes deben ser tratados adecuadamente para evitar riesgos ambientales significativos (Tchobanoglous et al., 2003).

En Ecuador, muchos ríos muestran índices alarmantes de calidad bacteriológica debido a la presencia de microorganismos patógenos. Este problema se origina en la rápida y desorganizada expansión urbana, producto de importantes migraciones internas, y en el crecimiento de zonas marginales que carecen de adecuados servicios de alcantarillado y agua potable. Como resultado, se descargan aguas residuales indiscriminadamente cerca de las viviendas, se generan focos de infección y se utiliza agua que no siempre es segura para el consumo humano (Da Ros, 1995).

Origen de las Aguas Servidas

- Origen Doméstico

Las aguas residuales domésticas contienen todos los organismos patógenos que afectan al hombre y que llegan al aparato digestivo. Son muy ricas en nutrientes como fósforo, nitrógeno, carbono y otros en formas simples y complejas. El valor de DBO varía entre 100 y 400 mg/l, y las coliformes fecales entre 100 y 1000 millones por cada 100 ml (Acosta, 2008).

- **Origen Industrial**

Existe una gran variedad, cuantitativa y cualitativa, de vertidos de productos industriales, especialmente dado el origen de estos. Entre los compuestos más prominentes se encuentran: productos petrolíferos y grasas poco degradables, detergentes, metales pesados, productos radioactivos, etc. (Trapote Jaume, 2014).

- **Origen Agrícola**

La agricultura es uno de los mayores consumidores de recursos hídricos y también en vista a su ineficiencia en distribución y aplicación, los efluentes que retornan a los recursos de aguas superficiales contienen grandes cantidades de sales, nutrientes y productos agroquímicos. Con mucha frecuencia se usan aguas servidas no tratadas para el riego en la agricultura (FAO, 1993).

- **Origen Pluvial**

Las aguas residuales pluviales son las aguas procedentes de la escorrentía de las precipitaciones de distintas superficies como: techos, calles, jardines o parques. El componente más tóxico son los hidrocarburos procedentes de los combustibles de los automóviles. La naturaleza y característica de estas aguas varían según su procedencia: zonas urbanas o rurales (López del Mino & Martín Calderón, 2017).

1.2 Parámetros de calidad del agua

La forma práctica de evaluar la calidad del agua es mediante la definición de índices o relaciones entre las medidas de ciertos parámetros físicos, químicos o biológicos en la situación actual y en otra situación considerada aceptable o deseable según los estándares de las normas establecidas. Este cálculo de límites permite clasificar la calidad del agua de acuerdo con su uso específico.

- **Parámetros físicos**

Según O'Donnell (2021) estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que consideran factores como la temperatura, la turbidez, la conductividad, el pH, el color y el olor. Estos factores son esenciales para determinar la claridad, transparencia y adecuación del agua para diferentes usos.

Además, resalta que la medición de estos parámetros es crucial para proteger tanto la salud humana como el medio ambiente, ya que el agua de buena calidad es indispensable para el consumo humano, la vida acuática y las actividades recreativas. Por ello, agencias gubernamentales, empresas y organizaciones privadas monitorean continuamente estos parámetros para asegurar que el agua cumpla con los estándares y sea apta para diversas aplicaciones.

I. Temperatura

La temperatura está relacionada con la radiación solar y afecta la velocidad de la fotosíntesis y el metabolismo de las bacterias involucradas en la depuración del agua. Estos procesos se vuelven más lentos a temperaturas bajas, por lo que es esencial diseñar los sistemas de tratamiento considerando las condiciones de temperatura más desfavorables (Ortiz Bardales, 2014).

La temperatura óptima para la actividad bacteriana se sitúa entre 25°C y 35°C. Sin embargo, a temperaturas superiores a 50°C, la digestión aeróbica y la nitrificación se detienen. Cuando la temperatura desciende por debajo de 15°C, la digestión metanogénica se ralentiza considerablemente, y a 5°C, la actividad de las bacterias nitrificantes autótrofas se interrumpe. Estas condiciones destacan la importancia de monitorear y controlar la temperatura en el

tratamiento de aguas residuales para garantizar la eficiencia de los procesos biológicos (Romero Rojas, 2013).

Ramis (2019) aclara que, aunque la temperatura no es un contaminante, puede influir significativamente en los procesos de tratamiento de los microorganismos y en el desarrollo de las comunidades biológicas.

II. Conductividad

La conductividad refleja la capacidad del agua para transmitir electricidad y está directamente relacionada con la concentración de iones disueltos, como cloruro, calcio, sodio, magnesio, sulfato y carbonatos. Este parámetro es útil para establecer relaciones e interpretar los resultados asociados a los sólidos disueltos presentes en las descargas o cuerpos de agua (Sierra Ramírez, 2021).

O'Donnell (2021) destaca que es fundamental para evaluar la calidad del agua, ya que puede revelar la presencia de contaminantes, como metales pesados y sustancias orgánicas, que aumentan la conductividad. Asimismo, una elevada conductividad podría señalar posibles riesgos para la salud humana y el equilibrio ecológico de los sistemas acuáticos.

III. Turbidez

La turbidez del agua es una propiedad óptica que hace que la luz se disperse y absorba en lugar de transmitirse. Esta dispersión de la luz que pasa a través de un líquido es causada principalmente por los sólidos suspendidos. Cuanto mayor es la turbidez, mayor es la dispersión de la luz (HANNA® instruments, 2019).

La turbidez es un parámetro importante para el control ambiental, ya que indica la contaminación en un cuerpo de agua. Se mide eficazmente con un nefelómetro o turbidímetro, que utiliza un detector de luz y filtros para medir la dispersión de la luz, expresando los resultados

en unidades de turbidez nefelométricas (NTU) o unidades de turbidez de formazina (FTU) (HANNA® instruments, 2022).

IV. Color

Los colores característicos de las aguas residuales provienen de la presencia de sólidos en suspensión, materiales coloidales y sustancias disueltas. Estos colores indican la contaminación presente en el cuerpo de agua y reflejan la condición general del agua residual (Delgadillo et al., 2010).

El color café claro refleja que el agua residual lleva aproximadamente 6 horas después de haber sido descargada. Un color gris claro demuestra que el agua ha sufrido algún grado de descomposición o que ha permanecido un plazo corto en los sistemas de recolección. Finalmente, un color gris oscuro o negro es sinónimo de una fuerte descomposición bacteriana bajo condiciones anaerobias. (Delgadillo et al., 2010)

V. Olor

Según López del Mino & Martín Calderón (2017), en la ausencia de oxígeno se producen gases responsables del olor desagradable típico de las aguas residuales, como el ácido sulfhídrico y el amoníaco, ambos incoloros y de mal olor. El ácido sulfhídrico, generado por la descomposición de materiales orgánicos, es tóxico para los humanos a altas concentraciones, mientras que el amoníaco se emplea en varias industrias.

- Parámetros químicos

Los parámetros químicos incluyen la evaluación de las propiedades químicas del agua y son fundamentales para determinar su calidad y su idoneidad para diversos usos. Estas mediciones proporcionan información crucial sobre la presencia de sustancias químicas, contaminantes y elementos esenciales en el agua (O'Donnell, 2021).

I. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, se define como “la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos heterótrofos, para transformar la materia orgánica metabolizable en dióxido de carbono, agua y otros productos finales” (Gil Rodríguez, 2003).

Ruesta (2008) lo considera como uno de los parámetros más esenciales para evaluar la calidad del agua en ríos, lagos, lagunas y efluentes; donde una mayor cantidad de materia orgánica en la muestra indica que sus microorganismos requieren más oxígeno para descomponerla. También aclara que debido a que la descomposición varía con la temperatura, su análisis mediante la incubación de una muestra en agua diluida se estandariza a cinco días a 20°C (DBO5). Las normativas establecen valores máximos de DBO para las aguas residuales antes de verterlas en cuerpos de agua, determinando si requieren tratamiento previo.

O'Donnell (2011) indica que la DBO es crucial para el diseño y dimensionamiento de sistemas de tratamiento biológico, como las plantas de tratamiento de aguas residuales. Además, este parámetro se emplea para evaluar la eficiencia de dichos sistemas y asegurar que se cumplan las normativas ambientales en cuanto a la calidad de los vertidos. Los resultados de la DBO se expresan en miligramos por litro (mg/L) de oxígeno consumido. En aguas residuales sin tratar, los valores típicos oscilan entre 100 y 300 mg/L, mientras que los límites permisibles para los vertidos suelen estar entre 20 y 30 mg/L.

II. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Según O'Donnell (2021), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) mide el contenido de materia orgánica en una muestra de agua a través de un proceso de oxidación química. Este parámetro se utiliza para calcular la cantidad de oxígeno necesario para oxidar químicamente la materia orgánica, empleando un agente oxidante fuerte como el dicromato de potasio en una

solución ácida y a alta temperatura. Además, cuando es necesario oxidar compuestos orgánicos resistentes, se recurre al uso de un catalizador como el sulfato de plata.

O'Donnel (2011) explica que la relación entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se refiere a la biodegradabilidad del desagüe. Aunque la DQO no siempre guarda una relación directa con la DBO, generalmente es mayor. Un valor de DBO/DQO superior a 0,5 indica una buena biodegradabilidad, lo que sugiere que una parte significativa de la materia orgánica puede ser tratada eficazmente mediante procesos biológicos. Esta relación es fundamental para comprender la contaminación orgánica y planificar adecuadamente los planes de tratamiento.

III. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los Sólidos Suspendidos Totales se refieren a “las partículas orgánicas e inorgánicas, así como líquidos inmiscibles, que se encuentran en el agua. Se incluyen partículas como bacterias, sólidos biológicos o arcilla” (Campos Gómez, 2000).

Las altas concentraciones de sólidos suspendidos en cuerpos de agua como lagos, embalses, ríos y arroyos pueden dañar el ecosistema. Es fundamental monitorear los sólidos aguas abajo de los vertidos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales, instalaciones industriales o sistemas de riego agrícola extensivo para preservar la salud de las masas de agua receptoras. (HACH, n.d.)

IV. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Se refiere a las moléculas e iones que se encuentran diluidos en el agua. La concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a la presencia de minerales, gases, productos de la descomposición de materia orgánica, metales y compuestos químicos orgánicos que dan color, olor, sabor y, eventualmente, toxicidad al agua que los contiene (Jiménez, 2001).

Aunque los Sólidos Disueltos Totales (SDT) no se consideran un contaminante principal, sí actúan como un indicador de la calidad del agua. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) establece un estándar secundario de calidad del agua para los SDT, con un límite máximo de 500 mg/L, a fin de asegurar que el agua potable sea agradable al gusto. Niveles elevados de SDT en el agua potable pueden alterar su sabor, haciéndola amarga o salada. Además, estos altos niveles pueden causar la formación de depósitos de cal y corrosión en diversas aplicaciones, siendo especialmente problemáticos en sistemas de calderas y de refrigeración. (HACH, n.d.)

V. Nitrógeno y Fósforo

En las aguas residuales, el nitrógeno puede encontrarse en varias formas y experimentar diversas transformaciones a lo largo de los diferentes procesos de tratamiento. Estas transformaciones permiten convertir el nitrógeno amoniacal en productos que pueden ser fácilmente eliminados del agua residual.

Las aguas con altas concentraciones de nitrógeno y fósforo “pueden causar eutrofización en los cuerpos receptores, además por procesos de nitrificación se reduciría el oxígeno disuelto desequilibrando el medio acuático” (Taipicaña Proaño, 2019, 15).

VI. Grasas y Aceites

Se definen como los “compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal”. Entre sus características se encuentran una baja densidad, escasa solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. Si no se controla la presencia de estos compuestos, tienden a acumularse en el agua y formar películas en la superficie del líquido. (*Avances En Investigación Y Desarrollo En Agua Y Saneamiento Para El Cumplimiento De Las Metas Del Milenio*, 2007, 409).

VII. Cloruros

Los cloruros son sales formadas por la combinación de un átomo de cloro en su estado de oxidación Cl⁻ con un elemento metálico, y se encuentran en todas las fuentes de agua, como ríos, mares, lagos e incluso en el agua potable. La cantidad de cloruros en el ambiente natural puede verse considerablemente incrementada debido a las descargas de aguas residuales, especialmente si estas no reciben el tratamiento adecuado. (López, 2024)

Según Aconsa (2021), las aguas servidas suelen tener cantidades más elevadas de iones cloruro debido a la presencia de orina y contaminación. La presencia de estos iones en altas concentraciones aporta un sabor salado al agua y también puede corroer las tuberías.

VIII. Sulfatos

Los sulfatos están presentes de forma natural en muchos minerales que se utilizan comercialmente y que se liberan al agua procedentes de residuos industriales. En altas concentraciones, los sulfatos pueden causar un cuadro diarreico. (Abarca Guerrero, 2017)

El agua con concentraciones de sulfatos superiores a 1600 mg/litro puede causar diarrea en animales durante la primera semana de exposición. Estudios realizados con agua de grifo y voluntarios humanos han mostrado un efecto laxante en concentraciones de 1000-1200 mg/l. Otros estudios han detectado la aparición de diarrea en recién nacidos expuestos de manera repentina a concentraciones superiores a 650 mg/litro de sulfatos. En adultos, los efectos laxantes pueden comenzar a manifestarse a partir de los 750 mg/litro. (Gobierno de las Islas Baleares, n.d.)

IX. Nitrógeno Oxidado

Nitrógeno total oxidado se refiere a la suma de nitritos y nitratos expresados como nitrógeno. Los nitritos ingresan a las descargas como resultado de su empleo como inhibidor de la corrosión en procesos industriales. (Jiménez, 2001)

Los nitratos actúan en los procesos anaeróbicos del tratamiento de aguas residuales, afectando el metabolismo anaeróbico de las bacterias, principalmente en la redisolución del fósforo. (Villaseñor Camacho, 2001)

X. Amonio

Según Cid Amor (2014), el amonio presente en las aguas residuales es un compuesto tóxico que proviene principalmente de la excreción natural de animales durante su metabolismo, así como del uso de fertilizantes y de la emisión de efluentes en procesos industriales. Cid Amor (2014) también señala que la presencia de amonio produce nitrógeno amoniacal, lo que provoca un crecimiento descontrolado de algas en los cuerpos de agua. Este aumento en la vegetación acuática genera más oxígeno, lo que puede conducir a la muerte de otras especies, un incremento de la biomasa y la eutrofización del ecosistema acuático.

XI. Potencial de Hidrógeno

Según Valencia (2016), el pH está relacionado con las distintas formas en que pueden presentarse diversas especies químicas y la facilidad o dificultad para eliminar diferentes contaminantes presentes en las aguas residuales.

Romero Rojas (2013) señala que el pH adecuado es esencial tanto para los procesos de tratamiento como para la vida biológica, normalmente oscilando entre 6,5 y 8,5. En cuanto a la descarga de efluentes tras un tratamiento secundario, el pH debe situarse entre 8,0 y 9,0. Durante la nitrificación biológica, un pH entre 7,2 y 9,0 es preferible, mientras que, para la desnitrificación, el rango ideal se encuentra entre 6,5 y 7,5.

Además, Rojas (2013) menciona que, en las lagunas de estabilización, las algas utilizan dióxido de carbono para la fotosíntesis, lo que eleva el pH del agua, especialmente en aguas residuales con baja alcalinidad. Estas algas también emplean el ion bicarbonato como fuente de

carbono, provocando considerables variaciones diarias en el pH. En aguas residuales con alta dureza, un incremento del pH podría llevar a la dominancia de carbonatos e hidróxidos en la alcalinidad, lo que causaría la precipitación de carbonato de calcio y evitaría un aumento adicional del pH.

- **Parámetros micro bacteriológicos**

Los parámetros micro bacteriológicos se refieren a la presencia de microorganismos en el agua, los cuales se utilizan para evaluar su calidad. Muchos de estos microorganismos pueden ser patógenos, produciendo enfermedades. (National research council (US), 1977)

I. Coliformes totales

Las coliformes totales contienen bacterias de morfología bacilar, gram negativas, aerobias o anaerobias facultativas, no formadoras de endosporas, oxidasas negativas y que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a 36°C (García Hernández et al., 2006, 599).

II. Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales que fermentan la lactosa a una temperatura de 44 a 44.5°C y pueden crecer a temperaturas más altas que los coliformes totales. Su presencia en el agua señala una contaminación bacteriana reciente, lo que indica una degradación de los cuerpos de agua (Díaz Delgado et al., 2003, 225).

Tratamiento de Aguas Residuales

Las plantas de tratamiento tienen como objetivo, mediante una serie de operaciones y procesos unitarios dispuestos de manera secuencial y lógica, acondicionar el agua para que cumpla con las normativas aplicables. Estos sistemas eliminan materiales según su tamaño, comenzando con los sólidos más grandes y finalizando con los contaminantes solubles (Pérez et al., 2020).

Estos tratamientos se clasifican en etapas preliminares, primarias, secundarias y terciarias.

- **Tratamientos Preliminares**

Consiste en la eliminación o desintegración de sólidos gruesos del agua residual y eliminación de granos de arena. Puede incluir la eliminación de grasa y aceite del agua residual antes de la sedimentación (Lanza-Espino, 1999, 264). Esta etapa puede consistir en las siguientes estructuras:

I. Rejillas

Arriaga (2003) las define como “elemento con aberturas, generalmente de tamaño uniforme, que se utiliza para retener los sólidos gruesos en el agua residual”. Las rejillas juegan un papel fundamental al ser consideradas una de las primeras barreras dentro del sistema de una planta de tratamiento de aguas residuales.

II. Desengrasadores

Se encarga de la separación del agua de los flotantes, grasas y aceites que esta puede portar, y que serían susceptibles de flotación natural o inducida (Marín Galvín, 2019, 208).

III. Desarenadores

Se distingue por su habilidad para separar la arena del agua en estado líquido y de las partículas en suspensión. Esto, con el propósito de evitar obstrucciones en las bombas, previniendo así sobrecargas en el proceso de tratamiento. Las partículas separadas tienen diámetros superiores a 0.20 mm. Los tipos de desarenadores pueden ser helicoidales o de flujo horizontal (Marín Galvín, 2019, 208).

- **Tratamientos Primarios**

Su objetivo es la eliminación, por medios físicos o mecánicos, de una parte, considerable del material sedimentable o flotante. El tratamiento primario no solo puede eliminar la materia

indeseable, sino también una proporción significativa de la carga orgánica, que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos en suspensión (Rojas, 2002),

I. Sedimentación

A través de este método, se busca aprovechar la gravedad y el peso específico de las partículas en suspensión, con el objetivo de que descieran al fondo del lecho. Asimismo, se puede decir que el agua se separa de las partículas en suspensión y de la arena, cuyas dimensiones son de 0.20 mm y 0.05 mm, teniendo como punto de recolección una plataforma inclinada, que recoge y maneja la evacuación de los lodos (Huaman, 2017).

II. Flotación

La flotación es otra forma de separación que ocurre gravitacionalmente o por flotación con aire. Los principios que gobiernan la flotación son similares a los de la sedimentación, solo que la fuerza neta sobre la partícula es hacia la superficie y no hacia el fondo (Orozco, 2005).

III. Coagulación-Floculación

Su objetivo es la neutralización de las cargas eléctricas de los coloides y emulsiones presentes en el agua residual, seguido de un reagrupamiento de las partículas, de tal forma que sea factible su separación posterior ya sea por sedimentación o por flotación (Sainz Sastre, 2005, 312).

IV. Filtración

Es un proceso de separación de un sólido suspendido en un líquido al hacerlo pasar a través de un medio poroso con un tamaño de poro adecuado (Moreno Merino, 2002).

- Tratamientos secundarios

El tratamiento se basa en mejorar la calidad del efluente, eliminando la materia orgánica y los sólidos suspendidos. Generalmente, este tipo de tratamiento suele utilizar el método biológico

aerobio. Dentro de este tratamiento, se destacan dos métodos más utilizados: la filtración biológica y los lodos activados (Huamani Condori, 2020).

I. Filtración biológica.

Se trata de un sistema de depuración biológica en el que la degradación de la materia orgánica se produce al hacer circular el agua y aire a través de un medio filtrante o poroso. Las bacterias se acumulan y se multiplican sobre el soporte sólido y consumen la materia orgánica presente en el agua residual (Orozco Barrenetxea et al., 2002).

II. Lodos Activados

Los lodos activados corresponden al tratamiento secundario del proceso de depuración de aguas residuales. La técnica de lodos activados implica combinar aguas residuales con una concentración de microorganismos (lodo activado) que se mantiene en suspensión mediante aireación. Estos microorganismos degradan la materia orgánica presente en el agua, produciendo agua tratada y lodo que puede ser separado posteriormente (Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H. D., 2002).

III. Tanque Séptico - filtro anaeróbico

Este sistema de tratamiento de aguas residuales es habitual verlo en lugares residenciales poco poblados donde no hay acceso a otros sistemas de tratamiento. El tanque séptico es conveniente para zonas con suministros de agua domiciliaria, donde el flujo del agua es constante y suficiente. Este sistema permite manejar todas las aguas residuales, incluyendo tanto las aguas con desechos humanos resultado del uso en las cocinas y baños (aguas negras de los inodoros y aguas grises (Rosales, 2014). El tanque séptico posee una estructura rectangular, con orificios de entrada y salida en los extremos y una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 8m³.

IV. Lagos de estabilización

Las lagunas de estabilización son sistemas de tratamiento de aguas residuales que consisten en estanques construidos donde estas aguas se tratan a través de procesos naturales de sedimentación, digestión anaerobia, fotosíntesis, y la actividad de microorganismos. Estos sistemas se utilizan en su mayoría por su bajo costo de construcción y operación, además de su capacidad para producir efluentes de alta calidad. (Peña Varón, M., & Mara, D. D., 2003).

Las lagunas de estabilización se someten a un proceso de tratamiento biológico y físico. Estas lagunas pueden ser anaerobias, facultativas o de maduración, dependiendo de la etapa del tratamiento y el tipo de microorganismos predominantes en cada una (Mara, 2004).

Tipos de lagunas

I. Lagos Aerobias

En las lagunas aeróbicas, la descomposición de la materia orgánica ocurre en un entorno rico en oxígeno, el cual es suministrado principalmente por la acción fotosintética de las algas presentes, además de la contribución de los vientos predominantes (Vázquez, 2016).

II. Lagos anaerobias

Las lagunas anaerobias son utilizadas como primera fase para tratar las aguas servidas urbanas e industriales que contienen un grado alto de sólidos suspendidos totales y materia orgánica biodegradable. Como resultado se reducen los sólidos suspendidos totales en un 70% y para la materia orgánica una reducción media del 50%, esta materia orgánica se degrada en condiciones anaeróbicas. La profundidad de estas lagunas suele estar entre los 4 y 6 metros, y su tiempo de retención hidráulica demora entre 1 a 4 días (Esteve Selma & Lloréns Pascual del Riquelme, 2003, 148)

III. Lagunas facultativas

Estas lagunas se caracterizan por contar con una zona superficial, donde las bacterias y algas coexisten simbióticamente como en las lagunas aerobias; en el fondo actúan de carácter anaerobio, en esta zona hay acumulación de sólidos por sedimentación y consecuentemente son descompuestos por procesos de fermentación, en la zona intermedia las bacterias se acumulan descomponiendo así, la materia orgánica, esta zona es parcialmente aerobia y anaerobia. (Comisión Nacional del Agua, 2019, 53).

El diseño de estas lagunas puede variar en una profundidad entre 1 a 2 metros. Las lagunas facultativas pueden ser las primeras de una serie o seguir a las lagunas anaerobias, formando un tratamiento secundario. (Moreno Merino, 2002)

IV. Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración son estanques entre 0,2 y 1 metro de profundidad, período de retención entre 7 a 10 días, con una producción máxima de algas y en las que se supone que toda la masa de agua está en condiciones aerobias (19). Las lagunas de maduración integran un tratamiento terciario para el proceso de depuración, combinándolo con otras lagunas, como si se realizan con otros sistemas de tratamiento (Moreno Merino, 2002).

Estas lagunas se usan para pulir efluentes parcialmente tratados como por ejemplo un conjunto de lagunas en serie anaeróbica-facultativa-maduración, efluentes de lodos activados o filtros percoladores; interviniendo bacterias que consumen materia orgánica residual (Valencia, 2016)

1.3 Análisis históricos de Calidad del Agua del Río Daule

En el análisis de este estudio se busca comparar los resultados obtenidos con los de anteriores investigaciones, en orden para evaluar las posibles variaciones dentro del plazo entre los estudios realizados.

La Tabla 1 es un extracto de los resultados obtenidos en el cantón Daule en el periodo de septiembre 2009 a octubre 2010. Estos resultados provienen de la investigación titulada “Biomonitoreo de la calidad del agua para determinar la naturaleza y grado de contaminación por la agricultura y actividades afines en los principales ríos de la cuenca del río Guayas” publicada por la Universidad Agraria del Ecuador en el año 2011.

Parámetros		Biomonitoreo de la calidad del agua para determinar la naturaleza y grado de contaminación por la agricultura y actividades afines en los principales ríos de la cuenca del río Guayas. Calidad del agua del río Daule Septiembre del 2009 a Octubre del 2010.
		Unidades
		<u>Daule</u>
Temperatura	°C	28.52
pH		7.34
Conductividad	µS.cm-1	149.13
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5.17
Sólidos Suspendidos	mg/L	280.5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	69.29
Sólidos Totales	mg/L	**
Coliformes Fecales	NMP.100m l-1	1.10E+03
Nitrógeno Total	mg/L	1.07
Fósforo Total	mg/L	0.26

Tabla 1. Resultados históricos. calidad del agua del río Daule: Septiembre del 2009 a octubre del 2010. Elaborado por: Autor.

La Tabla 2 es un extracto de los resultados obtenidos en los cantones Daule y Palestina en el periodo desde junio 2011 hasta mayo 2012. Estos resultados provienen de la investigación titulada “Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule en la provincia del Guayas, desde el punto de vista físico químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico” publicada por Justo Pastor Huayamave Navarrete en el año 2013.

Parámetros		Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule en la provincia del Guayas, desde el punto de vista físico químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico. Junio 2011 - Mayo 2012	
		<u>Daule</u>	<u>Palestina</u>
	Unidades		
Temperatura	°C	28.52	27.21
pH		7.34	6.57
Conductividad	µS.cm-1	149.13	106.18
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	5.17	24.18
Sólidos Suspendidos	mg/L	280.5	86.43
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	69.29	83.56
Sólidos Totales	mg/L	**	170.46
Coliformes Fecales	NMP.100ml-1	1.10E+03	1.99E+04
Nitrógeno Total	mg/L	1.07	**
Fósforo Total	mg/L	0.26	**

Tabla 2. Resultados históricos. Estudio aguas y sedimentos río Daule, punto de vista físico, químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico. Junio 2011 – mayo 2012.

Finalmente, la Tabla 3 contiene los resultados obtenidos del cantón Palestina de la investigación titulada “Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, Provincia del Guayas” elaborada por Elvyn Francisco Solorzano Macías en el año 2021.

No.	Parámetros	Valores en el afluente	Valores en el efluente	Según TULSMA tabla 9	Observaciones
1	DBO	138.75 mg/l	31.5 mg/l	100 mg/l	Sí cumple
2	Sólidos Suspendidos Totales	779 mg/l	62 mg/l	130 mg/l	Sí cumple
3	Sólidos Totales	1043 mg/l	805 mg/l	1000 mg/l	Sí cumple
4	Coliformes Fecales	1.30E+04	2,00E+03	2,00E+03	Sí cumple
5	Aceites y Grasas	6,5 mg/l	6,5 mg/l	30 mg/l	Sí cumple

Tabla 3. Resultados históricos. Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, Provincia del Guayas.

1.4 Normativa Ambiental

La normativa ambiental que se está usando como referencia para verificar el cumplimiento de los resultados obtenidos se denomina: ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE (TULSMA): NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA, la cual incluye entre otras, las tablas 6, 7 y 9, siendo estas mencionadas de interés de la presente investigación. La tabla 6 se refiere a: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO (siempre y cuando no se refiera a piscinas); Tabla 7.- CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO y tabla 9.- LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Parásitos Nemátodos Intestinales			Ausencia
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	200
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	2000
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Material Flotante	Visible		Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
pH	pH		6,5 - 8,3
Relación Nitrógeno-Fósforo Total			15:1
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5

Tabla 4. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO. Fuente: Tabla 6 del TULSMA, 2015.

PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Parásitos Nemátodos intestinales			Ausencia
Coliformes Totales	NMP	NMP/100 ml	4000
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
Potencial Hidrógeno		pH	6-9
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Materia Flotante	Visible		Ausencia
Relación Nitrógeno-Fósforo Total			15:1

Tabla 5. CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO. Fuente: Tabla 7 del TULSMA, 2015

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	50,0
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	100,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendedos Totales	SST	mg/l	80,0
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000

Tabla 6. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE. Fuente: Tabla 9 del TULSMA, 2015.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO

2.1 Ubicación

Cantón Daule

Daule es uno de los cantones ubicados en la provincia del Guayas, su cabecera cantonal es la parroquia satelital urbana de “La Aurora”. Cuenta con cuatro parroquias rurales, Laurel, Limonal, Juan Bautista Aguirre y Los Lojas. El territorio ocupado tiene una extensión de 475 km². Limita al norte con el cantón Quevedo, al sur con Guayaquil, al este con Vines y al Oeste con el cantón Jipijapa.

Según la INEC con los datos del censo 2022, Daule cuenta con una población de 212751 habitantes, de los cuales 29352 habitan en la zona rural y el restante con 183399 habitantes se hallan en la zona urbana del cantón.

Daule contempla un sistema tratamiento de aguas residuales a través de lagunas de estabilización antes de ser reintegradas al río Daule, localizada en la parroquia satélite “La Aurora”.



Ilustración 1. Mapa del cantón Daule, provincia del Guayas.

Cantón Palestina

Palestina, cantón ubicado al centro-norte de la provincia del Guayas. Su cabecera cantonal se encuentra en la zona urbana llamada así mismo “Palestina”, siendo sede administrativa del cantón. Limita al norte con el cantón Colimes, al Sur con el cantón Santa Lucía, al Este con el Río Paula y Macúl, y al oeste con el Río Daule. Su territorio ocupado se extiende en un área de 205 km². Según información de INEC-CENSO ECUADOR basándose en los resultados del censo 2022, el cantón Palestina constaba con una población de 18019 habitantes, comprendida en 10392 en la zona urbana de la ciudad y con 7627 que residen en la zona rural, su densidad poblacional es de 92 Hab/Km².

Palestina cuenta con una planta de tratamiento de aguas servidas compuestas por una laguna facultativa y una de maduración. Este sistema de lagunas se encuentra aproximadamente a unos 700 metros del límite urbano de su cabecera cantonal.

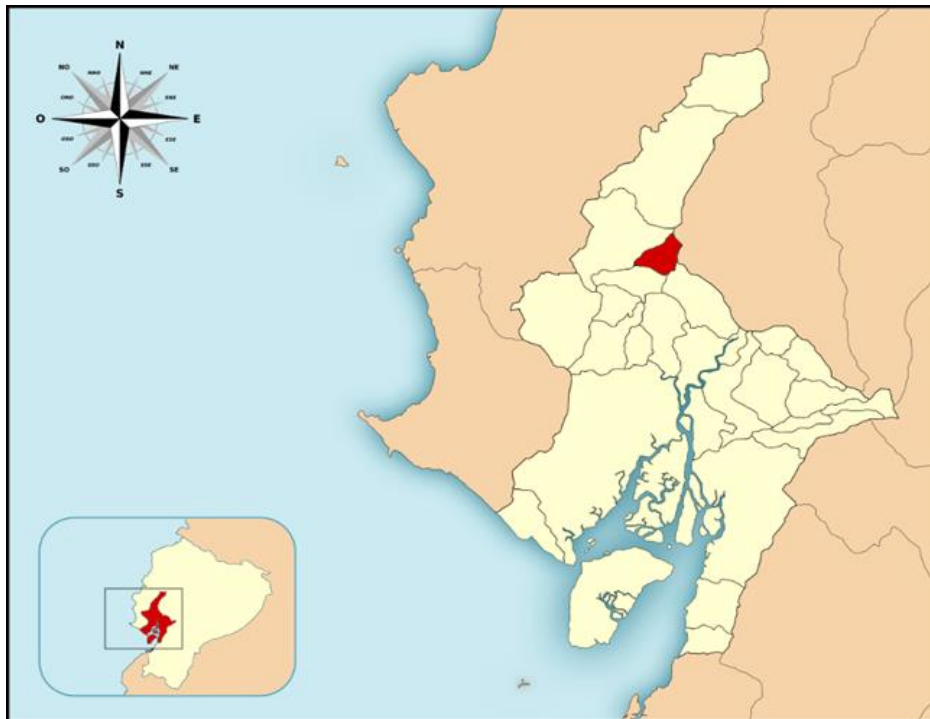


Ilustración 2. Mapa del cantón Palestina, provincia del Guayas.

Río Daule

El río Daule tiene su origen en el nudo de Sandomo, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en las cercanías de San Miguel o Peripa. Con una longitud estimada de 260 km, esta subcuenca, la más grande de la cuenca del río Guayas, se extiende sobre un área de 11.567,15 km², lo que equivale a aproximadamente el 5% del territorio nacional y al 36% de toda la cuenca del Guayas. Ubicada en la zona occidental superior de la cuenca del río Guayas, es una región de gran concentración agrícola. Su área de influencia abarca partes de las provincias de Guayas, Manabí, Santa Elena, Los Ríos y Santo Domingo de los Tsáchilas, donde reside una población de 4 millones de personas.

El caudal promedio del río varía, alcanzando un máximo de aproximadamente 1000 m³/s y un mínimo de alrededor de 100 m³/s. Con una leve pendiente que oscila entre el 0,2% y el 0,05%, la marea influye en su curso hasta unos 70km aguas arriba de Guayaquil, llegando hasta el sitio conocido como La Capilla. Durante la temporada de lluvias, la corriente del río fluye hacia el río Guayas; sin embargo, en la estación seca, cuando algunos afluentes casi no aportan agua al río Daule, la corriente se invierte durante la marea alta.

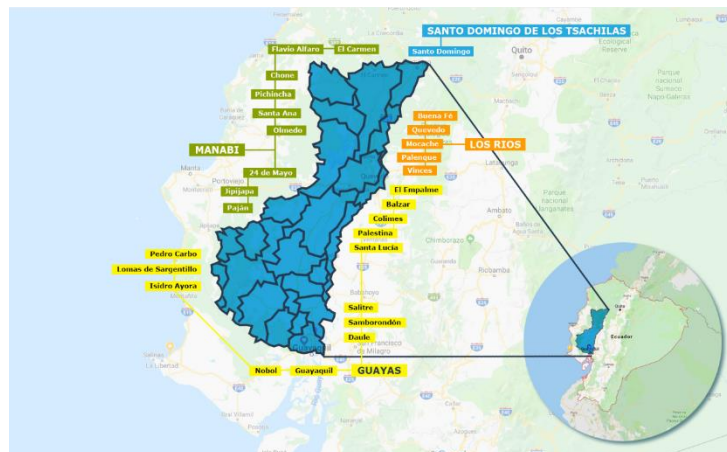


Ilustración 3. Cuenca del Río Daule.

2.2 Metodología

Este proyecto de investigación se realizó en los cantones de Daule y Palestina, donde recorrimos las instalaciones de sus respectivas plantas de tratamiento de aguas residuales (lagunas de oxidación), para recoger muestras donde descarga el agua de las lagunas hacía el río Daule. A su vez, en la misma zona del río tomamos más muestras. Esta información fue llevada luego al laboratorio donde tendríamos los resultados de los parámetros a analizar.

Trabajo de campo:

- Identificación de los lugares de muestreo.
- Toma de muestras de agua en dos sectores estratégicos del río Daule, aguas arriba y aguas abajo de la zona de descarga de las plantas de tratamiento. Además de una muestra en la descarga de agua de la misma planta.

Trabajo de laboratorio:

- Analizar las muestras recogidas del trabajo de campo, haciendo uso del laboratorio.
- Obtener los resultados para los parámetros y guardar de manera ordenada la información.
- Comparar los resultados obtenidos, con lo que establece la norma ecuatoriana.

Daule, 17 de Julio del 2024. Primer día de muestreo.

El primer día de muestreo se observó que la marea del agua en el río Daule estaba baja, además de que el día estaba soleado. Se obtuvieron dos muestras en el río aguas arriba y aguas abajo de donde descargan las aguas de la planta de tratamiento de aguas servidas de Daule, y una muestra en la zona de descarga de la planta de tratamiento.

- **Muestra #1**

Ubicación: Río Daule, Daule. A 5 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas abajo de la zona de descarga de agua de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611518.00 m E y Norte: 9791778.00 m S



Ilustración 4. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #1 en Daule. Fuente: Autor

Fecha de muestreo: 17 de Julio del 2024.

Hora de muestreo: 10:58 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra # 2**

Ubicación: Río Daule, Daule. Aproximadamente 50 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas arriba de la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611406.00 m E y Norte: 9791856.00 m S



Ilustración 5. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #2 en Daule. Fuente: Autor

Fecha de muestreo: 17 de Julio del 2024.

Hora de muestreo: 11:02 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra #3**

Ubicación: Laguna de oxidación del cantón Daule.

Descripción: Se tomó una muestra simple en la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611571.00 m E; Norte: 9791852.00 m S



Ilustración 6. Ubicación geográfica del sector para la toma de muestra #3 en Daule. Fuente: Autor

Fecha de muestreo: 17 de Julio del 2024.

Hora de muestreo: 12:01 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

Daule, 14 de agosto del 2024. Segundo día de muestreo.

En este día, a las 12:00 pm la marea del agua del río estaba baja tal como el primer día de muestreo. Hubo un clima nublado. Asimismo, recogimos tres muestras, dos muestras cercanas a los puntos del primer muestreo y una en la zona de descarga del agua en la planta de tratamiento.

- **Muestra #4**

Ubicación: Río Daule, Daule. A 5 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas abajo de la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611529.00 m E; Norte: 9791774.00 m S

Fecha de muestreo: 14 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 12:07 pm.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Nublado.

- **Muestra # 5**

Ubicación: Río Daule, Daule. Aproximadamente 50 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas arriba de la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611518.00 m E; Norte: 9791861.00 m S

Fecha de muestreo: 14 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 12:20 pm.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Nublado.

- **Muestra # 6**

Ubicación: Laguna de oxidación del cantón Daule.

Descripción: Se tomó una muestra simple en la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611571.00 m E; Norte: 9791852.00 m S

Fecha de muestreo: 14 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 13:09 pm.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Nublado.

Daule, 16 de agosto del 2024. Tercer día de muestreo.

- **Muestra # 7**

Ubicación: Río Daule, Daule. A 5 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas abajo de la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611518.00 m E; Norte: 9791778.00 m S

Fecha de muestreo: 16 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 10:17 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra # 8**

Ubicación: Río Daule, Daule. Aproximadamente 50 metros de la zona de descarga de la laguna de oxidación.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas arriba de la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611406.00 m E; Norte: 9791856.00 m S

Fecha de muestreo: 16 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 10:36 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra # 9**

Ubicación: Laguna de oxidación del cantón Daule.

Descripción: Se tomó una muestra simple en la zona de descarga de la planta de tratamiento de aguas residuales de Daule.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611571.00 m E; Norte: 9791852.00 m S

Fecha de muestreo: 16 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 11:10 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

Cantón Palestina.

En el cantón Palestina se tomaron las muestras aguas abajo y aguas arriba de donde estaría la tubería de descarga de la laguna de oxidación de Palestina. Observando el sitio se llegó a la conclusión que la planta parece que no tuviera un mantenimiento adecuado y a vista general que no estuviera funcionando.

Palestina, 16 de agosto del 2024. Primer día de muestreo.

- **Muestra # 1**

Ubicación: Palestina, Río Daule.

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas abajo de la zona de descarga de las lagunas de oxidación del cantón Palestina.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 612579.00 m E; Norte: 9820351.00 m S



Ilustración 7. Ubicación geográfica a zona de muestreo en Palestina. Fuente: Autor.

Fecha de muestreo: 16 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 10:58 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra # 2**

Ubicación: Palestina, Río Daule.

Descripción: A unos 50 metros aguas arriba de la zona de descarga de la laguna oxidación de Daule se tomó una muestra simple.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611406.00 m E y Norte: 9791856.00 m S



*Ilustración 8. Ubicación geográfica Palestina, aguas arriba de la zona de descarga.
Fuente: Autor.*

Fecha de muestreo: 16 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 11:02 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

Palestina, 19 de agosto del 2024. Segundo día de muestreo.

- **Muestra #3**

Ubicación: Palestina, Río Daule

Descripción: Se tomó una muestra simple aguas abajo de la zona de descarga de las lagunas de oxidación del cantón Palestina.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 612582.00 m E y Norte: 9820357.00 m S

Fecha de muestreo: 19 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 10:49 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

- **Muestra # 4**

Ubicación: Palestina, Río Daule.

Descripción: A unos 50 metros aguas arriba de la zona de descarga de la laguna oxidación de Daule se tomó una muestra simple.

Coordenadas: UTM, Zona 17 M.

Este: 611406.00 m E y Norte: 9791856.00 m S

Fecha de muestreo: 19 de agosto del 2024.

Hora de muestreo: 11:00 am.

Tipo de muestra: Muestra simple.

Clima: Soleado.

2.2 Logística de campo

Recurso humano.

- Estudiantes de titulación (autores), y un laboratorista especializado en tomar muestras y análisis en laboratorio. Biólogo Edison Alvarado.

Recurso material.

- Vehículo particular.
- Herramientas para el trabajo de campo.

2.3 Equipos y materiales usados para el muestreo

- Botella “Van Dorn” para captar muestra.



Ilustración 9. Botella para muestra “Van Dorn”. Fuente: Autor

- Botellas resistentes de muestreo, 1 litro.



Ilustración 10. Botellas resistentes de muestreo para recoger el agua residual. Fuente: Autor.

Recipiente para recolección de coliformes fecales.



Ilustración 11. Recipiente para recoger muestras de coliformes fecales. Fuente: Autor.

- Termómetro



Ilustración 12. Termómetro para medir la temperatura en sitio. Fuente: Autor

2.4 Trabajo de Laboratorio

La medición de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos en laboratorio es fundamental para evaluar la calidad de muestras de agua, suelo, alimentos, y otros materiales. Los parámetros fisicoquímicos incluyen el pH, conductividad, y sólidos totales, los cuales proporcionan información sobre la composición y las propiedades del medio. Los parámetros bacteriológicos, como la detección de coliformes fecales, indican la presencia de contaminación biológica. Estos análisis combinados permiten una comprensión integral de las condiciones ambientales y de la seguridad sanitaria de las muestras analizadas.

Parámetros fisicoquímicos

- Conductividad
- DBO
- DQO
- Oxígeno disuelto
- pH
- Sólidos Disueltos
- Sólidos Suspendidos Totales
- Sólidos Totales
- Temperatura

Parámetros microbiológicos

- Coliformes fecales

2.5 Metodología y criterios usados para el análisis de los parámetros

- **Determinación de conductividad, oxígeno disuelto, pH, sólidos disueltos, temperatura.**

Para determinar diferentes parámetros fisicoquímicos de una muestra utilizamos el multiparámetro portátil HQ40D de HACH, introduciendo la sonda correspondiente en la muestra que se desea medir. Estando la sonda completamente sumergida en la muestra, esperamos unos

momentos hasta que la lectura en la pantalla del medidor se estabilice para luego una vez estabilizada la lectura, se anotan los valores.

- **Determinación DBO**

Este análisis se realiza utilizando botellas de incubación de 300ml, donde echamos la muestra que utilizaremos para cada botella, dosificamos agua de dilución tamponada con microorganismos de semillas y se almacena durante cinco días en una incubadora para DBO a una temperatura de 20°C, para evitar la producción de Oxígeno disuelto a través de la fotosíntesis. La diferencia en las concentraciones indica la cantidad de materia orgánica biodegradable presente, expresada en mg/L.

- **Determinación Sólidos Totales**

La determinación de sólidos totales en laboratorio consiste en secar una muestra de agua en una cápsula o crisol a 105 °C hasta evaporar toda el agua. Luego, se enfría la cápsula en un desecador y se pesa. La diferencia entre el peso inicial de la cápsula y el peso con los sólidos secos, dividida por el volumen de la muestra, proporciona la concentración de sólidos totales en miligramos por litro (mg/L). Este método mide tanto los sólidos disueltos como los suspendidos en la muestra.

Cálculos:

$$\text{Sólidos Totales (mg/litro)} = [(A-B) * 1000] / \text{Volumen de muestra (ml)}$$

A: peso de residuo seco + filtro (mg)

B: tara del filtro (mg)

- **Determinación Sólidos Suspendidos Totales**

Filtramos la muestra de agua a través de un filtro de fibra de vidrio previamente pesado. El filtro con los sólidos retenidos se seca a 105 °C, se enfría en un desecador y se pesa nuevamente.

La diferencia de peso antes y después del secado, dividida por el volumen de la muestra, da la concentración de SST en miligramos por litro (mg/L). Este método mide los sólidos que no se disuelven y permanecen en suspensión en la muestra.

- **Determinación Coliformes Fecales**

Este procedimiento microbiológico detecta y cuantifica bacterias coliformes fecales en muestras de agua. El proceso incluye filtrar un volumen de muestra a través de una membrana que retiene las bacterias, colocar la membrana en un medio de cultivo selectivo, e incubar a 44.5 °C para favorecer el crecimiento de coliformes fecales. Las colonias formadas se cuentan para determinar la concentración de bacterias presentes en la muestra, expresada en unidades formadoras de colonias por 100 mL (UFC/100 mL).

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente capítulo presenta de manera detallada los hallazgos obtenidos a partir de las muestras de agua recolectadas en el río Daule, en los cantones de Daule y Palestina. Los resultados incluyen la evaluación de diversos parámetros de calidad del agua, tales como potencial de hidrógeno, sólidos totales, sólidos suspendidos totales, temperatura, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y coliformes fecales.

A continuación, se realiza un análisis comparativo de estos resultados con los límites establecidos por la normativa ambiental vigente, particularmente en el caso de los ríos, se usa los CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO, CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO SECUNDARIO Y LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE. Este análisis es fundamental para entender el impacto real de las descargas de PTAR en la calidad del agua del río y para proponer recomendaciones para mantener la protección del ecosistema acuático.

3.1 Levantamiento de información de campo

En el recorrido realizado a las ubicaciones de muestro se pudo observar lo siguiente:

Cantón Daule

La PTAR de la cabecera cantonal de Daule está compuesta por seis lagunas de oxidación, de las cuales no se pudo tener mayor información, Durante las visitas no se observó personal que les diera mantenimiento, ni guardianía. Las lagunas estaban parcialmente cubiertas con lechuguines y lentejas de agua, además de tener malos olores y espuma en el efluente.

Cantón Palestina

Las AASS de Palestina son recolectadas y llevadas por su alcantarillado sanitario hasta la estación de bombeo, para luego ser enviadas hasta la planta de tratamiento formadas por lagunas de Oxidación que a su vez están compuestas por un sistema de: laguna facultativa y laguna de maduración. Las aguas servidas tratadas de este sistema descargan directamente sobre el río Daule, el cual está ubicado a 8 metros de la planta de tratamiento (Solorzano, 2021). En nuestro recorrido a la PTAR del cantón Palestina, esta se encontraba sin supervisión, abandonada, no había afluente ni efluente, había basura en sus alrededores y difícil acceso por el crecimiento de monte, maleza y árboles. En la parte superior de las lagunas había plantas acuáticas. En los recorridos, resultó imposible identificar la descarga de la PTAR por estar lleno de vegetación.

3.2 Resultados

pH, STT, SST y T°C

Fecha	Ubicación	pH	STT (mg/l)	SST (mg/l)	T (°C)
17 de julio.	Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	6.99	196.00	22.75	23.9
	Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791778.00 m S	6.77	73.50	32.00	23.3
	PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	6.75	319.37	45.25	24.0
14 de agosto.	Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791861.00 m S	6.84	71.60	12.92	22.2
	Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611529.00 m E / 9791774.00 m S	6.94	80.40	13.75	22.4
	PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	6.76	583.44	18.33	21.9
16 de agosto.	Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	7.20	144.25	23.75	26.1
	Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791778.00 m S	7.22	273.75	22.50	26.0
	PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	6.69	942.50	115	25.7

Tabla 7. Resultados obtenidos de pH, STT, SST y T°C en el cantón Daule.

Cantón Palestina

Fecha	Ubicación	pH	STT (mg/l)	SST (mg/l)	T (°C)
16 de agosto.	Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	7.41	69.06	17.50	24.6
	Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 612579.00 m E / 9820351.00 m S	7.36	77.81	15.00	25.9
19 de agosto.	Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	7.39	85.00	11.25	23.4
	Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 612582.00 m E / 9820357.00 m S	7.38	71.25	11.25	23.2

Tabla 8. Resultados obtenidos de pH, STT, SST y T°C de Palestina.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (mg/l)**

Cantón Daule

UBICACIÓN	1er MUESTREO 17/07/2024	2do MUESTREO 14/07/2024	3er MUESTREO 19/07/2024
Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	4.8	4.2	3.5
Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	3.3	3.6	3.7
Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791778.00 m S	9.4	4.1	5.4
Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791778.00 m S	8.4	3.0	6.2
PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	37.0	25.7	115.0
PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	19.8	12.1	13.5

Tabla 9. Resultados obtenidos del parámetro DBO del cantón Daule.

Cantón Palestina

UBICACIÓN	1er MUESTREO 17/07/2024	2do MUESTREO 14/07/2024
Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	4.1	3.2
Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M.	4.0	3.4

612579.00 m E / 9820351.00 m S		
--------------------------------	--	--

Tabla 10. Resultados obtenidos del parámetro DBO del cantón Palestina.

- **Coliformes Fecales (NMP/100ml)**

Cantón Daule

UBICACIÓN	PRIMER MUESTREO	SEGUNDO MUESTREO	TERCER MUESTREO
Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	2.8x10 ³	2.8x10 ³	2.1x10 ³
Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 611518.00 m E / 9791778.00 m S	4.6x10 ³	4.0x10 ³	3.4x10 ³
PTAR Daule. UTM, Zona 17 M. 611571.00 m E / 9791852.00 m S	5.0x10 ⁵	3.0x10 ⁵	4.0x10 ⁵

Tabla 11. Resultados obtenidos del parámetro de coliformes fecales del cantón Daule

Cantón Palestina

UBICACIÓN	16 de agosto Primer muestreo	19 de agosto Segundo muestreo
Aguas Arriba. UTM, Zona 17 M. 611406.00 m E / 9791856.00 m S	3.6x10 ³	7.0x10 ³
Aguas Abajo. UTM, Zona 17 M. 612579.00 m E / 9820351.00 m S	3.5x10 ³	6.0x10 ³

Tabla 12. Resultados obtenidos del parámetro de coliformes fecales del cantón Palestina

3.3 Análisis de Resultados comparados con la norma TULSMA.

- **Potencial de Hidrógeno**

Cuadro Comparativo del pH con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	6.99	6.5 a 9.5	Si Cumple
		Aguas Abajo	6.77	6.5 a 9.5	Si Cumple
		PTAR	6.75	*6 a 9	Si Cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	6.84	6.5 a 9.5	Si Cumple
		Aguas Abajo	6.94	6.5 a 9.5	Si Cumple
		PTAR	6.76	*6 a 9	Si Cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	7.2	6.5 a 9.5	Si Cumple
		Aguas Abajo	7.22	6.5 a 9.5	Si Cumple
		PTAR	6.69	*6 a 9	Si Cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	7.41	6.5 a 9.5	Si Cumple
		Aguas Abajo	7.36	6.5 a 9.5	Si Cumple

	19 Ago	Aguas Arriba	7.39	6.5 a 9.5	Si Cumple
		Aguas Abajo	7.38	6.5 a 9.5	Si Cumple

Tabla 13. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro pH con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

En la Tabla 26 se puede observar que todos los resultados correspondientes al pH de las muestras se encuentran dentro del rango encontrado en la Tabla 2 y la Tabla 9 del TULSMA, correspondiendo a las muestras tomadas en el río y en la PTAR respectivamente. Las muestras del cantón Daule tienen un promedio de 6.91, mientras que los del cantón Palestina tienen un promedio de 7.39.

Los valores de pH de las muestras tomadas en la PTAR del cantón Daule tuvieron un promedio de 6.73, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 7.01 para zona Aguas Arriba y 6.98 para zona Aguas Abajo, asimismo cumpliendo con los valores establecidos por la Tabla 4 del TULSMA. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 7.4 y 7.37 respectivamente, cumpliendo asimismo con la Tabla 4 del TULSMA.

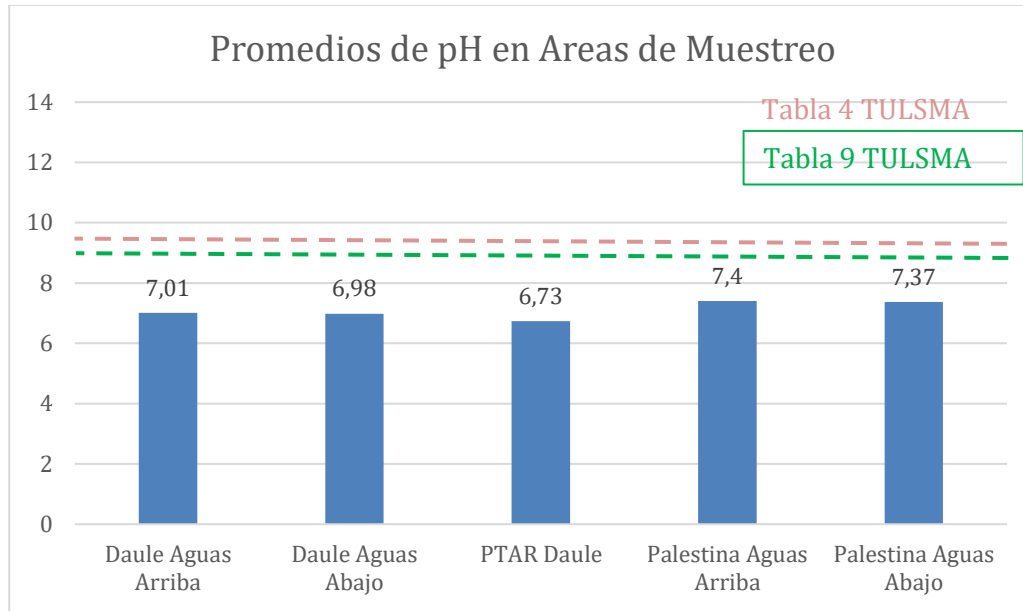


Tabla 14. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro pH.

- **Sólidos Totales**

Cuadro Comparativo de Sólidos Totales (mg/l) con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	73.5	1600	Si Cumple
		Aguas Abajo	196.0	1600	Si Cumple
		PTAR	319.37	1600	Si Cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	71.6	1600	Si Cumple
		Aguas Abajo	80.4	1600	Si Cumple
		PTAR	583.44	1600	Si Cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	144.25	1600	Si Cumple
		Aguas Abajo	273.75	1600	Si Cumple
		PTAR	942.5	1600	Si Cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	69.06	1600	Si Cumple
		Aguas Abajo	77.81	1600	Si Cumple
	19 Ago	Aguas Arriba	85.0	1600	Si Cumple
		Aguas Abajo	71.25	1600	Si Cumple

Tabla 15. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Sólidos Totales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

La Tabla 28 demuestra que los valores de los Sólidos Totales se encuentran muy debajo del rango propuesto por el TULSMA. En el cantón Daule, se observa que es evidente el incremento de Sólidos Totales en la zona Aguas Abajo al compararlas con Aguas Arriba, posiblemente por el efluente de la PTAR, aunque significativamente menor a la descarga de esta PTAR. El único caso sobresaliente es el resultado del 16 de agosto con valores más elevados en comparación al resto, probablemente por el incremento en la descarga por ser un fin de semana y la presencia de mayor materia orgánica en la ubicación del efluente de la PTAR.

En el caso de Palestina, los valores se encuentran en un rango de 70 – 90 mg/l, en parte gracias a que la PTAR del cantón se encuentra inactiva, lo cual posiblemente influiría en los valores de Aguas Abajo.

Para los resultados en Sólidos Totales, se usó como referencia exclusivamente a la Tabla 9 del TULSMA. Los resultados en Sólidos Totales de las muestras tomadas en la PTAR del cantón

Daule tuvieron un promedio de 615.10 mg/l, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 96.45 mg/l para zona Aguas Arriba y 183.38 mg/l para zona Aguas Abajo, asimismo cumpliendo con los valores establecidos en la tabla anteriormente mencionada. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 77.03 mg/l y 74.53 mg/l respectivamente, cumpliendo con la Tabla 9 del TULSMA.

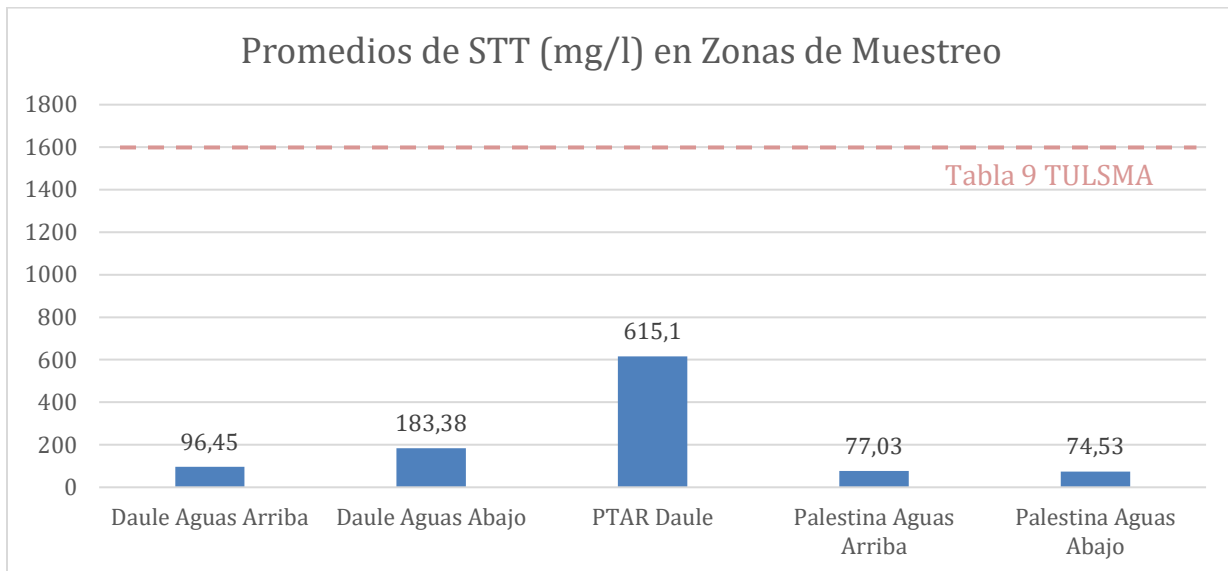


Tabla 16. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Sólidos Totales.

- **Sólidos Suspendidos Totales**

Cuadro Comparativo de Solidos Suspendidos Totales (mg/l) con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	22.75	130	Si Cumple
		Aguas Abajo	32.0	130	Si Cumple
		PTAR	45.25	130	Si Cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	12.92	130	Si Cumple
		Aguas Abajo	13.75	130	Si Cumple
		PTAR	18.33	130	Si Cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	22.75	130	Si Cumple
		Aguas Abajo	23.75	130	Si Cumple
		PTAR	115.0	130	Si Cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	17.5	130	Si Cumple
		Aguas Abajo	15.0	130	Si Cumple
	19 Ago	Aguas Arriba	11.25	130	Si Cumple
		Aguas Abajo	11.25	130	Si Cumple

Tabla 17. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Sólidos Suspendidos Totales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

La Tabla 30 refleja que, en el cantón Daule, para las muestras tomadas en el río, solo un caso no cumplió con el valor dispuesto por la Tabla 2 de la norma TULSMA, puesto a que la zona Aguas Abajo tuvo un incremento mayor al del 10%. El resto si cumplió con valores en un rango aceptable. El posible motivo detrás de este incremento se puede deber por el efluente proveniente de la PTAR cercana.

El cantón Palestina en cambio comparte su comportamiento con los resultados de Sólidos Totales, es decir, se mantienen en valores constantes puesto a la ausencia de una PTAR activa que pueda afectar la zona Aguas Abajo.

Los valores de SST de las muestras tomadas en la PTAR del cantón Daule tuvieron un promedio de 59.53 mg/l, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 19.47 mg/l para zona

Aguas Arriba y 23.17 mg/l para zona Aguas Abajo, en este caso no cumpliendo con lo establecido por la Tabla 2 del TULSMA, puesto a que tiene un incremento mayor al 10%. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 14.38 mg/l y 13.13 mg/l respectivamente, en este caso cumpliendo con la Tabla 2 del TULSMA por no tener un aumento mayor al 10%.

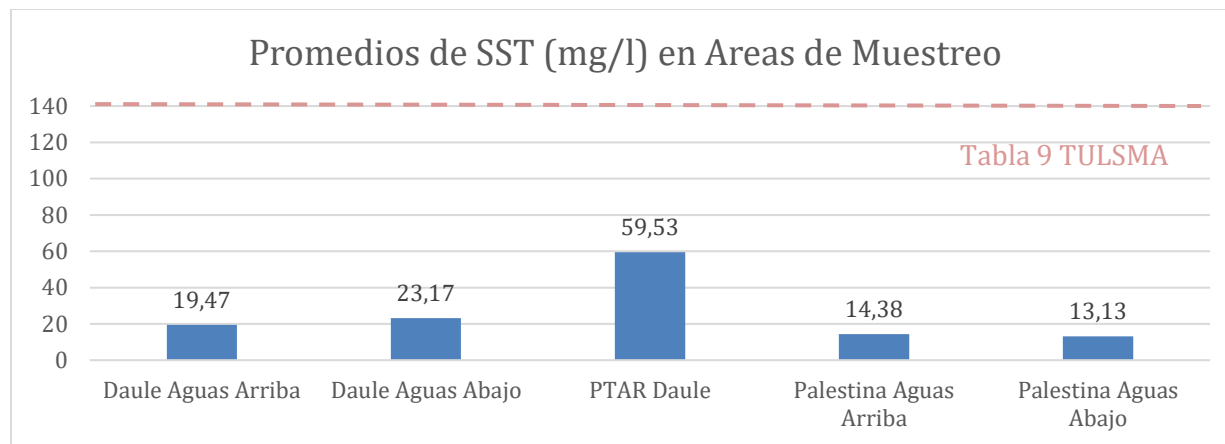


Tabla 18. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro SST.

- **Temperatura**

Cuadro Comparativo de Temperatura (°C) con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	23.9	25 ± 3	Si Cumple
		Aguas Abajo	23.3	25 ± 3	Si Cumple
		PTAR	24.0	25 ± 3	Si Cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	22.2	25 ± 3	Si Cumple
		Aguas Abajo	22.4	25 ± 3	Si Cumple
		PTAR	21.9	25 ± 3	Si Cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	26.1	25 ± 3	Si Cumple
		Aguas Abajo	26.0	25 ± 3	Si Cumple
		PTAR	25.7	25 ± 3	Si Cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	24.6	25 ± 3	Si Cumple
		Aguas Abajo	25.9	25 ± 3	Si Cumple
	19 Ago	Aguas Arriba	23.4	25 ± 3	Si Cumple
		Aguas Abajo	23.2	25 ± 3	Si Cumple

Tabla 19. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Temperatura con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

La Tabla 32 refleja que la temperatura de las muestras en ambos cantones cumple con lo establecido por la norma TULSMA. La poca elevación de las temperaturas pertenecientes a la fecha del 16 de agosto, en tanto cantón Daule como cantón Palestina, se puede deber a la presencia y la intensidad del sol en esa fecha.

Para los resultados en Temperatura, se usó como referencia exclusivamente a la Tabla 9 del TULSMA. Los resultados en Temperatura de las muestras tomadas en la PTAR del cantón Daule tuvieron un promedio de 23.87 °C, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 24.07 °C para zona Aguas Arriba y 23.9 °C para zona Aguas Abajo, asimismo cumpliendo con los valores establecidos en la tabla anteriormente mencionada. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 24 °C y 24.55 °C respectivamente, cumpliendo con la Tabla 9 del TULSMA.

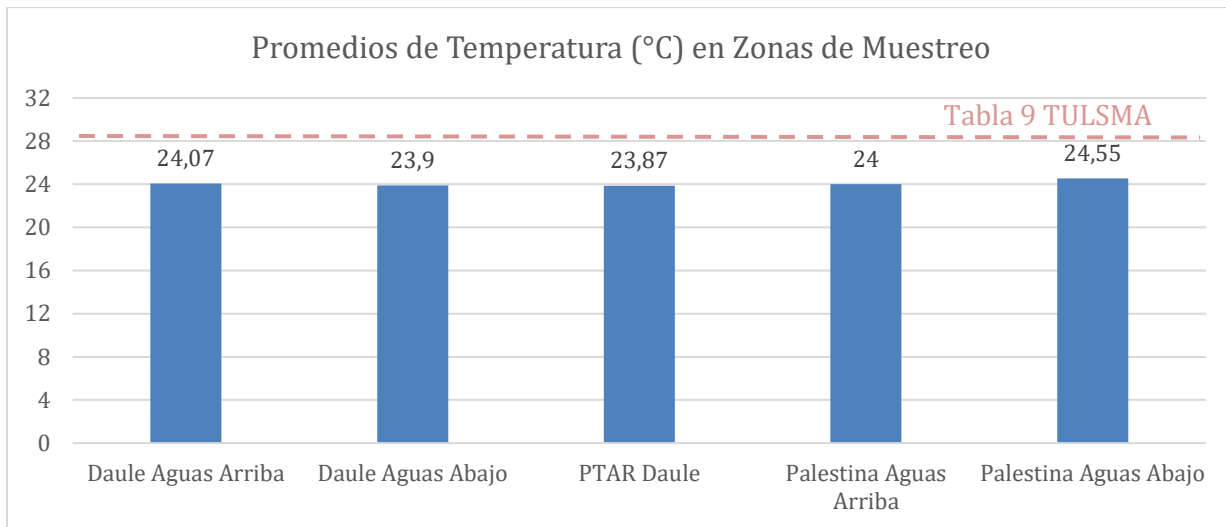


Tabla 20. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Temperatura.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno

Cuadro Comparativo de DBO (mg/l) con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	3.3	20	Si Cumple
		Aguas Abajo	8.4	20	Si Cumple
		PTAR	37.0	*100	Si Cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	4.2	20	Si Cumple
		Aguas Abajo	4.1	20	Si Cumple
		PTAR	25.7	*100	Si Cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	3.7	20	Si Cumple
		Aguas Abajo	6.2	20	Si Cumple
		PTAR	86.3	*100	Si Cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	4.1	20	Si Cumple
		Aguas Abajo	3.4	20	Si Cumple
	19 Ago	Aguas Arriba	3.9	20	Si Cumple
		Aguas Abajo	5.4	20	Si Cumple

Tabla 21. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro DBO con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

La Tabla 34 refleja que en el cantón Daule, tanto las muestras tomadas en el río como las muestras tomadas en la PTAR, cumplen con los parámetros de la norma TULSMA establecidos en la Tabla 2 y Tabla 9 respectivamente. El único caso sobresaliente pertenece a la fecha del 16 de agosto, donde posiblemente por haber sido un viernes hubo más carga orgánica presente en el efluente de la PTAR, motivo detrás del resultado de una DBO de 86.3 mg/l.

El cantón Palestina sigue con reflejando una situación similar a los parámetros anteriores donde se mantiene estable tanto en la zona Aguas Arriba como Aguas Abajo. Debido a la ausencia de un efluente perteneciente a la PTAR, no se pudo medir la DBO en ese punto.

Los valores de DBO de las muestras tomadas en la PTAR del cantón Daule tuvieron un promedio de 49.67 mg/l, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 3.3 mg/l para zona Aguas Arriba y 8.4 mg/l para zona Aguas Abajo, asimismo cumpliendo con los valores establecidos por

la Tabla 2 del TULSMA. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 4.0 mg/l y 4.4 mg/l respectivamente, cumpliendo asimismo con la Tabla 2 del TULSMA.

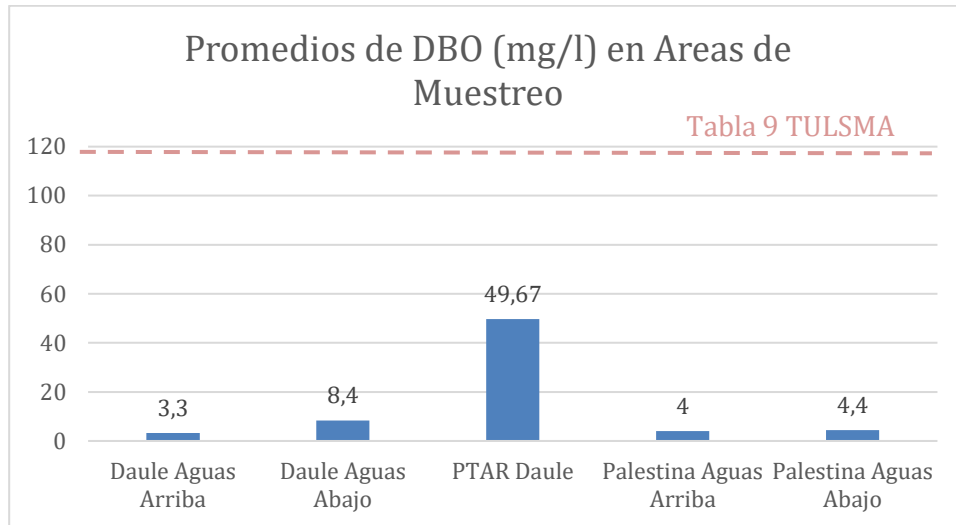


Tabla 22. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro DBO.

- **Coliformes Fecales**

Cuadro Comparativo de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) con TULSMA					
Cantón	Fecha	Ubicación	Resultado	TULSMA	Observaciones
Daule	17 Jul	Aguas Arriba	2.8×10^3	200	No cumple
		Aguas Abajo	4.6×10^3	200	No cumple
		PTAR	5.0×10^5	*2000	No cumple
	14 Ago	Aguas Arriba	2.8×10^3	200	No cumple
		Aguas Abajo	4.0×10^3	200	No cumple
		PTAR	3.0×10^5	*2000	No cumple
	16 Ago	Aguas Arriba	2.1×10^3	200	No cumple
		Aguas Abajo	3.4×10^3	200	No cumple
		PTAR	4.0×10^5	*2000	No cumple
Palestina	16 Ago	Aguas Arriba	3.6×10^3	200	No cumple
		Aguas Abajo	3.6×10^3	200	No cumple
	19 Ago	Aguas Arriba	6.0×10^3	200	No cumple
		Aguas Abajo	7.0×10^3	200	No cumple

Tabla 23. Cuadro comparativo de los resultados obtenidos del parámetro Coliformes Fecales con los parámetros permisibles de la norma TULSMA.

La Tabla 16 demuestra que ninguno de los resultados obtenidos de los muestreos en ambos cantones cumple con lo establecido por la norma TULSMA, con los casos más críticos perteneciendo al efluente de la PTAR del cantón Daule y al río en el cantón Palestina.

Los resultados presentes en los ríos en ambos cantones también se encuentran excediendo lo establecido por la norma. Se puede observar que en el cantón Daule hay un incremento en las coliformes fecales comparando las zonas Aguas Arriba con Aguas Abajo. Posiblemente esto se atribuya al efluente de la PTAR. El cantón Palestina en cambio se mantiene constante en ambas zonas, lo cual podría significar que las aguas ya se encontraban anteriormente contaminadas.

Los valores de coliformes fecales de las muestras tomadas en la PTAR del cantón Daule tuvieron un promedio de $4 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, lo cual excede significativamente el valor establecido de la Tabla 9 de la norma TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 2566.67 NMP/100 ml para zona Aguas Arriba y 4000 NMP/100 ml para zona Aguas Abajo, también incumpliendo con los valores establecidos por la Tabla 6 del TULSMA. Los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo tienen un valor promedio de 4800 NMP/100 ml y 5300 NMP/100 ml respectivamente, siguiendo con el incumplimiento de la Tabla 6 del TULSMA. Adicionalmente para el cantón de Palestina, los valores exceden el criterio para Coliformes Totales, un parámetro que incluye coliformes fecales, perteneciente a la Tabla 7 del TULSMA, la cual tiene un valor máximo de 4000 NMP/100 ml.

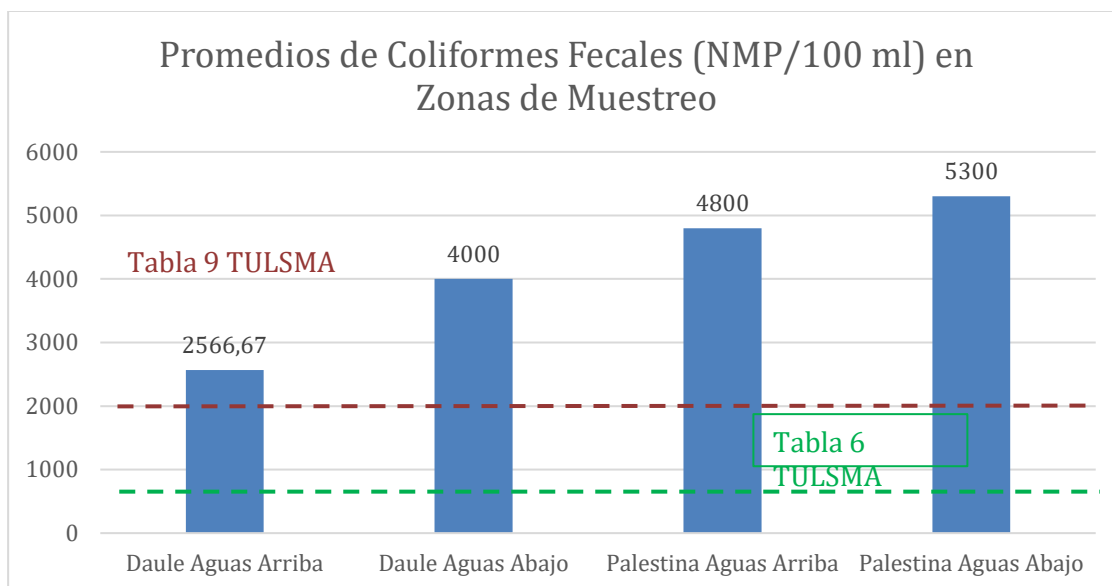


Tabla 24. Cuadro comparativo de promedios de resultados en distintas áreas de muestreo con los de la norma TULSMA en el parámetro Coliformes Fecales.

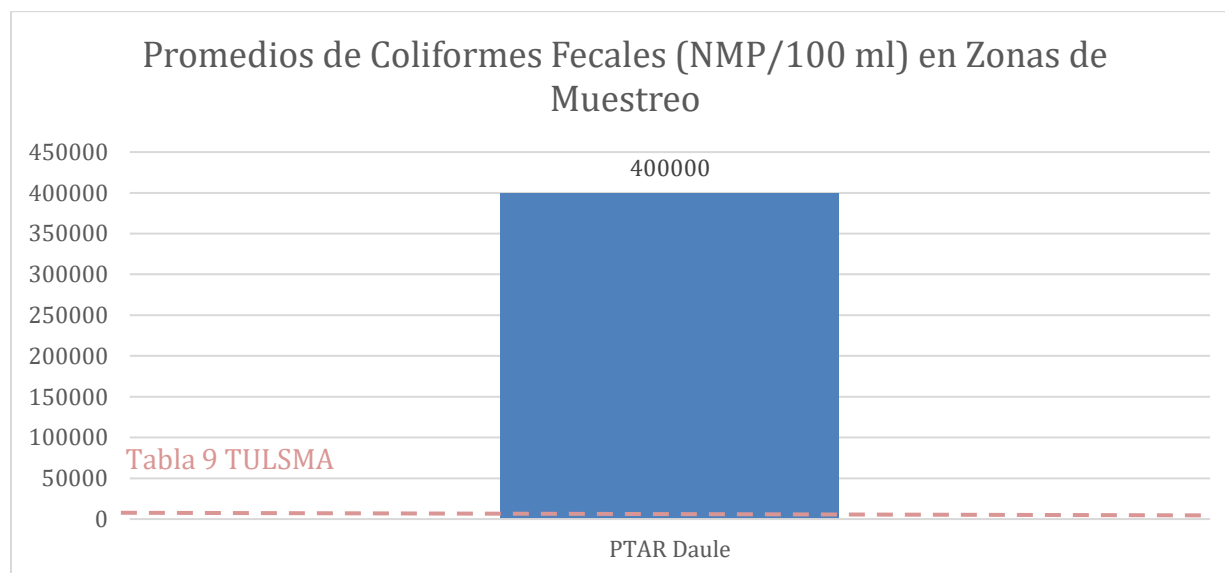


Tabla 25. Cuadro comparativo del promedio de resultados de la PTAR del cantón Daule con los de la norma TULSMA en el parámetro Coliformes Fecales.

3.4 Análisis de Resultados comparados con estudios pasados

En esta sección se va a hacer un análisis comparativo de los resultados obtenidos en nuestro estudio con aquellos de años pasados. Estas siendo:

1. “Biomonitoreo de la calidad del agua para determinar la naturaleza y grado de contaminación por la agricultura y actividades afines en los principales ríos de la cuenca del río Guayas” publicada por la Universidad Agraria del Ecuador en el año 2011.
2. “Estudio de las aguas y sedimentos del río Daule en la provincia del Guayas, desde el punto de vista físico químico, orgánico, bacteriológico y toxicológico” publicada por Justo Pastor Huayamave Navarrete en el año 2013.
3. “Diagnóstico de la operación y mantenimiento y evaluación de impactos ambientales de las lagunas de oxidación de la ciudad Palestina, Provincia del Guayas” elaborada por Elvyn Francisco Solorzano Macías en el año 2021.

Para cada uno de los datos escogidos del estudio presente, se optó utilizar el promedio de los parámetros en la zona de muestreo Aguas Abajo de cada cantón.

Cantón Daule

Parámetro	Año del estudio		
	2010 (1)	2013 (2)	2024
pH	7.34	6.85	6.91
ST	**	177.85	406.3
SST	68.29	87.3	53.58
T°C	28.52	27.7	23.9
DBO	5.17	24.75	6.23
COL. FEC.	1100	3230	4000

** = no contiene datos

Tabla 26. Tabla comparativa de resultados de estudios anteriores con el estudio presente en cuando a parámetros de calidad del agua para el río Daule, ubicado en el cantón Daule.

En la Tabla 18 se puede apreciar el incremento de Coliformes Fecales desde el año 2010 hasta el 2013, en vista un posible crecimiento poblacional en el cantón Daule, problema que no se ha solventado al observar la PTAR y su ineficiencia, debido a un número mayor de coliformes fecales presentes en el río en el año 2024 y la presencia de malos olores en la PTAR.

Cantón Palestina

Parámetro	Año del estudio		
	2013 (2)	2021 (3)	2024
pH	6.57	**	7.37
ST	170.46	805	74.53
SST	83.56	62	13.22
T°C	27.21	**	24.55
DBO	24.18	31.5	3.4
COL. FEC.	19900	2000	5310

** no contiene datos

Tabla 27. Tabla comparativa de resultados de estudios anteriores con el estudio presente en cuando a parámetros de calidad del agua para el río Daule, ubicado en el cantón Palestina.

En la Tabla 19 se observa un caso contrario al anterior, en el sentido donde empezó con un elevado número de coliformes fecales, la cual fue disminuyendo al punto de cumplir con la norma TULSMA gracias la presencia de una PTAR, pero lastimosamente en vista a la inactividad actual de la PTAR citada, el río nuevamente se encuentra contaminado.

PLAN DE MEJORAS

PLAN DE MEJORAS PARA LAS LAGUNAS DE OXIDACIÓN

En las conclusiones de la presente investigación se detalla la falta de funcionamiento de las lagunas de Palestina y las fallas en las lagunas de oxidación de Daule, por lo que se presenta un plan de mejoras general, tomando en cuenta estas deficiencias y lograr que sus efluentes que van al río Daule cumplan con la normativa ambiental de descargas a cuerpos de agua dulce. Entre las mejoras podemos detallar:

1.- EVALUACIÓN INICIAL DE LAS LAGUNAS

Realizar una inspección general para verificar los problemas de funcionamiento a simple vista como: olores, proliferación de algas - plantas acuáticas, crecimiento de maleza, sólidos flotantes,

que el afluente y el efluente en cada laguna que mantengan un nivel de agua adecuado, descarga, entre otros puntos que se podrán identificar en la inspección.

Realizar el análisis y diagnóstico del tratamiento de aguas servidas de cada localidad a partir de la determinación de los parámetros básicos de operación como: caudal, tiempo de retención hidráulica, carga orgánica, calidad del agua del afluente y efluente, porcentaje de la eficiencia, nivel de lodos sedimentados y medidas actuales de las lagunas.

2.- AMPLIACIÓN O REDISEÑO DEL TRATAMIENTO

A partir de las mediciones de caudal, tiempo de retención, medidas de las lagunas y todos los datos del punto anterior, se determinará mediante cálculos si el dimensionamiento de las lagunas es el adecuado para el tratamiento de aguas servidas de la población actual y futura, caso contrario se tendrá que realizar rediseño de las lagunas o ampliaciones.

A partir de los datos de la calidad de agua del afluente se considerará si existe la necesidad de complementar el sistema de tratamiento con pretratamientos. Para reducir los coliformes hay que verificar las medidas de las lagunas, verificar afluente y asegurarse de que reciban suficiente luz solar posiblemente cubierto por la vegetación de la zona, de ser necesario ampliar el sistema.

3.- MANTENIMIENTO CONSTANTE

Implementar un sistema de monitoreo constante de los parámetros básicos como caudales que deberán ser a diario, además de los parámetros de pH, temperatura, OD, SST, STT, DBO, Nutrientes y Coliformes que se realizarán quincenalmente en un periodo inicial y cuando la planta alcance su eficiencia de diseño se podrían espaciar los monitoreos.

Limpieza de áreas cercanas a las lagunas, como malezas en los alrededores, árboles en el perímetro cercano que impidan el ingreso de energía solar, retirada de lodos, grasas flotantes y plantas acuáticas, limpieza de área de descarga, de rejillas, desarenador de ser el caso.

El sistema de tratamiento debe contar con seguridad o control de ingreso por las comunidades vecinas que puedan tener accidentes.

PLAN DE MEJORAS PARA EL RÍO DAULE

- Identificar todas las descargas contaminantes al río Daule por las plantas de tratamiento de aguas servidas domésticas e industriales, no solo de las cabeceras cantonales sino también las del área rural, para controlar estas descargas y evitar afectaciones. Estos contaminantes afectan también a la cadena trófica.
- Planificar reuniones y plan de acción con las entidades de gobierno encargadas del agua para fortalecer los controles de estas descargas contaminantes al río Daule para que cumplan con las normativas vigentes, ejecutando sanciones en pro al cuidado ambiental.
- Los municipios deben ampliar y mejorar las redes de alcantarillado sanitario para evitar descargas clandestinas y controles en las descargas industriales para que los afluentes a las PTAR sean aguas domésticas. Deben ampliar, mejorar o rediseñar los sistemas de PTAR. Deben también disponer de recursos económicos para la operación y mantenimiento de las PTAR, ya que estos sistemas de lagunas de oxidación por ser los más sencillos en su manejo tienden a ser abandonados.
- La comunidad debe crear un organismo de control sobre estas descargas contaminantes, de tal manera que puedan informar a los municipios o gobierno central para que se tomen medidas en caso de contaminación al río.
- Se deben evaluar los impactos ambientales negativos para implementar un plan de mitigación y rehabilitación de impactos, sobre todo a la flora y fauna, calidad de agua y suelo. Debido a que las AASS parcialmente tratadas son descargadas al suelo afectando

flora y fauna, luego estas escurren hacia el río Daule, al cual también le generan afectación a la calidad del agua, la flora y la fauna acuática sobre todo por las bacterias coliformes, cierta cantidad se infiltra en el suelo pudiendo generar contaminación de aguas subterráneas. Durante la O&M retiran sólidos flotantes, grasas y biomasa que los colocan en los bordes de las lagunas para que el sol los deshidrate, sin embargo, durante ese proceso generan efectos negativos al suelo, su flora y fauna.

CONCLUSIONES

El análisis realizado de la calidad del agua en el río Daule en los sectores de Daule y Palestina, y la calidad de agua de la descarga de la PTAR de Daule; ha permitido obtener conclusiones relevantes sobre el impacto ambiental hacia el río Daule. A continuación, se detallan:

- Potencial de Hidrógeno (pH)

Los valores de pH de las muestras en la descarga de la PTAR del cantón Daule en promedio es 6.73, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 del TULSMA para descargas a cuerpos de agua dulce.

El pH en el río Daule en promedio dio 7.01 y 6.98 sector Daule y 7.4 y 7.37 sector Palestina, aguas arriba y aguas abajo, respectivamente; en ambos sectores cumplen con la Tabla 2 del TULSMA, Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

- Sólidos Totales (STT)

Los resultados en STT en la descarga de la PTAR del cantón Daule en promedio es 615.10 mg/l, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 del TULSMA. Las muestras en el río en el sector del cantón Daule en promedios dio 96.45 mg/l para zona aguas Arriba y 183.38 mg/l para zona aguas abajo, y los resultados de las muestras del río en el cantón Palestina en las zonas aguas arriba y aguas abajo en promedio son 77.03 mg/l y 74.53 mg/l respectivamente, cumpliendo con la Tabla 2 del TULSMA.

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Los valores de DBO de las muestras tomadas en la descarga de la PTAR del cantón Daule en promedio es de 49.67 mg/l, lo cual se encuentra dentro del rango de la Tabla 9 del TULSMA. Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de 3.3 mg/l para zona aguas arriba y

8.4 mg/l para zona aguas abajo y para el sector de Palestina en las zonas aguas arriba y aguas Abajo en promedio son de 4.0 mg/l y 4.4 mg/l respectivamente, cumpliendo en ambos sectores con la Tabla 2 del TULSMA.

- Coliformes fecales

Los valores de coliformes fecales de las muestras de la descarga de la PTAR del cantón Daule en promedio es $4 \cdot 10^5$ NMP/100 ml, lo cual excede significativamente el límite establecido de la Tabla 9 del TULSMA.

Las muestras del río de cantón Daule tuvieron promedios de $2.5 \cdot 10^3$ NMP/100 ml para zona Aguas Arriba y $4 \cdot 10^3$ NMP/100 ml para zona Aguas Abajo y en el sector de Palestina en las zonas Aguas Arriba y Aguas Abajo en promedio son $4,8 \cdot 10^3$ NMP/100 ml y $5,3 \cdot 10^3$ NMP/100 ml respectivamente, ambos sectores exceden el límite permisible como criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto primario y secundario, tabla 6 y 7 del TULSMA, respectivamente.

Este estudio muestra que el efluente de la PTAR del cantón Daule tiene un efecto notorio negativo en el parámetro de coliformes fecales, que afecta la calidad del agua del río. También se pudo percibir durante la toma de muestras en la PTAR de Daule la presencia de malos olores, sólidos flotantes y lechuguines. A pesar de que los valores de DBO de la descarga dieron dentro del rango permitido, los olores pueden ser por generación de sulfuros o materia orgánica en las primeras lagunas; por lo que se concluye que las lagunas de oxidación de Daule requieren mejoras en su O&M.

En Palestina, durante la visita a la PTAR se pudo percibir que no estaba operativa, consultado a los moradores del lugar, manifestaron quejas con respecto a la calidad del agua del río en ese sector.

RECOMENDACIONES

- Mantener un monitoreo periódico de la calidad de agua del río Daule, aguas arriba y aguas debajo de las descargas de las plantas de tratamiento de aguas servidas de las diferentes poblaciones que se ubican al margen del río, para identificar cuáles son los parámetros que generan contaminación e impactos negativos sobre este cuerpo hídrico.
- Que las municipalidades de Daule y Palestina evalúen y mejoren sus plantas de tratamiento de aguas servidas para que sean eficientes y cumplan la normativa ambiental de descargas a cuerpos de agua dulce.
- En la descarga de aguas servidas parcialmente tratadas de la PTAR Daule, se recomienda extender la tubería de descarga, para que esta sea directa al río.
- Colocar letreros informativos, respecto a la calidad de agua, a las laderas del río en los sitios que no se cumpla con la normativa ambiental. En donde se podría realizar actividades recreativas como la natación y la pesca en la zona.

Referencias

- Abarca, L. (2017). Nivel de importancia de las causas de generación de residuos en la construcción en Costa Rica. *Tecnología En Marcha*, 30(4).
- Aconsa. (25 de Mayo de 2021). *Parámetros químicos de calidad del agua: ¿Cuáles incluye la normativa?* Recuperado el 2 de July de 2024, de Aconsa: <https://aconsa-lab.com/parametros-quimicos-calidad-agua-cuales-incluye-la-normativa/>
- Acosta, R. S. (2008). *Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos*. Brujas.
- Universidad del Valle. (2007). *Avances en investigación y desarrollo en agua y saneamiento para el cumplimiento de las metas del milenio*. https://books.google.com.ec/books?id=vpFqgpFHBmYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Campos, I. (2000). *Saneamiento Ambiental*. EUNED.
- Cid, Á. (2014). *Estudio de viabilidad de un proceso de eliminación de amonio mediante electrooxidación en la EDAR Valle del Vinalopó (Elda)*. Universidad de Alicante.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Municipales: Lagunas de Estabilización*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua/documentos/biblioteca-digital-de-mapas>
- Da Ros, G. (1995). *La contaminación de aguas en Ecuador: una aproximación económica*. Instituto de Investigaciones Económicas, P.U.C.E.
- Delgadillo, O., Camacho, A., Pérez, L. F., & Andrade, M. (2010). *Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales*. Nelson Antequera.

- Díaz, C., Fall, C., Quentin, E., Jiménez, M., Esteller, M., Garrido, S. E. & García, D. (2003). *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domesticas*. RIPDA-CYTED.
- Esteve, M. A., & Lloréns, M. (2003). *Los Recursos Naturales de la Región de Murcia: Un Análisis Interdisciplinar*. (M. A. Esteve Selma, M. Lloréns Pascual del Riquelme, & C. Martínez Gallur, Edits.) Universidad de Murcia.
- FAO. (1993). *Prevencion de la Contaminacion del Agua por la Agricultura y Actividades Afines*.
FAO.
- García, M., Martínez, F., Utrilla, A., Morillo, R. M., Ania, J. M., Cardeñosa, M. J. & Azañón, R. (2006). *Ats/duo Vol. Ii. Personal Laboral de la Comunidad Autonoma de Extremadura. Temario Especifico*. Editorial MAD.
- García, C. (2008). *Evaluacion, optimizacion y rediseño de las lagunas de estabilizacion el cucho, sullana*. Universidad de Piura, facultad de Ingeniria. Programa academico de Ingenieria civil.
- Gil, M. (2003). *Cálculos avanzados en procesos de descontaminación de aguas*. CSIC.
- Gobierno de las Islas Baleares. (s.f.). *Salud ambiental - Sulfatos*. Recuperado el 15 de August de 2024, de Govern de les Illes Balears: <https://www.caib.es/sites/salutambiental/es/sulfats-26202/>
- HACH. (s.f.). *Sólidos (totales y disueltos)*. Recuperado el 13 de August de 2024, de Hach: <https://es.hach.com/parameters/solids>
- HANNA® instruments. (29 de March de 2019). *¿Qué es la turbidez? » HANNA® instruments Ecuador*. Recuperado el 2 de July de 2024, de HANNA® instruments: <https://hannainst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/que-es-la-turbidez/>

- HANNA® instruments. (2 de May de 2022). *La guía completa para la medición de turbidez en el agua* » HANNA® instruments Ecuador. Recuperado el 2 de July de 2024, de HANNA® instruments: <https://hannainst.ec/blog/analisis-de-agua-boletines/la-guia-completa-para-la-medicion-de-turbidez-en-el-agua/>
- Huaman, C. (2017). Diseño de una planta de tratamiento por aplicación anaeróbica en el centro poblado de Chainapampa, distrito de Acoria – Huancavelica (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Los Andes: Huancayo. Obtenido de <http://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/UPLA/260/Huaman%20Ramon%20Channell%20Flower.pdf?sequence=1>
- Huamani, J. (2020). Propuesta de mejora de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas por lodos activados en Campamento Obreros, Minera Ares, Arequipa, 2020. Universidad Continental. Obtenido de <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/9043>
- Jiménez, B. E. (2001). *La Contaminación Ambiental en México*. Editorial Limusa S.A. De C.V.
- Lanza-Espino, G. I. (1999). *Diccionario de hidrología y ciencias afines*. Plaza y Valdés Editores.
- Linck, A., & Weemaels, N. (2010). *Hacia una Agenda Sudamericana del Agua*. Obtenido de FES-ILDIS: <https://ecuador.fes.de/index.html>
- López, J. A. (2003). *Principios básicos de contaminación ambiental*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- López del Mino, S. J., & Martín, S. (2017). *UF1666 - Depuración de aguas residuales*. Editorial Elearning, S.L.

- Lopez, A. (10 de May de 2024). *Cloruros de agua residual de minería*. Recuperado el 15 de August de 2024, de Hanna Instruments Chile: <https://hannachile.com/2024/05/10/cloruros-de-agua-residual-de-mineria/>
- Luna, V. M. (2023). *Manual de prácticas básicas para el estudio de la Microbiología ambiental de agua y suelo*. UNAM, Facultad de Química.
- Mamani, W., Suárez, N., & García, C. (2003). *Contaminación del agua e impactos por actividad hidrocarburífera en la serranía Aguaragüe*. Fundación PIEB.
- Manahan, S. E. (2006). *Introducción a la química ambiental*. Reverté.
- Mara, D. (2004). *Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries*.
- Marín, R. (2019). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos: Tratamiento y control de calidad de aguas*. Ediciones Diaz de Santos S.A.
- Moreno, L. (Ed.). (2002). *La depuración de aguas residuales urbanas de pequeñas poblaciones mediante infiltración directa en el terreno*. Ministerio de Ciencia y Tecnología, Instituto Geológico y Minero de España ; [Granada].
- National research council (US). (1977). *Drinking water and health*. Obtenido de <https://nap.nationalacademies.org/read/1780/chapter/1>
- O'Donnell, D. (20 de Septiembre de 2021). *Three main types of water quality parameters explained. Retrieved from Sensorex liquid analysis technology*. Obtenido de <https://sensorex.com/three-main-types-of-water-quality-parameters-explained/>
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Organización Mundial de la Salud.
- Orozco, C., Alfayate, J. M., Pérez, A., & Rodriguez, F. J. (2002). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo, S.A.

- Orozco, A. (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales*. Acodal.
- Ortiz, P. (2014). Taller "Operación y Mantenimiento de sistemas de Alcantarillado Sanitario y Plantas de Tratamiento de aguas Residuales". En *La ceiba, Atlántida: Medio Ambiente*.
- Osorio, F., Torres, J. C., & Sánchez, M. (2011). *Tratamiento de aguas para la eliminación de microorganismos y agentes contaminantes.: Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Editorial Díaz de Santos, S.A.
- Peña, M., & Mara, D. D. (2003). Guía práctica para el diseño de lagunas de estabilización de desechos. Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Pérez, G. R., Calderón, J. G., & Forero, R. G. (2020). *Plantas piloto de tratamiento de agua potable y agua residual*. Universidad de la Salle.
- Ramis, J. (2019). *Aguas residuales urbanas*. Editorial Elearning, S.L.
- Rojas, R. (25-27 de Septiembre de 2002). Curso internacional "Gestión integral de tratamiento de aguas residuales".
- Roldán, G., & Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, J. (2013). En *Tratamiento de aguas residuales*. Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería.
- Rosales, E. (2014). *Tanques sépticos: Conceptos teóricos base y aplicaciones*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Sainz, J. A. (2005). *Tecnologías para la sostenibilidad : procesos y operaciones unitarias en depuración de aguas residuales*. Fundación Escuela de Organización Industrial.
- Sierra, C. A. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.

- Taipicaña, D. M. (2019). *El agua residual como recurso de nutrientes*. Universidad de Alcalá, Universidad Rey Juan Carlos.
- Tchobanoglous, G., Burton, F.L., & Stensel, H. D. (2002). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill Education.
- Tchobanoglous, G., Louis Burton, F., & Stensei, H. (2003). *Wastewater Engineering Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.
- Trapote, A. (2014). *Infraestructuras Hidráulico-Sanitarias II. Saneamiento y drenaje urbano*. Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Valencia, C. H. (2016). *Aguas residuales: una visión integral*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Vázquez, F. (28 de Marzo de 2016). Lagunas de estabilización. Obtenido de <https://revistas.unne.edu.ar/index.php/eitt/article/view/3004>
- Villaseñor Camacho, J. (2001). *Eliminación biológica de fósforo en aguas residuales urbanas*[. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Anexos

		R.U.C.: 0992382333001							
LABOMERSA SA LABOMERSA SA DIRECCION Cda. Bellavista Mz. 14 Villa 26A MATRIZ: DIRECCION CDLA. BELLAVISTA MZ. 14 VILLA 26A SUCURSAL: OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI		FACTURA N°: 001-002-000029094 NUMERO DE AUTORIZACION 2606202401099238233300120010020000290941234567819 FECHA Y HORA DE AUTORIZACION 26/06/2024 10:19:39 AMBIENTE: PRODUCCION EMISION: NORMAL CLAVE DE ACCESO  2606202401099238233300120010020000290941234567819							
Agente de Retención Resolución No.:1		RUC/CI: 1303139438001							
Razón Social/Nombres y Apellidos: SOLORZANO ALCIVAR MARIA ISABEL Dirección: Fecha Emisión: 26/06/2024		Guía Remisión: 001-002-000029094							
Código Principal	Código Auxiliar	Cantidad	Descripción	Adicional	Adicional	Adicional	Precio Unitario	Descuento	Precio Total
107228050	107228050	1.00	AGUA DE PEPTONA TAMPONADA 500 GR	VM1067728	30/11/2028		49.00	0.00	49.00
Formas de Pago OTROS CON UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO				56.35	SUBTOTAL 15% 49.00 SUBTOTAL 0% 0.00 SUBTOTAL NO OBJETO IVA 0.00 SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 49.00 DESCUENTO 0.00 ICE 0.00 IVA 15% 7.35 PROPINA 0.00 VALOR TOTAL 56.35				
INFORMACION ADICIONAL Dirección Matriz: Hanta, Vía San Juan Km 1 1/2 Teléfono: 0978721257 Observación: PEDIDO VIA TELEFONICA Vendedor: ALMACEN GYE Mail: concremansa235@yahoo.es Contacto Telefono: 042220102-042220103 WhatsApp: ventas@labomersa.com									

Ilustración 13. Proforma de precio, agua de peptona tamponada 500 gr. Fuente: Autor,



Ilustración 14. Ingreso a la laguna de oxidación Daule. Fuente: Autor.



Ilustración 15. Laguna de oxidación Daule. Fuente Autor.



Ilustración 16. Zona de descarga de agua en planta de tratamiento Daule. Fuente: Autor.



Ilustración 17. Sector cercano a zona de descarga de agua PTAR Daule, Río Daule. Fuente: Autor.



Ilustración 18. Ubicación a cinco metros de la zona de descarga de agua de PTAR Daule.



*Ilustración 19. Laguna de estabilización Palestina.
Fuente: Autor*



*Ilustración 20. Recolección de muestras en PTAR Daule,
zona de descarga. Fuente: Autor.*



Ilustración 21. Recolección de muestras en PTAR Daule, zona de descarga. Fuente: Autor.



Ilustración 22. Toma de muestra en Río Daule con Botella Van Dorn. Fuente: Autor.



Ilustración 23. Muestras llevadas al laboratorio para futuro análisis. Fuente: Autor.



Ilustración 24. Botellas para DBO. Fuente: Autor.



Ilustración 25. Sólidos suspendidos totales. Fuente: Autor.

Primera Prueba Cantón Daule 17 de julio, 2024			
Pruebas	DBO inicial (mg/l)	DBO después de 5 días (mg/l)	Diferencia
Blanco 1	8.37	8.34	0.03
Blanco 2	8.40	7.77	0.63
Blanco 3	8.39	4.54	3.85
Blanco 4	8.50	4.42	4.48
Muestra Rio Aguas Arriba 150 ml	8.38	5.76	2.62
Muestra Rio Aguas Arriba 200 ml	8.49	6.08	2.41
Muestra Rio Aguas Abajo 150 ml	8.36	3.41	4.95
Muestra Rio Aguas Abajo 200 ml	8.31	2.50	5.81
Muestra PTAR. Daule 15 ml	8.24	6.15	2.09
Muestra PTAR. Daule 30 ml	8.26	6.04	2.22

Tabla 28. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 17 de julio del 2024.

Segunda Prueba Cantón Daule 14 de agosto, 2024			
Pruebas	DBO inicial (mg/l)	DBO después de 5 días (mg/l)	Diferencia
Blanco 1	8.53	8.44	0.09
Blanco 2	8.43	7.74	0.69
Blanco 3	8.46	3.93	4.53
Blanco 4	8.46	4.23	4.23
Muestra Rio Aguas Arriba 150 ml	8.46	5.90	2.56
Muestra Rio Aguas Arriba 200 ml	8.48	5.61	2.87
Muestra Rio Aguas Abajo 150 ml	8.52	6.01	2.51
Muestra Rio Aguas Abajo 200 ml	8.49	6.01	2.48
Muestra PTAR Daule 30 ml	8.17	5.15	3.02
Muestra PTAR Daule 50 ml	7.88	5.33	2.55

Tabla 29. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 14 de agosto del 2024.

Tercera Prueba Cantón Daule 16 de agosto, 2024			
Pruebas	DBO inicial (mg/l)	DBO después de 5 días (mg/l)	Diferencia
Blanco 1	8.09	7.98	0.11
Blanco 2	8.00	7.36	0.64
Blanco 3	8.07	3.57	4.5
Blanco 4	8.07	4.26	3.81
Muestra Rio Aguas Arriba 150 ml	8.13	5.93	2.2
Muestra Rio Aguas Arriba 200 ml	8.08	5.16	2.92
Muestra Rio Aguas Abajo 150 ml	7.38	4.22	3.16
Muestra Rio Aguas Abajo 200 ml	7.08	2.51	4.57
Muestra PTAR. Daule 30 ml	7.93	5.56	2.37
Muestra PTAR. Daule 50 ml	7.51	3.95	3.56

Tabla 30. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Daule el 16 de agosto del 2024.

Primera Prueba Cantón Palestina 16 de agosto, 2024			
Pruebas	DBO inicial (mg/l)	DBO después de 5 días (mg/l)	Diferencia
Blanco 1	8.09	7.98	0.11
Blanco 2	8.00	7.36	0.64
Blanco 3	8.07	3.57	4.5
Blanco 4	8.07	4.26	3.81
Muestra Palestina Río A. Arriba 150 ml	7.98	5.47	2.51
Muestra Palestina Río A. Arriba 200 ml	7.95	5.52	2.43
Muestra Palestina Río A. Abajo 150 ml	8.02	5.47	2.55
Muestra Palestina Río A. Abajo 200 ml	8.02	5.88	2.14

Tabla 31. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Palestina el 16 de agosto del 2024.

Segunda Prueba Cantón Palestina 19 de agosto, 2024			
Pruebas	DBO inicial (mg/l)	DBO después de 5 días (mg/l)	Diferencia
Blanco 1	8.43	8.16	0.27
Blanco 2	8.33	7.5	0.83
Blanco 3	8.39	4.81	3.58
Blanco 4	8.36	4.05	4.31
Muestra Palestina Río A. Arriba 150 ml	8.23	5.91	2.32
Muestra Palestina Río A. Arriba 200 ml	8.12	5.29	2.83
Muestra Palestina Río A. Abajo 150 ml	8.18	5.12	3.06
Muestra Palestina Río A. Abajo 200 ml	8.11	5.58	2.53

Tabla 32. Resultados obtenidos del ensayo DBO 5-días de las muestras tomadas del cantón Palestina el 19 de agosto del 2024.



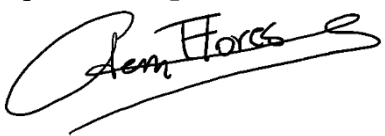
DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotros, **Flores Solorzano, Glenn Andrés** C.C: #1313462564 y **Verduga Mayorga, Galo Alfonso**, con C.C: #0928008390, autores del trabajo de titulación: **Efectos de la descarga de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas sobre la calidad del río Daule**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 5 de septiembre de 2024

f. 

Flores Solorzano, Glenn Andrés
C.C: 1313462564

f. 

Verduga Mayorga, Galo Alfonso
C.C: 0928008390



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Efectos de la descarga de dos Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales domésticas sobre la calidad del río Daule.		
AUTOR(ES)	Flores Solorzano, Glenn Andrés Verduga Mayorga, Galo Alfonso		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Glas Cevallos, Clara Catalina		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Ingeniería Civil		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	5 de septiembre de 2024	No. DE PÁGINAS:	83
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería, tratamiento, aguas residuales de origen doméstico		
PALABRAS CLAVES/KEYWORDS:	TULSMA, PTAR, Coliformes Fecales, Río Daule, Parámetros, Muestreo		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>La investigación analiza la calidad del agua del río Daule, y si las descargas de aguas tratadas de dos plantas de tratamiento influyen en su calidad o no. El estudio tiene como objetivo evaluar la calidad del agua en puntos cercanos a las descargas, a partir de parámetros físicos, químicos y microbiológicos como: el pH, sólidos totales, sólidos suspendidos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y coliformes fecales.</p> <p>A través de un muestreo en los cantones Daule y Palestina, se tomaron muestras de agua en las cercanías de las descargas de las PTAR y en distintos puntos del río. Posteriormente, estas muestras fueron analizadas en el laboratorio para comparar los resultados con los límites establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana y con estudios anteriores.</p> <p>Los resultados mostraron que el parámetro de coliformes fecales fue el único que no cumplió con los estándares de la norma ambiental en ambos cantones según las muestras analizadas in situ. El estudio concluye con la propuesta de un plan de mejora para las plantas de tratamiento y recomendaciones generales para garantizar el cumplimiento de las normativas y reducir el impacto sobre el río Daule.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 986375978 +593 978721257	E-mail: glennflores10@gmail.com galo.verduga.mayorga@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos Teléfono: +593-4 -2206956 E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			