



FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA

**TRABAJO DE TITULACIÓN
MODALIDAD PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA
DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL PASAJE, CANTÓN
ROCAFUERTE, PROVINCIA DE MANABÍ”**

AUTOR:


LOOR MARCILLO RONALD ANTONIO

TUTOR:

ING. HORACIO CEDEÑO MUÑOZ, MSC.

ENERO 2026

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

 Uleam <small>EL OY ALFARO DE MANABÍ</small>	NOMBRE DEL DOCUMENTO: CERTIFICADO DE TUTOR(A).	CÓDIGO: PAT-04-F-004
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO BAJO LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	REVISIÓN: 1 Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de Ingeniería Civil de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado preliminarmente el Trabajo de Integración Curricular bajo la autoría del estudiante LOOR MARCILLO RONALD ANTONIO legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Civil, periodo académico 2025-2026, cumpliendo el total de 384 horas, cuyo tema del proyecto es: **"EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL PASAJE, CANTÓN ROCAFUERTE, PROVINCIA DE MANABÍ"**.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, y la originalidad del mismo, requisitos suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 28 de enero de 2026.

Lo certifico,



Ing. Horacio Cedeño Muñoz, MSc.

Docente Tutor

Área: Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Loor Marcillo Ronald Antonio con CC: 131213959-3, doy constancia de ser el autor del Trabajo de Titulación con modalidad Proyecto de investigación con el tema **“EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL PASAJE, CANTÓN ROCAFUERTE, PROVINCIA DE MANABÍ”**, el cual fue dirigido por el tutor, Ing. Horacio Cedeño Muñoz, MSc.

Quiero resaltar la originalidad de este trabajo, que se fundamenta en la contribución de varios autores que enriquecieron la investigación, así como en la recopilación de datos e información provenientes de fuentes bibliográficas, visitas de campo, entre otros recursos.

En la ciudad de Manta, a los 28 días del mes de enero de dos mil veinte y seis.

Manta, Enero de 2026



Nombre: Loor Marcillo Ronald Antonio

CI. 131213959-3

Autor

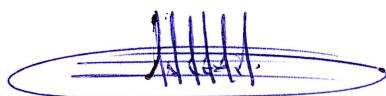
CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En calidad de tribunales de la Facultad de Ingeniería, Industria y Arquitectura de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, certifico:

Haber revisado el trabajo de titulación, bajo la modalidad de **Proyecto de Investigación**, cuyo tema es "**EVALUACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL CANAL PASAJE, CANTÓN ROCAFUERTE, PROVINCIA DE MANABÍ**" de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo **APRUEBO**, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para proceder a la defensa correspondiente.

Certifico lo anterior para los fines pertinentes, a salvo disposición de Ley en contrario.

En la ciudad de *Manta*, a los 25 días del mes de febrero de dos mil veinte y seis.



Ing. Alexi Morán Guzmán, Mg.

C.C. 1204318248

Tribunal 1



Ing. Geovanny Delgado Castro, PhD

C.C. 1308732229

Tribunal 2

DEDICATORIA.

Dedico esta tesis a Dios, por brindarme la sabiduría y fortaleza necesaria para culminar esta etapa de mi vida con éxito.

Con mucho cariño, a mi familia, por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia no existen los imposibles, por acompañarme en cada paso y su apoyo contante.

A las personas que de una u otra manera estuvieron presente, motivando a seguir adelante para que este logro sea posible.

A mis maestros, por compartir su conocimiento y guiar mi camino profesional.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco de manera especial a mi familia por el apoyo, la paciencia y la comprensión durante todo este tiempo.

De igual manera, agradezco a mi tutor de tesis por su guía, sus recomendaciones y el acompañamiento brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Finalmente, agradezco a mis docentes y a todas las personas que contribuyeron en este proceso.

RESUMEN.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua del canal Pasaje, ubicado en el cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, con el fin de determinar su estado actual y los posibles riesgos asociados a su uso agrícola y a la salud pública. El canal constituye una fuente importante de abastecimiento para actividades productivas de la zona, por lo que su monitoreo resulta fundamental para garantizar un manejo sostenible del recurso hídrico.

El estudio se desarrolló mediante la recolección de muestras de agua en diferentes puntos estratégicos a lo largo del canal, seleccionados en función de la influencia de actividades humanas y variaciones en las condiciones del entorno. Las muestras fueron analizadas en laboratorio para determinar parámetros físico-químicos como pH, sólidos disueltos totales, cloruros, sodio, calcio, magnesio, fosfatos, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno en cinco días (DBO_5), así como indicadores microbiológicos, incluyendo coliformes totales y coliformes fecales (*Escherichia coli*).

Los resultados obtenidos fueron comparados con los límites establecidos en la normativa ambiental vigente para calidad de agua destinada a riego agrícola. Se evidenció que algunos parámetros, como pH y ciertos metales, se mantienen dentro de rangos aceptables; sin embargo, se registraron concentraciones elevadas de nutrientes, sales y carga orgánica en determinados puntos del canal, lo que refleja una influencia significativa de actividades agrícolas, escorrentía superficial y posibles descargas residuales.

En el aspecto microbiológico se identificó presencia de contaminación biológica, lo que representa un riesgo potencial para la salud y limita el uso directo del agua sin

tratamiento previo. En conjunto, los resultados indican una calidad de agua variable, con sectores que presentan deterioro progresivo del recurso hídrico.

Finalmente, se proponen recomendaciones orientadas al monitoreo periódico del canal, control de fuentes contaminantes, uso responsable de agroquímicos y fortalecimiento de prácticas de manejo ambiental, con el propósito de mejorar la calidad del agua y garantizar su aprovechamiento sostenible en la zona.

Palabras claves: Calidad del agua; parámetros físico-químicos; análisis microbiológico; aguas residuales.

ABSTRACT.

The present investigation aimed to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of the water of the Pasaje canal, located in the Rocafuerte canton, Manabí province, in order to determine its current state and the possible risks associated with its agricultural use and public health. The canal is an important source of supply for productive activities in the area, so its monitoring is essential to ensure sustainable management of the water resource.

The study was conducted by collecting water samples at different strategic points along the canal, selected based on the influence of human activities and variations in environmental conditions. The samples were analyzed in the laboratory to determine physicochemical parameters such as pH, total dissolved solids, chlorides, sodium, calcium, magnesium, phosphates, chemical oxygen demand (COD), and five-day biochemical oxygen demand (BOD₅), as well as microbiological indicators, including total coliforms and fecal coliforms (*Escherichia coli*).

The results obtained were compared with the limits established in current environmental regulations for water quality intended for agricultural irrigation. It was evident that some parameters, such as pH and certain metals, remain within acceptable ranges; however, high concentrations of nutrients, salts, and organic load were recorded at certain points along the canal, reflecting a significant influence from agricultural activities, surface runoff, and possible wastewater discharges.

In the microbiological aspect, the presence of biological contamination was identified, which represents a potential health risk and limits the direct use of water without prior treatment. Overall, the results indicate variable water quality, with some areas showing progressive deterioration of the water resource.

Finally, recommendations are proposed focusing on the periodic monitoring of the canal, control of polluting sources, responsible use of agrochemicals, and strengthening of environmental management practices, with the aim of improving water quality and ensuring its sustainable use in the area.

Keywords: Water quality; physicochemical parameters; microbiological analysis; wastewater.

INDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	3
DEDICATORIA.....	4
AGRADECIMIENTO.....	5
RESUMEN.....	6
ABSTRACT.....	8
INTRODUCCIÓN.....	16
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
OBJETIVOS.....	20
OBJETIVO GENERAL.....	20
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
JUSTIFICACIÓN.....	21
CAPÍTULO I.....	23
1. ESTADO DEL ARTE.....	23
1.1. AGUA.....	23
1.1.1. Agua pura y potable: concepto, diferencias y relevancia para la salud pública. 24	
1.2. CALIDAD DEL AGUA.....	26
1.3. CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	26
1.3.1. Clasificación del agua según su origen.....	26

1.3.2.	Clasificación del agua según su salinidad	27
1.3.3.	Clasificación del agua según su estado físico.....	27
1.3.4.	Clasificación del agua según su uso	28
1.4.	PRINCIPALES COMPONENTES DE LA CALIDAD DEL AGUA. 28	
1.4.1.	Propiedades físicas del agua	29
1.4.2.	Propiedades químicas del agua.....	30
1.5.	AGUAS RESIDUALES	31
1.5.1.	Clasificación de las aguas residuales.....	32
1.5.2.	Importancia del tratamiento de aguas residuales.....	33
1.6.	MARCO LEGAL	33
	CAPITULO II.....	36
2.	METODOLOGÍA.....	36
2.1.	Metodología de la Investigación.	36
2.2.	Caracterización del área de estudio	37
2.3.	ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL CANAL EL PASAJE.....	38
2.3.1.	Materiales y equipos.....	38
2.3.	PLAN DE MUESTREO.....	39
2.3.1.	Determinación de puntos de muestreo.....	40
2.3.2.	Frecuencia de Muestreo.....	41
2.3.3.	Aplicación del Muestreo.....	42

2.4. PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO.	42
2.4.1. Condiciones durante la toma de muestras.	43
2.4.2. Manejo de muestras.	43
2.5. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.	45
2.5.1. Diagrama de flujo	45
CAPITULO III	49
3. RESULTADOS.	49
3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	49
3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
3.2.1. Sólidos disueltos totales TDS.....	51
3.2.2. Hierro.....	52
3.2.3. PH.....	53
3.2.4. Cloruros	54
3.2.5. SODIO.....	55
3.2.6. MANGANESO.....	56
3.2.7. ZINC.....	57
3.2.8. MAGNESIO	58
3.2.9. FOSFATO	60
3.2.10. CALCIO	61
3.2.11. SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS	62

3.2.13. Demanda Química de Oxígeno (DQO).	63
3.2.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	65
3.3. Discusión de los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua del canal Pasaje.	66
3.4. CONCLUSIÓN DE LA DISCUSIÓN	67
CAPÍTULO IV	69
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	70
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Materiales y Equipos.....	39
Tabla 2: Frecuencia de Muestreo.	41
Tabla 3: Manejo de Muestra.....	44
Tabla 4: Parámetros de Calidad de Agua	50
Tabla 5: Resultados de la prueba Solidos Disueltos.....	51
Tabla 6: Resultados de la prueba de Hierro.	52
Tabla 7: Resultados de la prueba de PH.....	53
Tabla 8: Resultados de la prueba de Cloruro.	54
Tabla 9: Resultados de la prueba de Sodio.....	55
Tabla 10: Resultado de la prueba de Manganeso.	57
Tabla 11: Resultado de la prueba de Zinc.	58
Tabla 12: Resultado de la prueba de Magnesio.....	59
Tabla 13: Resultado de Prueba de Fosfato.	60
Tabla 14: Resultado de la prueba de Calcio.	61
Tabla 15: Resultado de la prueba de Solido Totales Suspendidos.	63
Tabla 16: Resultado de la prueba DQO.....	64
Tabla 17: Resultado de la prueba de DBO ₅	65

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1: Canal Pasaje.....	38
Ilustración 2: Diagrama de flujo de procedimiento para sodio Na.	45
Ilustración 3: Diagrama de flujo procedimiento de Cobre Cu.....	45

Ilustración 4: Diagrama de Flujo de procedimiento (Demanda Química de Oxígeno)..... 46

Ilustración 5: Diagrama de Flujo de procedimiento (Demanda Bioquímica de Oxígeno)..... 46

Ilustración 6: Diagrama de Flujo de procedimiento (Potencial hidrogeno pH) 47

INTRODUCCIÓN

El agua superficial constituye un recurso vital para los sistemas agro-productivos y la sostenibilidad de las comunidades rurales, ya que de ella dependen procesos como el riego agrícola y el funcionamiento de ecosistemas acuáticos. La condición de este recurso está influenciada tanto por factores naturales como por actividades humanas en el entorno, especialmente en áreas donde no existe un monitoreo sistemático de su calidad (Uslu, A., Tuzun Dugan, S., & El Hmaid, A., 2024). Evaluaciones recientes han demostrado que la integración de parámetros físico-químicos y microbiológicos permite generar diagnósticos más completos sobre el estado real del agua superficial y sus posibles riesgos para usos específicos como el riego, consumo o contacto indirecto.

En un número creciente de estudios, el uso de índices de calidad del agua y la evaluación de parámetros como pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos disueltos y presencia de microorganismos indicadores han sido herramientas fundamentales para establecer la aptitud del agua según los criterios de calidad aplicables (Das, 2025). En paralelo, análisis microbiológicos basados en coliformes totales y coliformes fecales aportan información clave sobre posibles fuentes de contaminación biológica y riesgos sanitarios, lo cual es esencial cuando los cuerpos de agua se vinculan directa o indirectamente con actividades humanas (Rocano, Patiño, Segarra, & Suárez, 2023).

A pesar de la importancia de estos enfoques de evaluación integral, en muchas regiones rurales no existen estudios recientes que documenten el estado de cuerpos hídricos locales, lo que limita la posibilidad de tomar decisiones técnicas adecuadas para la gestión del recurso. En Ecuador, investigaciones sobre calidad de agua han sido realizadas en diferentes microcuencas y sistemas de riego, pero aún persisten vacíos en el

conocimiento para ciertos territorios específicos, lo que evidencia la necesidad de estudios que aporten datos actualizados y aplicables a contextos locales concretos.

En este contexto, la presente investigación se enfoca en la evaluación físico-química y microbiológica del agua del canal Pasaje del cantón Rocafuerte – Manabí, con el objetivo de determinar su condición actual y su aptitud para usos asociados, especialmente el riego agrícola. La información generada permitirá identificar posibles limitaciones en la calidad del agua y aportar herramientas técnicas que coadyuven a una gestión más responsable y sostenible del recurso hídrico en el territorio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El recurso hídrico constituye un elemento esencial para el bienestar humano, la salud pública, la producción agrícola y el desarrollo socioeconómico, especialmente en zonas donde el acceso al agua depende principalmente de cuerpos hídricos superficiales como ríos, canales y acequias. En la provincia de Manabí, y particularmente en el cantón Rocafuerte, el canal Pasaje representa una fuente estratégica de agua utilizada para diversas actividades, entre ellas el riego de cultivos, el abastecimiento en actividades pecuarias y, en determinados casos, usos domésticos indirectos.

Sin embargo, la calidad del agua de estos canales puede verse afectada por múltiples factores antrópicos y ambientales. Entre los principales se encuentran el arrastre de sedimentos, el uso intensivo de agroquímicos, la descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento, la disposición inadecuada de residuos sólidos y la degradación de zonas ribereñas. Estas condiciones pueden provocar alteraciones en las características físico-químicas del agua y favorecer la presencia de microorganismos patógenos, lo cual incrementa el riesgo de enfermedades transmitidas por el agua, además de afectar la productividad agrícola y la sostenibilidad de los ecosistemas locales.

A pesar de la importancia del canal Pasaje para la comunidad, existe una limitada información técnica actualizada sobre su estado de calidad, especialmente desde una perspectiva integral que incluya parámetros físico-químicos y microbiológicos. La falta de datos concretos limita la toma de decisiones y la implementación de medidas oportunas por parte de autoridades locales y actores comunitarios, lo que podría agravar los impactos ambientales y sanitarios a mediano y largo plazo.

Por lo tanto, surge la necesidad de realizar una evaluación detallada del agua del canal Pasaje, mediante el análisis de variables físico-químicas y microbiológicas, con el

fin de determinar su condición actual, identificar posibles riesgos asociados y aportar evidencia científica que contribuya a orientar estrategias de manejo y control del recurso hídrico en el cantón Rocafuerte.

OBJETIVOS.

OBJETIVO GENERAL.

Evaluar la calidad físico-química y microbiológica del agua del canal Pasaje del cantón Rocafuerte – Manabí, mediante el análisis de parámetros representativos, con el propósito de determinar su estado actual y los posibles riesgos para la salud pública y el uso agrícola.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Caracterizar los principales parámetros físico-químicos del agua del canal Pasaje, tales como pH, temperatura, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos disueltos y concentración de nutrientes.
- Comparar los resultados obtenidos con criterios o límites establecidos en normativas nacionales e internacionales para calidad de agua según su uso.
- Identificar posibles fuentes o causas de alteración de la calidad del agua asociadas a actividades humanas en el entorno del canal.
- Proponer recomendaciones técnicas orientadas al mejoramiento del manejo del canal y a la reducción de riesgos ambientales y sanitarios.

JUSTIFICACIÓN.

La evaluación de la calidad del agua del canal Pasaje en el cantón Rocafuerte es relevante debido a la importancia que este cuerpo hídrico posee para el desarrollo agrícola y para el bienestar de la población local. En territorios donde la producción agrícola depende significativamente del acceso continuo al agua de riego, la disponibilidad del recurso no es suficiente por sí sola; es indispensable garantizar que el agua cumpla condiciones mínimas de calidad que no comprometan la salud de las personas ni provoquen degradación de suelos o afectaciones a los cultivos.

Desde el punto de vista sanitario, la contaminación microbiológica del agua constituye uno de los principales riesgos para las comunidades, especialmente cuando existe exposición directa o indirecta a través del contacto con el agua, el consumo de productos irrigados con agua contaminada o la presencia de microorganismos patógenos. La identificación de indicadores como coliformes fecales permite reconocer de manera objetiva la posible contaminación por residuos orgánicos y aguas servidas, situación que puede estar relacionada con prácticas inadecuadas de saneamiento.

Asimismo, la evaluación físico-química aporta información clave sobre el comportamiento del recurso hídrico, ya que parámetros como la turbidez, conductividad, nutrientes y sólidos disueltos reflejan procesos de contaminación por sedimentos, fertilizantes o descargas contaminantes, los cuales pueden afectar tanto la productividad agrícola como el equilibrio ecológico. En consecuencia, conocer el estado físico-químico del agua permite prevenir impactos acumulativos en el ambiente y orientar acciones de manejo sostenible.

En el ámbito académico y técnico, este estudio contribuye a generar información local confiable y actualizada, necesaria para sustentar decisiones y políticas de gestión del agua. Además, fortalece el análisis ambiental del territorio, proporcionando datos base para futuras investigaciones, monitoreo continuo o proyectos comunitarios de conservación. Por ello, la presente investigación se justifica como una herramienta útil para la planificación territorial, la salud pública y el fortalecimiento de la gestión ambiental del cantón Rocafuerte, promoviendo un uso más seguro y responsable del agua del canal Pasaje.

CAPÍTULO I.

1. ESTADO DEL ARTE.

1.1. AGUA.

El agua es un componente esencial para la vida y el equilibrio ambiental, reconocido como un recurso natural estratégico tanto por sus funciones ecológicas como por su papel en el bienestar humano. Desde una perspectiva científica, el agua se entiende como una sustancia química indispensable para el funcionamiento de los ecosistemas, ya que regula procesos físicos, biológicos y químicos en el ambiente. De acuerdo con Maidment (1993), el agua es la base del ciclo hidrológico, el cual garantiza la circulación continua del recurso en la naturaleza mediante procesos como evaporación, condensación, precipitación e infiltración, permitiendo así el sostenimiento de los sistemas naturales y productivos.

Desde un enfoque de gestión y desarrollo sostenible, el agua también se comprende como un recurso limitado y vulnerable que debe ser administrado de manera eficiente y equitativa. La UNESCO (2006) destaca que el agua dulce constituye un recurso finito, sometido a presiones crecientes por el aumento poblacional, la actividad económica y el cambio climático, lo cual obliga a fortalecer políticas de conservación, protección y uso racional. En esta misma línea, la Organización Mundial de la Salud (OMS)(2017) enfatiza que el agua, además de ser indispensable para el consumo humano, debe cumplir condiciones de calidad para evitar riesgos sanitarios, ya que la contaminación hídrica está estrechamente asociada a enfermedades de origen infeccioso.

Por otra parte, en el ámbito del derecho y las políticas públicas, el agua es reconocida como un derecho humano fundamental y un bien social. La Asamblea General

de las Naciones Unidas (2010) establece que el acceso al agua potable y al saneamiento es un derecho esencial para la realización de todos los demás derechos humanos, lo cual reafirma su valor no solo como recurso natural sino como elemento clave para la dignidad y la justicia social.

1.1.1. Agua pura y potable: concepto, diferencias y relevancia para la salud pública.

El agua constituye un recurso indispensable para la vida, su utilidad para el consumo humano depende directamente de sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas. En este contexto, es importante distinguir entre los conceptos los conceptos de agua pura y agua potable, ya que, aunque ambos se relacionan con la calidad del agua, no significan lo mismo y su confusión puede afectar la comprensión de los riesgos sanitarios asociados al abastecimiento y consumo. (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2017)

Agua pura: concepto

El agua pura corresponde al agua en su forma ideal, compuesta únicamente por moléculas de H₂O, sin presencia de sales minerales, partículas, gases disueltos o microorganismos. En la práctica, esta condición es difícil de encontrar en la naturaleza, debido a que el agua, durante su circulación por el ambiente, disuelve sustancias del suelo y entra en contacto con materia orgánica y agentes biológicos.

Por esta razón, el término “agua pura” suele vincularse más con agua destilada o desionizada, producida para fines industriales o de laboratorio. Sin embargo, su pureza química no implica automáticamente que sea la opción más adecuada para consumo cotidiano.

Agua potable: concepto

En cambio, el agua potable es el agua que puede consumirse sin representar un riesgo significativo para la salud, considerando su uso continuo a lo largo del tiempo. La potabilidad se define mediante criterios microbiológicos, químicos y físicos, establecidos en normas sanitarias y guías internacionales. La Organización Mundial de la Salud (OMS) enfatiza que el aspecto prioritario del agua potable es su inocuidad, particularmente la ausencia de organismos patógenos y la presencia controlada de sustancias químicas potencialmente peligrosas (UNICEF & WHO, 2023)

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024, la agricultura representa aproximadamente el 70% de las extracciones mundiales de agua dulce, superando ampliamente al sector industrial ($\approx 20\%$) y al uso doméstico ($\approx 10\%$). Esta distribución evidencia que el mayor consumo de agua a escala global está asociado directamente a actividades agrícolas, principalmente el riego, lo cual convierte a este sector en el eje prioritario para estrategias de sostenibilidad hídrica (UNESCO, 2024). En este contexto, el estudio de la calidad del agua destinada al riego resulta fundamental, ya que el uso de agua con parámetros fuera de norma puede generar riesgos de salinización y sodificación del suelo, disminución de productividad agrícola y afectación a la seguridad alimentaria. Por ello, evaluar la aptitud del recurso hídrico para riego constituye una herramienta clave para la gestión eficiente del agua, especialmente en territorios con presión hídrica creciente como la provincia de Manabí.

1.2. CALIDAD DEL AGUA.

La calidad del agua se refiere a todas las propiedades físicas, químicas y microbiológicas del agua.

Dependiendo de su calidad, su uso se determina de la siguiente manera: aguas potables, residuales, embotelladas, de riego, para uso recreativo, entre otras, tendrán diferentes criterios de evaluación mismos que son determinados por normativas regulatorias establecidas por el Ministerio del Ambiente y Agua (MAE), la Agencia Nacional de regulación, control y vigilancia sanitaria (ARCSA), el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), entre otros. (Achupallas, s.f.)

Los análisis de caracterización del agua permiten determinar la concentración de cada parámetro evaluado; por ello, resulta fundamental comprender la influencia de estos indicadores en la calidad del recurso hídrico, así como su significado e implicaciones.

1.3. CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

La clasificación de la calidad del agua se realiza con base en su composición y el nivel de riesgo que representa para su uso (Pradillo, 2016). En general, se utilizan tres enfoques principales:

1.3.1. Clasificación del agua según su origen

Esta clasificación se basa en el lugar donde el agua se encuentra o se genera naturalmente en el ciclo hidrológico.

a) Agua superficial

Es el agua que se encuentra en la superficie terrestre, como: ríos, lagos, Embalses, lagunas. Estas aguas están expuestas a contaminación y variaciones estacionales.

b) Agua subterránea

Es el agua almacenada bajo el suelo en **acuíferos**, extraída por: pozos, manantiales. Estas aguas suelen tener mayor mineralización y requieren control de calidad por posibles contaminantes naturales o infiltraciones.

c) Agua meteórica (atmosférica)

Proviene de la atmósfera y llega a la Tierra mediante precipitación: lluvia, granizo, nieve. Luego se integra al ciclo del agua alimentando escorrentías y acuíferos.

1.3.2. Clasificación del agua según su salinidad

Esta clasificación se basa en la cantidad de **sales disueltas** (sólidos disueltos totales, TDS), muy usada en hidrología e ingeniería ambiental.

a) Agua dulce

Agua con baja concentración de sales disueltas, usualmente: **< 1000 mg/L (ppm)**
de sólidos disueltos

b) Agua salobre

Agua con salinidad intermedia (entre dulce y marina). Se presenta comúnmente en: estuarios, marismas, zonas costeras.

c) Agua salada

Es el agua de océanos y mares, aproximadamente: **35 000 ppm de sales**

1.3.3. Clasificación del agua según su estado físico

Se clasifica por el estado de agregación molecular, influido por temperatura y presión:

- **Agua sólida:** hielo, nieve
- **Agua líquida:** ríos, lagos, lluvia, mares
- **Agua gaseosa:** vapor de agua en la atmósfera

Esta clasificación es básica en ciencias naturales e hidrología.

1.3.4. Clasificación del agua según su uso

Se determina según el propósito principal para el cual se emplea:

a) Agua potable

Es el agua apta para consumo humano, que debe cumplir parámetros: microbiológicos, químicos y físicos.

b) Agua para riego (uso agrícola)

Se evalúa con criterios de: salinidad, sodicidad y toxicidad (iones específicos). FAO desarrolla directrices sobre calidad del agua para agricultura y el impacto de la salinidad en cultivos.

c) Agua industrial

Utilizada en: sistemas de enfriamiento, calderas, procesos productivos. Debe controlarse para evitar corrosión e incrustaciones.

1.4. PRINCIPALES COMPONENTES DE LA CALIDAD DEL AGUA.

La calidad del agua se determina en base un conjunto de características medibles que permiten conocer su estado, su nivel de contaminación y su aptitud para determinados usos (consumo humano, riego, industria o conservación ambiental). En la investigación ambiental, la evaluación se basa principalmente en características físicas, químicas y

microbiológicas porque reflejan tanto el origen natural del agua como el impacto de las actividades humanas (agricultura, residuos domésticos e industriales) (Arocena, 2008)

1.4.1. Propiedades físicas del agua

Las propiedades físicas constituyen el primer nivel de evaluación, ya que permiten reconocer alteraciones visibles del recurso hídrico. Además, muchas variables físicas están asociadas a procesos de transporte de contaminantes y deterioro de hábitats acuáticos. (Pradillo, 2016)

Temperatura: Influye directamente en la velocidad de reacciones químicas y biológicas. A mayor temperatura disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua y puede intensificarse el crecimiento de microorganismos. En cuerpos de agua superficiales, aumentos anómalos pueden asociarse con vertidos, poca sombra ribereña o acumulación de material orgánico.

Turbidez: La presencia de partículas suspendidas (arcillas, limos, materia orgánica, fitoplancton). Es importante porque reduce la penetración de luz, afecta la fotosíntesis y puede indicar erosión o ingreso de aguas residuales. En términos sanitarios, alta turbidez puede proteger microorganismos y dificultar procesos de desinfección en caso de potabilización.

Color, olor y sabor: Son parámetros sensoriales utilizados como señales de posible contaminación. El color puede deberse a compuestos orgánicos (humus), presencia de hierro y manganeso, o descargas industriales. El olor suele asociarse con descomposición de materia orgánica o con actividad biológica excesiva.

Sólidos (totales, disueltos y suspendidos): Los sólidos reflejan la carga de sedimentos y sales presentes. En estudios ambientales y de riego son especialmente

relevantes los **sólidos disueltos totales (SDT)** debido a que pueden correlacionarse con la salinidad y afectar el suelo agrícola a mediano plazo.

1.4.2. Propiedades químicas del agua.

Las propiedades químicas permiten comprender la composición del agua, su capacidad de reaccionar con el medio y su potencial efecto sobre la salud, el suelo y los organismos vivos. Son esenciales para identificar contaminación orgánica, industrial o agroquímica. (Orellana, 2005)

pH: Mide la acidez o alcalinidad del agua y determina su comportamiento químico. Valores extremos pueden provocar corrosión, alteraciones en reacciones biológicas y efectos negativos sobre la vida acuática. En el caso del riego, valores fuera de rango pueden afectar la disponibilidad de nutrientes en el suelo.

Conductividad eléctrica (CE): Indica la presencia de sales disueltas. En agua de riego es un parámetro clave, porque niveles elevados representan **riesgo de salinización**, disminuyendo la productividad agrícola y degradando el suelo. En cuerpos de agua superficiales, incrementos pueden asociarse a descargas o lixiviación de suelos agrícolas.

Oxígeno disuelto (OD): Es esencial para la supervivencia de organismos acuáticos. Sus valores disminuyen cuando existe alta carga de materia orgánica o contaminación, ya que microorganismos consumen oxígeno durante la degradación. Cuando los valores son bajos, se generan condiciones críticas (malos olores, muerte de peces, proliferación bacteriana).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5): Mide la cantidad de oxígeno que microorganismos necesitan para degradar la materia orgánica biodegradable.

Demanda química de oxígeno (DQO): Cuantifica la materia orgánica total (biodegradable y no biodegradable).

Nutrientes (nitratos y fosfatos): Proviene frecuentemente de fertilizantes agrícolas y aguas residuales. En exceso, pueden originar eutrofización, afectando el equilibrio ecológico y reduciendo el oxígeno disponible. En canal de riego, también reflejan contaminación por escorrentía agrícola.

Dureza, alcalinidad y principales iones

- **Dureza:** asociada principalmente a calcio y magnesio.
- **Alcalinidad:** capacidad de neutralizar ácidos (bicarbonatos, carbonatos).
- **Iones principales:** Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} .

Estos componentes son indispensables para evaluar uso agrícola, ya que influyen en problemas de sodicidad, salinidad y pérdida de infiltración en el suelo.

Metales y contaminantes específicos: Elementos como hierro y manganeso pueden aparecer naturalmente, pero metales como plomo, cadmio y arsénico representan riesgos de toxicidad. Su análisis se vuelve necesario cuando existen fuentes de contaminación industrial o residuos peligrosos.

1.5. AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son aquellas que han sido utilizadas previamente en actividades domésticas, agrícolas o industriales y que, por esta razón, presentan una alteración en sus condiciones originales. Estas aguas contienen diferentes tipos de contaminantes, como materia orgánica, microorganismos, grasas, detergentes,

sedimentos o sustancias químicas, lo cual disminuye su calidad y puede representar un riesgo para la salud y el ambiente si se descargan sin un tratamiento adecuado.

En general, se considera que el agua pasa a ser residual cuando, después de su uso, incorpora residuos o sustancias no deseadas que modifican sus propiedades físicas, químicas y biológicas. Por tanto, su manejo requiere un control técnico y sanitario, especialmente cuando las descargas llegan a cuerpos de agua como ríos, esteros o canales, ya que pueden provocar contaminación, malos olores, proliferación de vectores y afectación de ecosistemas.

1.5.1. Clasificación de las aguas residuales

De acuerdo con su origen, las aguas residuales pueden clasificarse de la siguiente forma:

1) Aguas residuales domésticas o sanitarias

Son las que provienen principalmente de viviendas, instituciones educativas, comercios y hospitales. Se generan en actividades cotidianas como el uso de baños, duchas, lavamanos, lavado de ropa y preparación de alimentos. Este tipo de agua suele contener una alta carga de materia orgánica y microorganismos, por lo que representa un componente importante de la contaminación en zonas urbanas.

2) Aguas residuales industriales

Se originan en procesos productivos y actividades de fabricación. Su composición es variable, dependiendo del tipo de industria, pudiendo incluir aceites, solventes, metales, sustancias químicas y compuestos tóxicos. Debido a ello, estas aguas requieren controles más rigurosos y tratamientos específicos antes de su descarga.

3) Aguas residuales agrícolas

Se relacionan con el uso del agua en riego y con la escorrentía proveniente de campos cultivados. Estas aguas suelen transportar sedimentos, materia orgánica, restos de fertilizantes y pesticidas. Aunque a veces se les presta menos atención que a las domésticas o industriales, pueden generar impactos considerables cuando llegan a fuentes superficiales sin control.

1.5.2. Importancia del tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales es fundamental para reducir su carga contaminante y evitar impactos negativos. Cuando estas aguas se descargan directamente al ambiente, pueden deteriorar la calidad del agua superficial, generar condiciones de eutrofización y facilitar la transmisión de enfermedades. Por ello, el tratamiento constituye una medida clave dentro de la gestión ambiental y la protección de recursos hídricos, especialmente en sectores donde se emplea agua para riego o abastecimiento. (Zambrano, 2009). Estas aguas se clasifican según su origen en:

- **Domésticas:** Provenientes de actividades cotidianas en hogares o edificios.
- **Industriales:** Derivadas de procesos de producción o fabricación.
- **Pluviales:** Generadas por el escurrimiento del agua de lluvia sobre superficies urbanas.
- **Agrícolas:** Resultantes del riego de cultivos y actividades ganaderas.

1.6. MARCO LEGAL

Hace referencia al conjunto de leyes, reglamentos y ordenanzas emitidas por los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD), orientadas a la regulación, protección y

gestión de los recursos naturales, en especial del recurso hídrico (Constitución de la República del Ecuador, 2021)

Acciones de respuesta frente a la afectación a la calidad del agua

Artículo 18.- Afectación a la calidad de agua para consumo humano. Cuando exista riesgo en la calidad del agua, debido a la contaminación en la fuente, operación incorrecta, contaminación en la red, impactos antropogénicos, desastres naturales, o por la existencia de un daño en el sistema de abastecimiento de agua, el prestador del servicio de agua para consumo humano deberá:

- a) Comunicar a los consumidores a través de medios masivos de difusión disponibles en la localidad;
- b) Identificar el agente causal e informar inmediatamente a la ARCA y a otras instituciones involucradas;
- c) Definir programas de intervención inmediata para dar solución al riesgo, sea mediante un plan de contingencia o plan de acción, según corresponda e informar inmediatamente a la ARCA;
- d) Corregir o minimizar el problema que origina la contaminación del agua para consumo humano, distribuida por el prestador a fin de garantizar el servicio;
- e) Controlar la calidad del agua para consumo humano de manera continua a fin de garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos en la norma INEN 1108 vigente y en la presente norma técnica; y,
- f) Comunicar a la ARCA cuando el evento se haya controlado, a través de un informe de acciones concretas efectuadas o implementadas.

Artículo 19.- Plan de Contingencia. El prestador de servicio deberá contar con un plan de contingencia, el mismo que corresponde a un conjunto de procedimientos alternativos para mitigar eventos imprevistos en los sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano, por lo que el prestador del servicio deberá contar con un plan de contingencia de manera obligatoria; para lo cual la ARCA emitirá una guía para la elaboración correspondiente

Ley de aguas- De la contaminación

Art. 22.-Prohíbese toda contaminación de las aguas que afecte a la salud Humana o al desarrollo de la flora o de la fauna. El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en colaboración con el Ministerio de Salud Pública y las demás entidades estatales, aplicará la política que permita el cumplimiento de esta disposición. Se concede acción popular para denunciar los hechos que se relacionan con contaminación de agua. La denuncia se presentará en la Defensoría del Pueblo. Código de Salud Capítulo III. De la Eliminación de Excretas, Aguas Servidas y Aguas Pluviales,

Art. 25.- Las excretas, aguas servidas, residuos industriales no podrán descargarse, directa o indirectamente, en quebradas, ríos, lagos, acequias, o en cualquier curso de agua para uso doméstico, agrícola, industrial o de recreación, a menos que previamente sean tratados por métodos que los hagan inofensivos para la salud.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA.

2.1. Metodología de la Investigación.

En la presente investigación se realizaron análisis de laboratorio para determinar los principales parámetros de calidad del agua residual y evaluar su factibilidad de reutilización en sistemas de riego agrícola. Para ello, se efectuó la caracterización física, química y microbiológica del agua, con el fin de identificar aquellos componentes que pueden influir en la productividad de los cultivos y en la conservación del suelo. De manera complementaria, se efectuó la medición de caudal, considerando sus variaciones en el tiempo, con el propósito de establecer la estabilidad del suministro para riego.

Los resultados obtenidos fueron contrastados con los criterios de calidad establecidos en normativas vigentes, tanto nacionales como internacionales, incluyendo lo dispuesto en el TULSMA (2015), identificándose posibles restricciones para su uso relacionadas con sólidos disueltos, nutrientes, metales y presencia de microorganismos. Las pruebas fueron desarrolladas en los laboratorios de CE.SE.C.CA. ubicados en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), lo que permitió sustentar técnicamente la propuesta de un modelo conceptual de tratamiento orientado a la obtención de agua apta para riego.

En términos generales, el estudio demuestra que, mediante un tratamiento adecuado, el agua residual puede constituir una alternativa viable para riego, especialmente en zonas con limitaciones de disponibilidad hídrica, aportando además a la reducción de la demanda de fuentes de agua dulce y al fortalecimiento de prácticas agrícolas sostenibles.

2.2. Caracterización del área de estudio

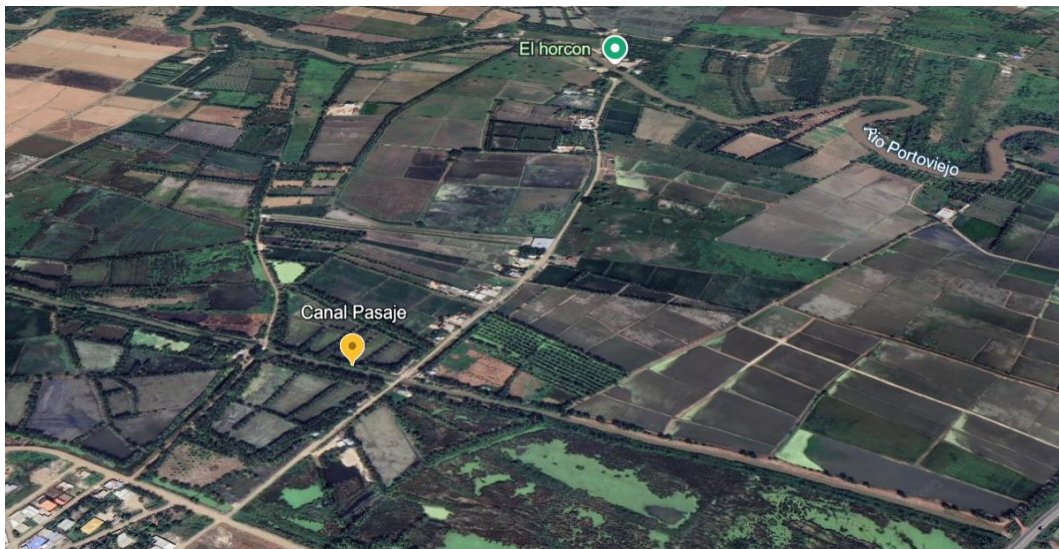
La zona de estudio corresponde al canal El Pasaje, ubicado en el cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, Ecuador. Esta infraestructura hídrica constituye un elemento importante dentro del sistema local de riego y drenaje, debido a que permite el abastecimiento de agua para actividades agrícolas y contribuye a la conducción de escorrentías en temporadas de lluvias, disminuyendo el riesgo de acumulación de agua en áreas productivas y zonas pobladas cercanas.

En términos generales, el cantón Rocafuerte se caracteriza por presentar un clima cálido, con temperaturas medias elevadas durante la mayor parte del año. El régimen de precipitaciones muestra una marcada estacionalidad, con mayor intensidad durante la época lluviosa, lo cual influye directamente en la disponibilidad de agua para riego y en los caudales que circulan por los canales y drenajes naturales del sector.

El área presenta un relieve predominantemente plano a ligeramente ondulado, condición favorable para el establecimiento de cultivos y para el desarrollo de sistemas agrícolas permanentes. Los suelos de la zona, asociados a valles y planicies aluviales, muestran aptitud para la producción agrícola, siendo comunes actividades relacionadas con cultivos tradicionales y de ciclo corto, que dependen en gran medida del riego para asegurar su rendimiento.

Por su ubicación y función hidráulica, el canal El Pasaje constituye una infraestructura clave para el manejo del recurso hídrico en el cantón, ya que su operación influye tanto en la productividad agrícola como en la reducción de impactos por eventos de lluvia intensa, fortaleciendo la gestión y sostenibilidad del territorio.

Ilustración 1: Canal Pasaje



Fuente: Google Earth

2.3. ANÁLISIS FÍSICO, QUÍMICO Y BIOLÓGICO DEL CANAL EL PASAJE.

2.3.1. Materiales y equipos

Para el desarrollo del presente estudio se emplearon diversos materiales, equipos e instrumentos, los cuales permitieron ejecutar de manera ordenada y eficiente las actividades programadas tanto en campo, como en laboratorio y oficina. Estos recursos fueron fundamentales para garantizar la correcta toma de muestras, el registro de información, el transporte y preservación del agua recolectada, así como la posterior evaluación de los parámetros físicos, químicos y biológicos correspondientes al canal El Pasaje.

En este sentido, los elementos utilizados se organizaron de acuerdo con su aplicación en cada etapa metodológica:

- **Trabajo de campo**, destinado a la identificación de puntos de muestreo y recolección de muestras;

- **Análisis de laboratorio**, orientado a la determinación de la calidad del agua mediante procedimientos normalizados;
- **Actividades de oficina**, enfocadas en el procesamiento de datos, elaboración de tablas, gráficos e interpretación de resultados. A continuación, se detallan los principales materiales y equipos empleados en el estudio.

Tabla 1: Materiales y Equipos.

Materiales de campo	Laboratorio	Oficina	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> • Mascarillas • Botas • Guantes quirúrgicos • Guantes de caucho • Chalecos • Baldes • Cuerdas • Frasco plástico • Hielera portátil • Materiales de aforo • Alcohol al 70% de desinfección • Libreta 	<ul style="list-style-type: none"> • Reactivos para análisis de aguas • Cámara de flujo • Espectrofotómetro • Placas Petri • Laminar Digestor para DQO • Respirometro para DBO5 • Incubadora para DBO5. • Material volumétrico (pipetas, buretas, probetas, matraces) 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora • Impresora • Planos 	<ul style="list-style-type: none"> • G.P.S. • Celulares

Elaborado por: Loor Ronald

2.3. PLAN DE MUESTREO.

El plan de muestreo constituye una fase esencial dentro del presente estudio, debido a que permite obtener información confiable y representativa sobre el estado de calidad del agua en el canal El Pasaje. Su diseño se orienta a cubrir de manera adecuada el recorrido del canal, considerando puntos estratégicos donde puedan presentarse variaciones en la composición del agua, ya sea por aportes antrópicos, descargas, escorrentías o actividades agrícolas cercanas.

Para la ejecución del plan se seleccionaron distintos puntos de muestreo distribuidos a lo largo del canal, con el propósito de recolectar muestras que reflejen las condiciones reales del recurso hídrico en diferentes tramos. Estas muestras posibilitan la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como la identificación de posibles fuentes de contaminación o alteración del agua. Posteriormente, los resultados obtenidos serán comparados con los valores máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente, incluyendo los criterios definidos en el TULSMA (2015), permitiendo evaluar el cumplimiento de estándares para su uso y manejo adecuado.

En consecuencia, este plan garantiza que el proceso de recolección de muestras se realice de forma ordenada y sistemática, asegurando la validez de los análisis de laboratorio y facilitando la interpretación técnica de los resultados para la toma de decisiones.

2.3.1. Determinación de puntos de muestreo.

Se realizó considerando la necesidad de obtener muestras representativas de la calidad del agua a lo largo del canal El Pasaje, tomando en cuenta los posibles cambios en su composición debido a factores naturales y a la influencia de actividades humanas. Para ello, se definieron puntos estratégicos en distintos tramos del canal, con el propósito de evaluar variaciones en las condiciones del agua y detectar posibles aportes contaminantes.

Los criterios aplicados para la ubicación de los puntos fueron los siguientes:

- **Cercanía a posibles fuentes de contaminación:** se priorizaron sectores próximos a asentamientos humanos, zonas agrícolas con uso de fertilizantes y plaguicidas,

áreas de disposición o descarga de aguas residuales, y puntos donde se evidencie acumulación de residuos sólidos.

- **Cobertura longitudinal del canal:** se establecieron puntos distribuidos desde el tramo inicial del canal hasta su sector final, con el fin de analizar la evolución de la calidad del agua y comparar el comportamiento del canal en diferentes secciones.
- **Sectores con aprovechamiento del recurso hídrico:** se incluyeron lugares donde el canal El Pasaje es utilizado principalmente para **riego agrícola**, así como áreas cercanas a infraestructuras o actividades urbanas que pudieran modificar las características del agua.

De esta manera, la distribución de los puntos de muestreo permite disponer de información para identificar zonas críticas, determinar tendencias a lo largo del canal y respaldar técnicamente la evaluación de calidad del agua dentro del presente estudio.

2.3.2. Frecuencia de Muestreo.

La frecuencia de muestreo fue recolectada de manera mensual, en cada punto de muestreo previamente definido, durante el período de estudio, garantizando la representatividad temporal de los resultados obtenidos.

Tabla 2: Frecuencia de Muestreo.

FRECUENCIA DE MUESTREO		
Horario de muestreo	Fecha de Muestreo	
(10:30 – 11:30)	Viernes 07 de Noviembre 2025	Lote N° 1
(10:30 – 11:30)	Viernes 12 de Diciembre 2025	Lote N° 2

Elaborado por: Loor Ronald

2.3.3. Aplicación del Muestreo.

- **Acondicionamiento de materiales y equipos:** Previo al trabajo de campo se realizó la revisión, limpieza y verificación del correcto funcionamiento de todos los equipos e instrumentos a utilizar. Los recipientes de muestreo fueron previamente lavados y esterilizados, mientras que los equipos de medición in situ, fueron calibrados conforme a las especificaciones técnicas correspondientes.
- **Recolección de muestras de agua:** La obtención de las muestras se efectuó en cada uno de los puntos establecidos, procurando minimizar cualquier alteración o contaminación externa. Las muestras se tomaron a una profundidad aproximada de entre 10 y 20 cm, preferentemente en sectores de flujo uniforme y alejados de orillas con acumulación de sedimentos, residuos o vegetación superficial.
- **Identificación y conservación de las muestras:** Cada muestra fue rotulada indicando el código del punto de muestreo, fecha y hora de recolección. Posteriormente, se mantuvieron en refrigeración dentro de una hielera portátil y fueron trasladadas oportunamente al laboratorio para su análisis, garantizando la conservación de sus características hasta el momento de su procesamiento.

2.4. PROCESAMIENTO Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LABORATORIO.

Una vez recolectadas las muestras, se procedió a su análisis en laboratorio con el fin de determinar los valores correspondientes a los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los datos obtenidos en cada punto de muestreo fueron organizados y posteriormente comparados con los límites establecidos en la normativa ambiental vigente, con el propósito de evaluar el cumplimiento de los criterios de calidad del agua.

2.4.1. Condiciones durante la toma de muestras.

La recolección de las muestras en el canal El Pasaje se efectuó bajo condiciones que permitieran asegurar su representatividad y confiabilidad. Las actividades de muestreo se realizaron en períodos de clima estable, evitando eventos de precipitación intensa que pudieran modificar temporalmente las características del agua. Asimismo, las tomas se llevaron a cabo en horas de la mañana, para minimizar las fluctuaciones de parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto.

Para este procedimiento se emplearon recipientes previamente esterilizados y equipos de medición calibrados para el registro de parámetros in situ, tales como pH, turbidez y oxígeno disuelto. Las muestras fueron obtenidas en dirección opuesta al flujo del agua, procurando una adecuada homogeneidad y evitando zonas con sedimentos acumulados o presencia de residuos.

Durante el traslado al laboratorio, las muestras se conservaron en una hielera portátil con refrigeración, asegurando su análisis en un período corto de tiempo para evitar alteraciones en los resultados.

2.4.2. Manejo de muestras.

Luego de la recolección, las muestras fueron correctamente identificadas y trasladadas al laboratorio en un corto periodo de tiempo. Se mantuvieron en refrigeración hasta su procesamiento, siguiendo los procedimientos básicos de conservación para garantizar resultados confiables.

Tabla 3: Manejo de Muestra.

PARÁMETRO	ENVASE	TAMAÑO DE MUESTRA (ML)	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN
DBO	P, V	1000	p, c	Refrigerar
DQO	P, V	100	p, c	Analizar lo más pronto posible
Hierro	P, V	100	p, c	Refrigerar
Zinc	P, V	100	p, c	Analizar inmediatamente
pH	P, V	50	p, c	Analizar inmediatamente
Conductividad	P, V	500	p, c	Refrigerar
Fosfato	P, V	100	p, c	Refrigerar
Nitrito	P, V	200	p, c	Agregar H ₂ SO ₄
Nitrato	P, V	100	p, c	Agregar H ₂ SO ₄
Sólidos Suspendidos	P, V	200	p, c	Refrigerar
Sólidos totales disueltos	P, V	200	p, c	Refrigerar
Sólidos totales	P, V	200	p, c	Refrigerar
Aluminio	P, V		p, c	
Cloruro	P, V	50	p, c	No requiere refrigerar
Manganeso	P, V	100	p, c	Analizar inmediatamente
Níquel	P, V	100	p, c	Refrigerar
Sodio	P, V		p, c	

Fuente: GREENBERG Arnold E. Standard Methods 22 Edition, Apha Awwawef. Washington 2012.

Elaborado por: Loor Ronald

Significado de las abreviaciones

P = envase de plástico (polietileno o equivalente).

V = envase de vidrio.

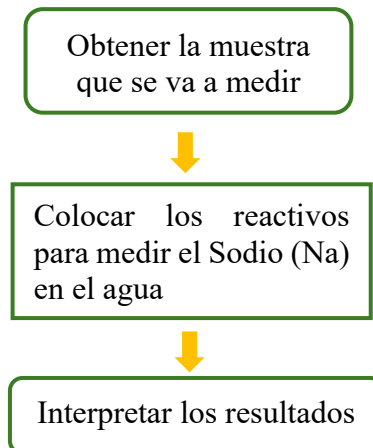
p = puntual, c = compuesta.

2.5. PROCEDIMIENTO DE LABORATORIO.

2.5.1. Diagrama de flujo

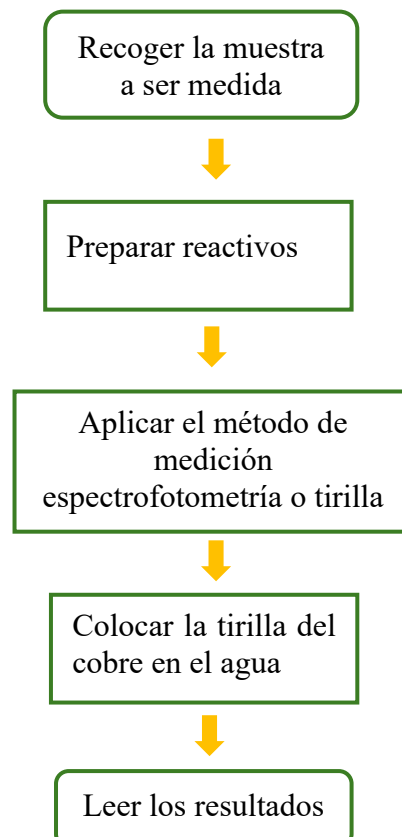
- Sodio

Ilustración 2: Diagrama de flujo de procedimiento para sodio Na.



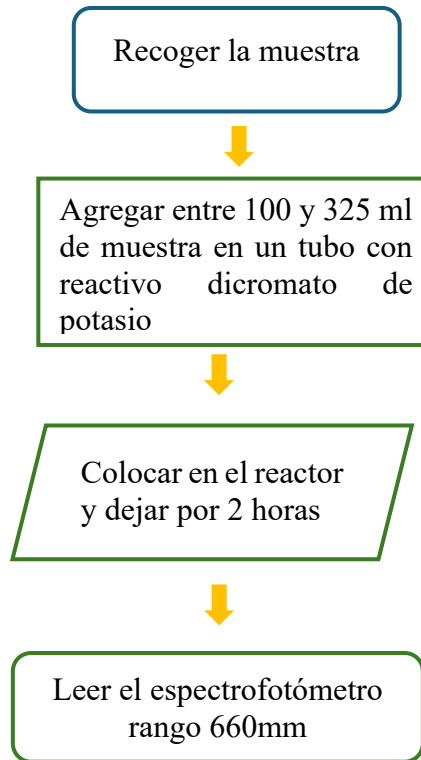
- Cobre Cu

Ilustración 3: Diagrama de flujo procedimiento de Cobre Cu.



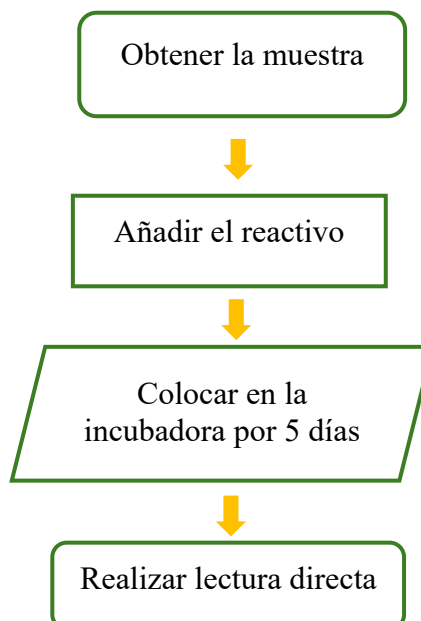
- **Demanda de Química de Oxígeno.**

Ilustración 4: Diagrama de Flujo de procedimiento (Demanda Química de Oxígeno)



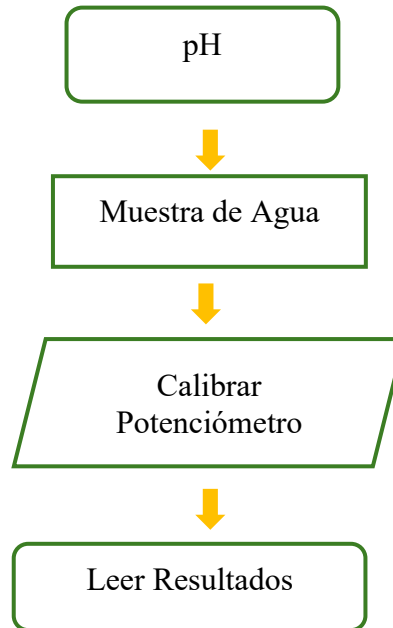
- **Demanda de Bioquímica de Oxígeno.**

Ilustración 5: Diagrama de Flujo de procedimiento (Demanda Bioquímica de Oxígeno)



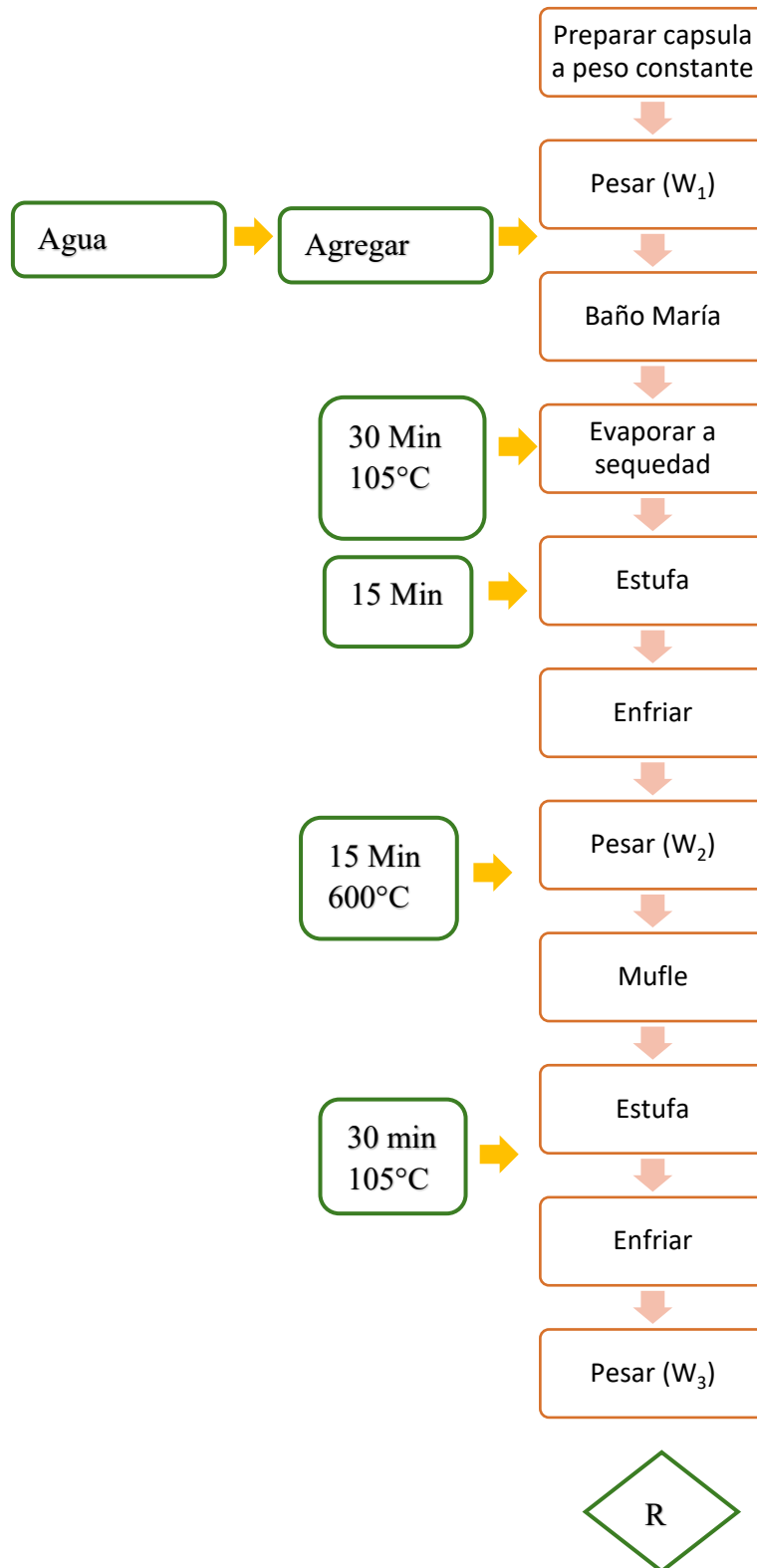
- **Potencial Hidrogeno (pH).**

Ilustración 6: Diagrama de Flujo de procedimiento (Potencial hidrogeno pH)



- **Sólidos Totales**

Diagrama 1: Diagrama de Flujo de procedimiento (Sólidos Totales)



CAPITULO III

3. RESULTADOS.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del canal El Pasaje permitió conocer el estado actual de la calidad del agua y su aptitud para usos agrícolas, ambientales y de manejo hídrico. A partir de los ensayos de laboratorio realizados, se identificaron las principales condiciones del recurso hídrico, así como posibles alteraciones asociadas a actividades humanas desarrolladas en su entorno. Con base en estos resultados, se plantean lineamientos orientados a la mejora y preservación de la calidad del agua, enfocados en la reducción de fuentes contaminantes y en el cumplimiento de los criterios técnicos establecidos para su aprovechamiento sostenible.

3.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Se evaluaron los principales parámetros físicos, químicos y microbiológicos con el fin de determinar el nivel de calidad del agua del canal, contrastando los valores obtenidos con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente en el Ecuador, particularmente en el TULSMA.

Los resultados fueron organizados en tablas y representaciones gráficas para facilitar su interpretación y comparación entre los distintos puntos de muestreo. Este análisis permitió identificar variaciones espaciales en la calidad del agua, así como determinar aquellos parámetros que presentan valores fuera de los rangos aceptables, aportando información clave para la toma de decisiones y la propuesta de acciones correctivas.

Tabla 4: Parámetros de Calidad de Agua

ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS			LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA RIEGO AGRICOLA	LÍMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE
		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3		
Coliformes fecales	NMP/100 ml	11	3.5	8	1000	600
Solidos totales disueltos	mg/l	1350	360	683	3000	1000
Dureza Total	mg/l	625	270	380	700	500
Hierro	mg/l	0.03	0.05	0.10	1	1
Ph a 20 °C	mg/l	7.1	7.25	7.32	5 a 7	6 a 9
Cloruros	mg/l	275	84	110	300	250
Sodio	mg/l	215	33	76	200	200
Sulfatos	mg/l	180	70	97	250	400
Nitratos	mg/l	0.8	0.3	0.20	50	10
Nitritos	mg/l	0.04	0.02	0.04	0,2	1
Manganeso	mg/l	<0.04	<0.04	<0.04	0,1	0,1
Zinc	mg/l	<0.04	<0.04	<0.04	5	5
Magnesio	mg/l	236	47	115	30	50
Fosfato	mg/l	0,6	0.3	0.44	0,2	0,5
Calcio	mg/l	243	39	145	200	500
Solidos totales suspendidos	mg/l	100	30	60	100	0,45
DQO	mg/l	162	<100	115	150	100
DBO5	mg/l	101	<100	<100	100	2

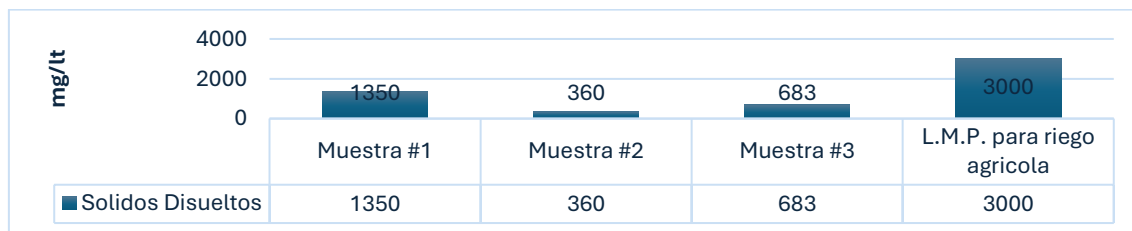
3.2. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se exponen los valores obtenidos a partir del estudio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal El Pasaje. Dichos resultados fueron contrastados con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente en el Ecuador, especialmente con lo dispuesto en el TULSMA, con el fin de evaluar el nivel de calidad del agua y su cumplimiento con los estándares técnicos.

3.2.1. Sólidos disueltos totales TDS.

Los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) se refieren a la suma de todas las sustancias orgánicas e inorgánicas que se encuentran disueltas en una muestra de agua y que pueden pasar a través de un filtro de tamaño muy pequeño. La medición de TDS es un indicador general de la calidad del agua, ya que refleja la concentración de diferentes componentes disueltos que afectan sus propiedades físicas y químicas. (APHA, 2017)

Tabla 5: Resultados de la prueba Sólidos Disueltos.



Elaborado por: Loor Ronald

Los resultados obtenidos para sólidos disueltos totales muestran concentraciones de **1350 mg/L en la muestra 1, 360 mg/L en la muestra 2 y 683 mg/L en la muestra 3**. Estos valores se encuentran por debajo del **límite máximo permisible de 3000 mg/L** establecido para uso agrícola, lo que indica que el agua del canal presenta una carga de sales disueltas dentro de rangos aceptables para riego.

Se observa que la muestra 1 presenta la mayor concentración, lo que podría estar asociado a aportes de escorrentía agrícola, acumulación de sales o descargas locales; mientras que la muestra 2 registra el valor más bajo, evidenciando una mejor calidad relativa en ese tramo del canal. La muestra 3 muestra un valor intermedio, reflejando una variación espacial normal en cuerpos de agua superficiales.

Los resultados indican que el contenido de sólidos disueltos no representa una limitación para el uso agrícola del agua, aunque se recomienda mantener un monitoreo

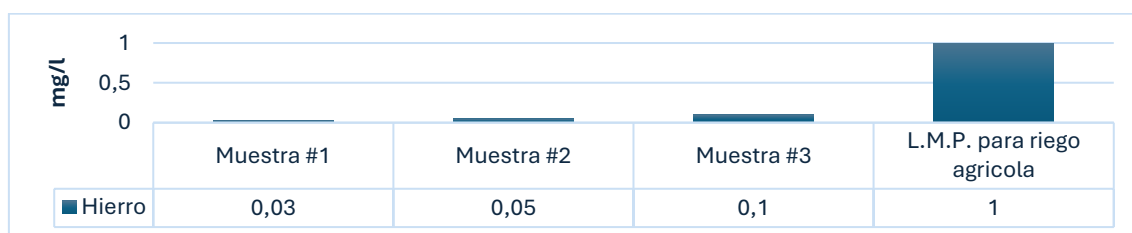
periódico para prevenir incrementos que puedan afectar la salinidad del suelo y el rendimiento de los cultivos.

3.2.2. Hierro.

El hierro (Fe) es un elemento metálico que se encuentra de forma natural en suelos y rocas, y puede disolverse en el agua a través de procesos de meteorización, oxidación y reducción. En cuerpos de agua, el hierro puede presentarse en diferentes estados de oxidación (principalmente Fe^{2+} y Fe^{3+}), lo que influye en su solubilidad, color y comportamiento químico. (Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. , 2003)

Según Hem (1985), el hierro es uno de los metales más abundantes en la corteza terrestre y su presencia en aguas superficiales y subterráneas depende de factores geológicos y condiciones redox. Adicionalmente, Sawyer (2003) señalan que el hierro está clasificado entre los metales pesados que requieren monitoreo en estudios de calidad de agua, debido a su potencial de afectar el uso del agua en aplicaciones urbanas, industriales y agrícolas cuando supera ciertos umbrales.

Tabla 6: Resultados de la prueba de Hierro.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de hierro registradas en las muestras de agua del canal muestran valores de **0,03 mg/L en la muestra 1**, **0,05 mg/L en la muestra 2** y **0,10 mg/L en la muestra 3**. Estos resultados se encuentran considerablemente por debajo del límite máximo permisible de 1 mg/L establecido para uso agrícola, lo que indica que el

contenido de hierro presente en el agua no representa un riesgo para los cultivos ni para la calidad del suelo.

Se evidencia un ligero incremento del hierro en la muestra 3 en comparación con las demás, lo cual podría estar asociado a procesos naturales de arrastre de sedimentos, disolución de minerales del suelo o aportes locales. No obstante, dicha variación se mantiene dentro de rangos aceptables según la normativa vigente.

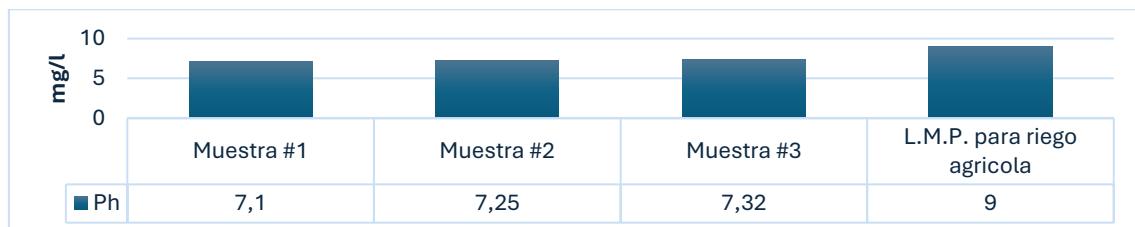
En conclusión, los valores obtenidos confirman que el agua del canal cumple con los criterios de calidad en relación con el hierro, siendo apta para su utilización en actividades agrícolas sin generar efectos adversos significativos.

3.2.3. PH

El **pH** es una medida que expresa la **acidez o alcalinidad de una solución acuosa**, en función de la concentración de iones hidrógeno (H^+) presentes en el agua. Este parámetro es fundamental en estudios de calidad del agua, ya que influye directamente en procesos químicos, biológicos y en la solubilidad de metales y nutrientes.

Según Sawyer, McCarty y Parkin (2003), el pH controla numerosas reacciones en sistemas acuáticos, afectando la disponibilidad de sustancias disueltas y la actividad de los organismos vivos.

Tabla 7: Resultados de la prueba de PH.



Elaborado por: Loor Ronald

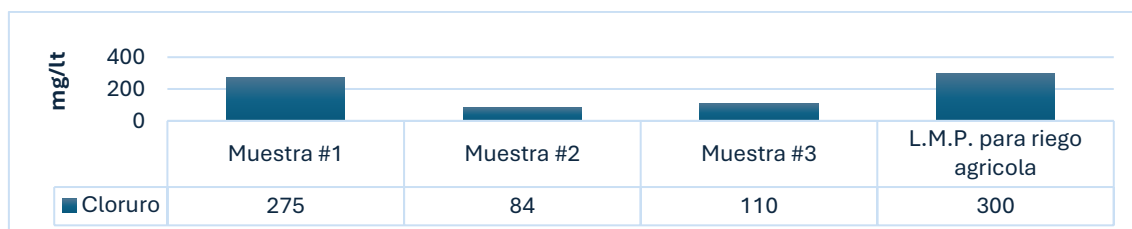
Los valores de pH registrados en las muestras de agua del canal presentan resultados de **7,10 mg/L en la muestra 1**, **7,25 mg/L en la muestra 2** y **7,32 mg/L en la muestra 3**. Estos valores se sitúan dentro de un rango cercano a la neutralidad, lo que indica que el agua presenta condiciones químicas estables y favorables para su uso en actividades agrícolas.

Al comparar estos resultados con el límite máximo permisible de pH 9 establecido para riego agrícola, se evidencia que todas las muestras cumplen con la normativa vigente, sin presentar niveles de acidez o alcalinidad que puedan afectar negativamente el desarrollo de los cultivos o la calidad del suelo.

3.2.4. Cloruros

El cloruro (Cl^-) es un ion inorgánico ampliamente distribuido en aguas naturales, tanto superficiales como subterráneas, y constituye uno de los principales componentes de la sal común (cloruro de sodio). Su presencia en el agua puede originarse de fuentes naturales, como la disolución de minerales y la intrusión marina en zonas costeras, así como de actividades humanas, entre ellas las descargas domésticas, el uso de fertilizantes, residuos industriales y escorrentía agrícola (El Bilali, A., 2024).

Tabla 8: Resultados de la prueba de Cloruro.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de cloruros obtenidas en el agua del canal presentaron valores de **275 mg/L en la muestra 1**, **84 mg/L en la muestra 2** y **110 mg/L en la**

muestra 3. Al compararlos con el límite máximo permisible de 300 mg/L para riego agrícola, se observa que las tres muestras cumplen con los criterios de calidad establecidos.

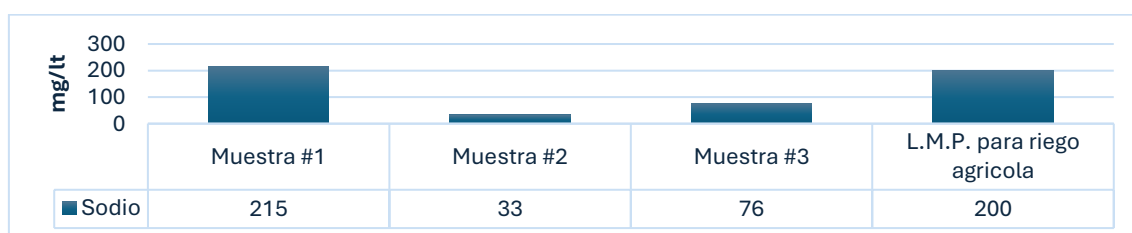
La muestra 1 registra la mayor concentración, situándose próxima al valor límite, lo que podría relacionarse con aportes de sales disueltas provenientes de actividades agrícolas o procesos naturales de acumulación. Por su parte, la muestra 2 muestra el valor más bajo, indicando una mejor condición del agua en ese tramo del canal, mientras que la muestra 3 presenta un nivel intermedio, reflejando una variación normal en la composición del agua a lo largo del recorrido.

En conclusión, los niveles de cloruros no representan una limitación para el uso del agua en riego; no obstante, se recomienda un seguimiento periódico, especialmente en los sectores donde se presentan concentraciones más elevadas, con el fin de prevenir posibles efectos de salinidad en los suelos agrícolas.

3.2.5. SODIO

El sodio es un ion presente de forma natural en cuerpos de agua superficial, cuya concentración puede incrementarse por actividades humanas, y constituye un parámetro determinante para evaluar la salinidad del agua y su aptitud para riego agrícola (WHO, 2022; El Bilali, 2024).

Tabla 9: Resultados de la prueba de Sodio.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de sodio determinadas en el agua del canal registraron valores de **215 mg/L en la muestra 1**, **33 mg/L en la muestra 2** y **76 mg/L en la muestra 3**. Al compararlos con el límite máximo permisible de 200 mg/L establecido para riego agrícola, se evidencia que la **muestra 1 supera ligeramente el valor permitido**, mientras que las muestras 2 y 3 se mantienen dentro de los rangos aceptables.

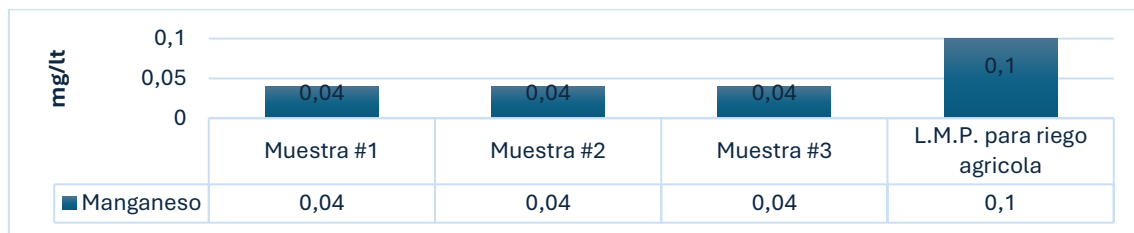
El valor elevado observado en la muestra 1 podría estar relacionado con la acumulación de sales disueltas provenientes de actividades agrícolas, escorrentía superficial o características naturales del suelo en ese sector del canal. Por el contrario, la muestra 2 presenta una concentración baja de sodio, lo que indica una mejor calidad del agua en ese tramo, mientras que la muestra 3 muestra un nivel intermedio.

En términos generales, aunque la mayor parte de las muestras cumple con los criterios establecidos, el exceso registrado en la muestra 1 sugiere la necesidad de implementar un monitoreo para evitar procesos de sodificación del suelo que puedan afectar la productividad agrícola a largo plazo.

3.2.6. MANGANESO

El manganeso es un metal presente de forma natural en aguas superficiales debido a procesos geológicos, cuya movilidad aumenta en condiciones de baja oxigenación, y cuya concentración elevada puede afectar la calidad del agua y generar riesgos potenciales para la salud (Loucif, K, 2024).

Tabla 10: Resultado de la prueba de Manganeso.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de manganeso determinadas en las muestras de agua del canal presentaron valores constantes de **0,04 mg/L en la muestra 1**, **0,04 mg/L en la muestra 2** y **0,04 mg/L en la muestra 3**. Al comparar estos resultados con el límite máximo permisible de 0,1 mg/L establecido para riego agrícola, se evidencia que todas las muestras se encuentran dentro de los rangos aceptables de calidad.

La uniformidad de los valores entre los puntos de muestreo indica una distribución homogénea del manganeso a lo largo del canal, sin presencia de aportes puntuales que generen incrementos significativos en su concentración.

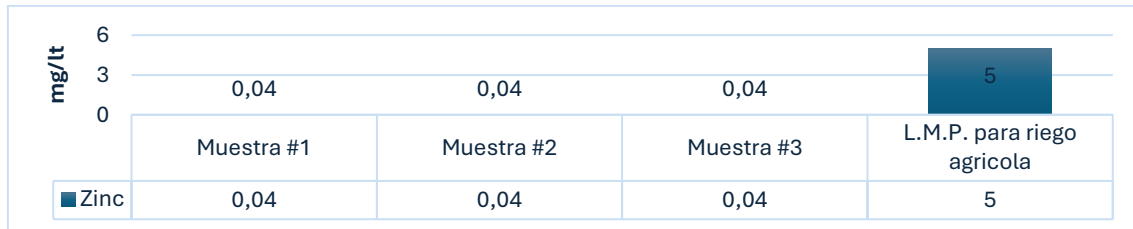
En general, los niveles registrados no representan un riesgo para el uso agrícola del agua ni para la calidad del suelo, por lo que el manganeso no constituye un parámetro limitante dentro del área de estudio.

3.2.7. ZINC

El zinc es un metal que se encuentra de manera natural en el agua debido a la descomposición de minerales presentes en el suelo y las rocas. También puede incorporarse al agua por actividades humanas, como descargas domésticas, residuos industriales, uso de productos agrícolas y por la corrosión de tuberías metálicas. En pequeñas cantidades, el zinc forma parte de los nutrientes necesarios para los seres vivos;

sin embargo, cuando se presenta en concentraciones elevadas puede afectar la calidad del agua y provocar efectos negativos en organismos acuáticos y en la salud de las personas.

Tabla 11: Resultado de la prueba de Zinc.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de zinc registradas en las muestras de agua del canal fueron de **0,04 mg/L en la muestra 1, 0,04 mg/L en la muestra 2 y 0,04 mg/L en la muestra 3**. Al compararlas con el **límite máximo permisible de 5 mg/L establecido para riego agrícola**, se observa que todas las muestras se encuentran muy por debajo del valor permitido.

La similitud de los resultados en los tres puntos de muestreo evidencia una distribución uniforme del zinc en el canal, sin indicios de contaminación localizada.

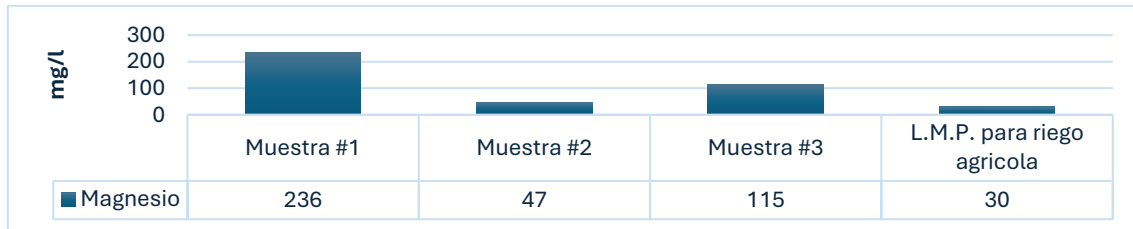
En términos generales, el contenido de zinc no representa una restricción para el uso agrícola del agua, manteniéndose dentro de niveles seguros para los cultivos y el suelo.

3.2.8. MAGNESIO

El magnesio es un elemento mineral que se encuentra de forma natural en aguas superficiales y subterráneas como resultado de la disolución de rocas y suelos que contienen minerales como la dolomita y la magnesita. Su presencia en el agua está

estrechamente relacionada con las características geológicas del territorio, así como con procesos de escorrentía y erosión del suelo.

Tabla 12: Resultado de la prueba de Magnesio.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de magnesio en el agua del canal registraron valores de **236 mg/L en la muestra 1, 47 mg/L en la muestra 2 y 115 mg/L en la muestra 3**. Al compararlos con el límite máximo permisible de 30 mg/L establecido para riego agrícola, se evidencia que las tres muestras superan ampliamente el valor permitido, siendo la muestra 1 la que presenta la mayor concentración.

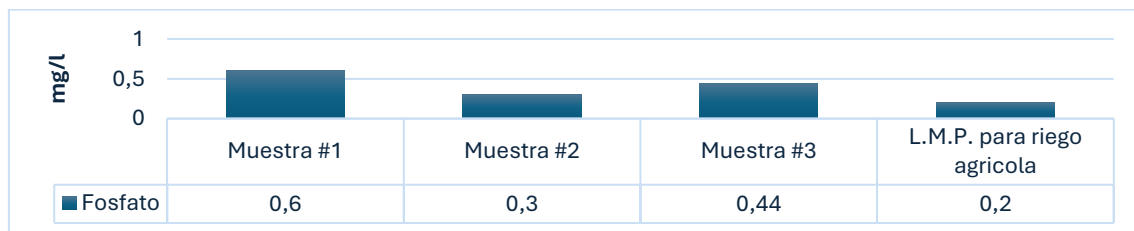
El nivel elevado de magnesio puede estar asociado a la disolución de minerales del suelo, características geológicas de la zona o aportes por escorrentía agrícola. La muestra 2 presenta el valor más bajo, aunque continúa por encima del límite, mientras que la muestra 3 muestra una concentración intermedia.

En general, los resultados indican una excesiva presencia de magnesio en el agua del canal, lo que puede contribuir al aumento de la dureza del agua y afectar la estructura del suelo agrícola, por lo que se recomienda implementar medidas de control y seguimiento para reducir su concentración y evitar impactos negativos en la productividad de los cultivos.

3.2.9. FOSFATO

Los fosfatos son compuestos químicos que contienen fósforo y se encuentran de manera natural en aguas superficiales como resultado de la disolución de minerales del suelo y de la descomposición de materia orgánica. No obstante, en la mayoría de los cuerpos de agua su concentración se incrementa principalmente por actividades humanas, especialmente por el uso de fertilizantes agrícolas, detergentes domésticos y descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado.

Tabla 13: Resultado de Prueba de Fosfato.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de fosfatos registradas en el agua del canal fueron de **0,60 mg/L en la muestra 1**, **0,30 mg/L en la muestra 2** y **0,44 mg/L en la muestra 3**. Al compararlas con el límite máximo permisible de 0,20 mg/L establecido para riego agrícola, se evidencia que las tres muestras superan el valor permitido.

El mayor contenido se presenta en la muestra 1, lo que sugiere posibles aportes de fertilizantes agrícolas, escorrentía superficial o descargas con alto contenido de nutrientes. La muestra 2 presenta el valor más bajo, aunque continúa por encima del límite, mientras que la muestra 3 mantiene una concentración intermedia.

En general, los niveles elevados de fosfatos indican una carga de nutrientes superior a la recomendada, lo cual puede favorecer procesos de eutrofización y afectar la

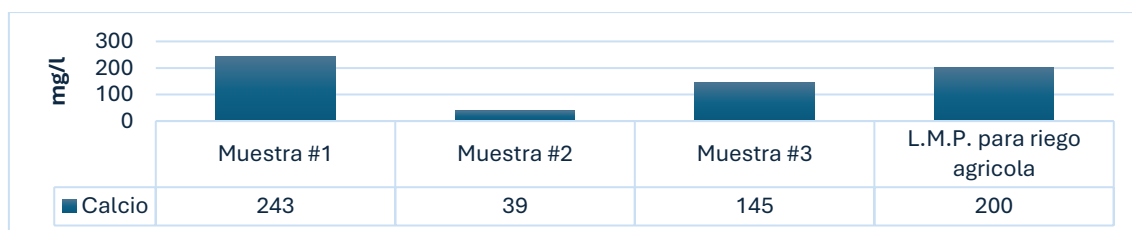
calidad del agua y del suelo, por lo que se recomienda implementar medidas de control y monitoreo continuo.

3.2.10. CALCIO

El calcio presente en el agua se encuentra principalmente en forma de ion disuelto Ca^{2+} , originado por la disolución natural de minerales carbonatados como la calcita y la dolomita, comunes en formaciones geológicas sedimentarias. Su concentración depende en gran medida de las características del suelo y del tipo de roca por donde circula el agua subterránea o superficial. Junto con el magnesio, el calcio constituye uno de los principales responsables de la dureza del agua.

Desde el punto de vista ambiental, este elemento cumple un papel importante en los ecosistemas acuáticos, ya que participa en la formación de estructuras calcáreas de organismos como moluscos, crustáceos y corales, además de influir en el desarrollo de ciertas algas. En el consumo humano, el calcio contribuye a mejorar las propiedades organolépticas del agua y representa una fuente adicional de este mineral esencial para la salud ósea, ayudando a mantener la densidad ósea y a reducir el riesgo de enfermedades como la osteoporosis. (WHO, 2011).

Tabla 14: Resultado de la prueba de Calcio.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de calcio en el agua del canal registraron valores de **243 mg/L en la muestra 1, 39 mg/L en la muestra 2 y 145 mg/L en la muestra 3**. Al

compararlos con el límite máximo permisible de 200 mg/L establecido para riego agrícola, se evidencia que la muestra 1 supera el valor permitido, mientras que las muestras 2 y 3 se mantienen dentro de los rangos aceptables.

El nivel elevado observado en la muestra 1 puede estar asociado a la disolución de minerales del suelo, características geológicas del área o aportes por escorrentía. La muestra 2 presenta la menor concentración, reflejando una mejor condición relativa del agua en ese tramo del canal, mientras que la muestra 3 muestra un valor intermedio.

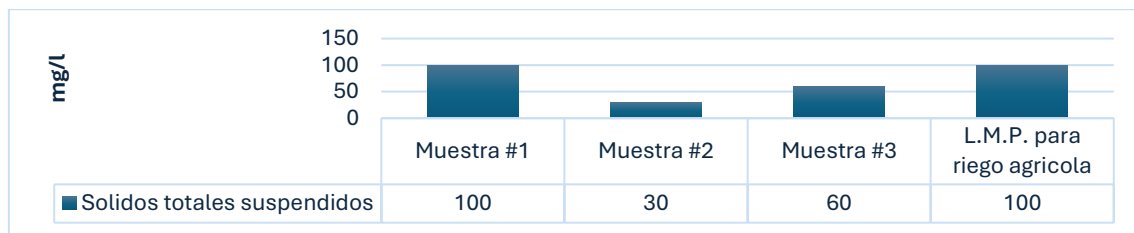
En general, aunque la mayoría de las muestras cumplen con la normativa, el exceso registrado en la muestra 1 sugiere la necesidad de seguimiento periódico para evitar posibles efectos de dureza elevada o acumulación de sales en suelos agrícolas.

3.2.11. SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS

Los sólidos totales suspendidos (STS) corresponden a la fracción de material particulado que permanece dispersa en el agua sin llegar a disolverse, manteniéndose en suspensión por acción del movimiento del flujo. Estos pueden estar compuestos por finas partículas de suelo, limo, restos orgánicos, algas, bacterias y otros residuos provenientes de procesos naturales o actividades humanas.

La presencia de STS influye directamente en la calidad del agua, ya que reduce la transparencia, afecta la penetración de la luz y puede alterar los procesos biológicos acuáticos.

Tabla 15: Resultado de la prueba de Sólido Totales Suspendidos.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de sólidos totales suspendidos en el agua del canal fueron de **100 mg/L en la muestra 1, 30 mg/L en la muestra 2 y 60 mg/L en la muestra 3**. Al compararlas con el límite máximo permisible de 100 mg/L establecido para riego agrícola, se observa que la muestra 1 alcanza el valor límite, mientras que las muestras 2 y 3 se mantienen por debajo del mismo.

El valor más elevado en la muestra 1 puede estar relacionado con arrastre de sedimentos, erosión del suelo o aportes de escorrentía durante eventos de lluvia. La muestra 2 presenta la menor concentración, indicando una menor carga de partículas en suspensión, mientras que la muestra 3 muestra un nivel intermedio.

En general, los niveles de sólidos suspendidos se encuentran dentro de rangos aceptables para riego; sin embargo, el valor límite observado en la muestra 1 sugiere la conveniencia de mantener un control periódico para prevenir incrementos que puedan afectar la calidad del agua y la eficiencia de riego.

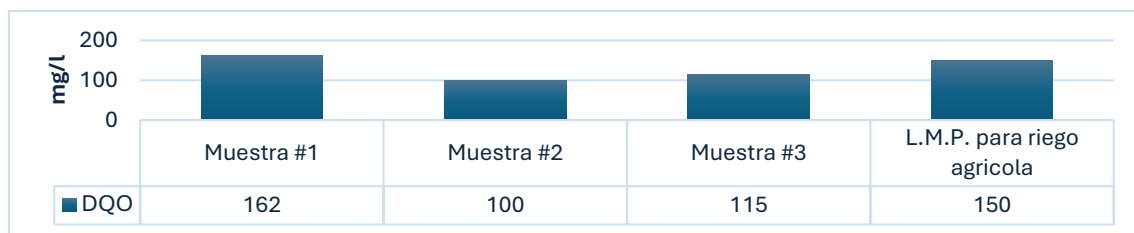
3.2.13. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua, utilizando un agente oxidante fuerte en condiciones controladas de laboratorio.

Este análisis permite estimar la carga contaminante total, tanto biodegradable como no biodegradable, en un cuerpo de agua o efluente.

Según Metcalf & Eddy (2014), la DQO representa una medida rápida de la contaminación orgánica, ampliamente utilizada en el control de aguas residuales y en la evaluación de impactos ambientales en sistemas acuáticos.

Tabla 16: Resultado de la prueba DQO



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de demanda química de oxígeno registradas en el agua del canal fueron de **162 mg/L en la muestra 1**, **100 mg/L en la muestra 2** y **115 mg/L en la muestra 3**. Al compararlas con el límite máximo permisible de 150 mg/L establecido para riego agrícola, se observa que la muestra 1 supera el valor permitido, mientras que las muestras 2 y 3 se mantienen dentro de los rangos aceptables.

El valor elevado en la muestra 1 indica una mayor presencia de materia orgánica y compuestos oxidables, posiblemente asociados a descargas domésticas, escorrentía agrícola o acumulación de residuos orgánicos. La muestra 2 presenta el valor más bajo, reflejando una mejor condición relativa del agua en ese tramo del canal, mientras que la muestra 3 muestra una concentración intermedia.

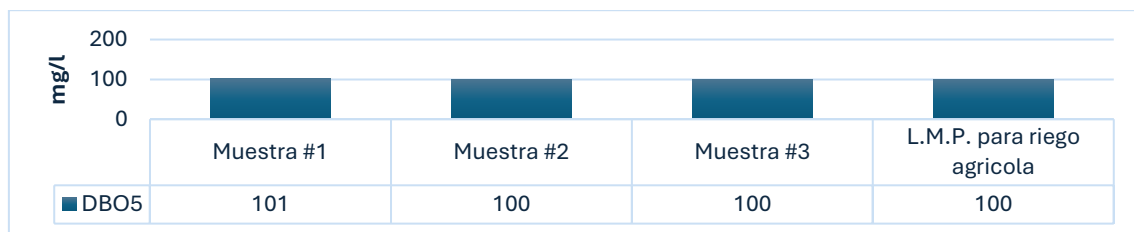
En general, aunque la mayor parte de las muestras cumple con la normativa, el exceso registrado en la muestra 1 evidencia la necesidad de implementar medidas de control y monitoreo para reducir la carga contaminante y mejorar la calidad del agua.

3.2.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) indica la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica biodegradable presente en el agua durante un período de cinco días a 20 °C. Este parámetro refleja el grado de contaminación orgánica susceptible de degradación biológica.

De acuerdo con Sawyer, McCarty, & Parkin (2003), la DBO₅ es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua, ya que permite evaluar el impacto de descargas domésticas, agrícolas e industriales sobre los ecosistemas acuáticos.

Tabla 17: Resultado de la prueba de DBO₅.



Elaborado por: Loor Ronald

Las concentraciones de DBO₅ en el agua del canal registraron valores de **101 mg/L en la muestra 1, 100 mg/L en la muestra 2 y 100 mg/L en la muestra 3**. Al compararlas con el límite máximo permisible de 100 mg/L establecido para riego agrícola, se observa que la muestra 1 supera ligeramente el valor permitido, mientras que las muestras 2 y 3 se encuentran exactamente en el límite.

Estos resultados indican una presencia elevada de materia orgánica biodegradable en el agua del canal, lo cual sugiere aportes de residuos orgánicos, aguas residuales o escorrentía con contenido biológico.

En general, aunque dos de las muestras cumplen estrictamente con el valor permitido, el leve exceso observado en la muestra 1 evidencia la necesidad de control y seguimiento para reducir la carga orgánica y evitar un deterioro progresivo de la calidad del agua.

3.3. Discusión de los resultados de los parámetros fisicoquímicos del agua del canal Pasaje.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua del canal Pasaje evidencia variaciones espaciales en su calidad, las cuales fueron evaluadas en función de los límites máximos permisibles establecidos para riego agrícola.

Los **sólidos disueltos totales (TDS)** presentaron concentraciones inferiores al valor límite permitido, lo que indica que la carga de sales disueltas es aceptable para uso agrícola. No obstante, la muestra 1 registró el valor más elevado, lo que sugiere influencia de escorrentía agrícola o acumulación de sales en ese tramo del canal.

En relación con el **hierro**, las concentraciones obtenidas fueron bajas en todas las muestras y se mantuvieron muy por debajo del límite permisible, por lo que este metal no representa una restricción para el uso del agua ni un riesgo para los cultivos. De forma similar, los valores de **pH** se encontraron cercanos a la neutralidad, reflejando condiciones químicas estables y favorables para el riego agrícola.

Los **cloruros** se mantuvieron dentro de los rangos permitidos en las tres muestras, aunque la muestra 1 presentó valores cercanos al límite, lo que podría asociarse a procesos de acumulación de sales. En el caso del **sodio**, se evidenció un leve incumplimiento en la muestra 1, situación que puede favorecer procesos de sodificación del suelo si no se controla, mientras que las demás muestras mostraron concentraciones adecuadas.

Los metales **manganeso y zinc** registraron concentraciones bajas y homogéneas en todos los puntos de muestreo, sin evidenciar problemas de contaminación, manteniéndose dentro de niveles seguros para el uso agrícola.

Por el contrario, el **magnesio** presentó concentraciones elevadas en todas las muestras, superando ampliamente el límite permisible, lo que puede contribuir al aumento de la dureza del agua y afectar la estructura del suelo agrícola. Asimismo, los **fosfatos** excedieron el valor permitido en los tres puntos de muestreo, indicando una elevada carga de nutrientes, posiblemente asociada al uso de fertilizantes agrícolas y escorrentía superficial, con potencial riesgo de eutrofización.

El **calcio** superó el límite permisible en la muestra 1, mientras que las muestras 2 y 3 se mantuvieron dentro de rangos aceptables, lo que sugiere influencia geológica o aporte mineral localizado. Los **sólidos totales suspendidos** alcanzaron el valor límite en la muestra 1, lo que podría relacionarse con arrastre de sedimentos, mientras que las demás muestras presentaron concentraciones menores.

Finalmente, los parámetros de carga orgánica, **DQO y DBO₅**, mostraron valores elevados en la muestra 1, superando o alcanzando los límites establecidos, lo que evidencia una mayor presencia de materia orgánica biodegradable, posiblemente asociada a descargas residuales o aportes orgánicos.

3.4. CONCLUSIÓN DE LA DISCUSIÓN

En conjunto, los resultados indican que el agua del canal presenta condiciones aceptables en varios parámetros; sin embargo, se identifican sectores con **exceso de sales, nutrientes y carga orgánica**, especialmente en la muestra 1, lo que refleja la influencia de actividades antrópicas y la necesidad de implementar acciones de control, tratamiento

y monitoreo continuo para garantizar un uso sostenible del recurso hídrico en riego agrícola.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES

- Caracterizar los parámetros físico-químicos del agua del canal Pasaje permitió identificar variaciones significativas en la composición del agua a lo largo de los puntos de muestreo, evidenciándose valores adecuados en pH y algunos metales, pero concentraciones elevadas de sales, nutrientes y dureza en ciertos sectores, lo que refleja influencia de procesos naturales y actividades humanas.
- Determinar los indicadores microbiológicos evidenció la presencia de contaminación biológica en el canal, asociada principalmente a aportes de aguas residuales y escorrentía superficial, lo que representa un riesgo potencial para la salud pública y limita el uso directo del agua sin tratamiento previo.
- Comparar los resultados con la normativa vigente permitió establecer que varios parámetros superan los límites permisibles para riego agrícola, especialmente nutrientes y carga orgánica, mientras que otros se mantienen dentro de rangos aceptables, demostrando una calidad de agua variable según el tramo evaluado.
- Identificar las posibles fuentes de alteración de la calidad del agua permitió relacionar los niveles elevados de sales, nutrientes y materia orgánica con actividades agrícolas intensivas, descargas domésticas y procesos de arrastre de sedimentos, evidenciando una fuerte influencia antrópica en el sistema hídrico.
- Proponer recomendaciones técnicas permitió plantear acciones orientadas al monitoreo continuo, control de descargas, manejo adecuado de fertilizantes y sensibilización ambiental, con el fin de mejorar la calidad del agua y reducir los riesgos ambientales y sanitarios asociados al uso del canal.

RECOMENDACIONES

- Implementar un programa de monitoreo periódico de la calidad del agua del canal Pasaje, que permita detectar cambios en los parámetros críticos y actuar de manera oportuna.
- Promover prácticas agrícolas responsables, orientadas a reducir el uso excesivo de fertilizantes y agroquímicos que contribuyen al aumento de nutrientes y sales disueltas.
- Evaluar la existencia de descargas de aguas residuales cercanas al canal y establecer medidas de control o tratamiento previo antes de su vertimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Achupallas, M. V. (s.f.). *UTPL*. Obtenido de Ingeniería Ambiental:
<https://utpl.edu.ec/carreras/calidad-del-agua>
- APHA, A. P. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23^a ed)*. Obtenido de <https://dokumen.pub/standard-methods-for-the-examination-of-water-and-wastewater-23th-23thnbsped-9780875532875.html>
- Arocena, R. C. (2008). *Evaluación ecológica de cursos de agua y biomonitoreo*.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2010). El derecho humano al agua y el saneamiento, Resolución 64/292.
- Constitución de la República del Ecuador. (2021). Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Das, A. (2025). *Desalination and Water Treatment*. Obtenido de Surface water quality assessment and its evaluation of potential pollution risks for drinking purposes employing water quality indices and various machine learning techniques:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1944398625005648>
- El Bilali, A. (2024). Challenges of Water Quality Management for Agricultural Development. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/370711299_Challenges_of_Water_Quality_Management_for_Agricultural_Development
- Hem, J. D. (1985). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water (3rd ed.) . En *U.S. Geological Survey*.

Loucif, K. (2024). *Water physicochemical quality as driver of spatial and microbial patterns in surface waters*. . Obtenido de Applied Water Science:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-024-02176-5>

Maidmen, D. R. (1993). *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering - Treatment and Resource Recovery*.

Obtenido de McGraw-Hill Education.:

[https://es.scribd.com/document/842034487/Metcalf-Eddy-Wastewater-](https://es.scribd.com/document/842034487/Metcalf-Eddy-Wastewater-Engineering-Treatment-and-Resource-Recovery-5th-Edition-Intro)

[Engineering-Treatment-and-Resource-Recovery-5th-Edition-Intro](https://es.scribd.com/document/842034487/Metcalf-Eddy-Wastewater-Engineering-Treatment-and-Resource-Recovery-5th-Edition-Intro)

Orellana, J. (2005). *frro*. Obtenido de CARACTERÍSTICAS DE LOS LIQUIDOS RESIDUALES:

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_08_Caracteristicas_de_Liquidos_Residuales.pdf

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed., incorporating the first addendum)*. World Health Organization.

Pradillo, B. (2016). *I Agua*. Obtenido de Parametros del agua:

<https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>

Rocano, W. M., Patiño, L. N., Segarra, S. M., & Suárez, J. A. (2023). *Análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de riego en San Joaquín-Cuenca*.

Ecuador. Obtenido de

<https://portal.amelica.org/ameli/journal/540/5404212003/html/>

Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin, G. F. . (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science (5th ed.)*. En McGraw-Hill.

Sawyer, C. N., McCarty, P. L., & Parkin., G. F. (2003). *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. Obtenido de McGraw-Hill.:
<https://es.scribd.com/document/864810323/Chemistry-for-Environmental-Engineering-and-Science-Sawyer-and-McCarty-01>

UNESCO. (2006). *World Water Development Report 2: Water, a Shared Responsibility*. United Nations Educational: Scientific and Cultural Organization.

UNESCO. (2024). *Demanda y uso del agua*. Obtenido de
<https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024/s>

UNICEF & WHO. (2023). *Progress on household drinking water, sanitation and hygiene*. Obtenido de Special focus on gender. Joint Monitoring Programme (JMP).

Uslu, A., Tuzun Dugan, S., & El Hmaidi, A. (2024). *Uslu, A., Tuzun Dugan, S., & El Hmaidi, A. Earth Science Informatics*. Obtenido de Comparative evaluation of spatiotemporal variations of surface water quality using water quality indices and GIS:
[https://www.researchgate.net/publication/381799809_Comparative_evaluation_of_spatiotemporal_variations_of_surface_water_quality_using_water_quality_in dices_and_GIS](https://www.researchgate.net/publication/381799809_Comparative_evaluation_of_spatiotemporal_variations_of_surface_water_quality_using_water_quality_indices_and_GIS)

Zambrano, C. (2009). *aguas residuales: clasificación, características y composición*. Obtenido de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6087/5/CAPITULO%202.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1. Canal el Pasaje



Anexo 2. Recolección de muestras.



Anexo 3. Intervención del Docente, moradores

