



Uleam

UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO: INGENIERO CIVIL**

TEMA:

**EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS
FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CANAL MESÍAS
DEL CANTÓN ROCAFUERTE- MANABÍ.**

AUTOR:

ANDRADE MACIAS EDUARDO

TUTOR:

ING. HORACIO CEDEÑO MUÑOZ, MSC.

ENERO 2025

MANTA – MANABÍ – ECUADOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que el siguiente trabajo de titulación en la modalidad "Proyecto de Investigación" es de nuestra autoría. Las concepciones tomadas de diferentes autores se encuentran debidamente citados y se incluyen en las referencias bibliográficas. El análisis de resultados y las conclusiones expuestas son de exclusiva responsabilidad de los autores.

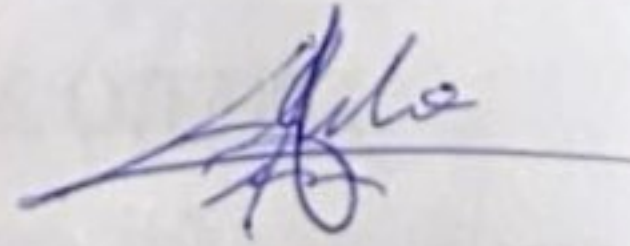
TEMA:

EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL CANAL MESÍAS DEL CANTÓN ROCAFUERTE-MANABÍ
INGENIERA CIVIL

AUTOR:

ANDRADE MACIAS EDUARDO

Manta, Enero de 2025



Andrade Macias Eduardo

CI:131381690-0

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL EXAMINADOR



Uleam

UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

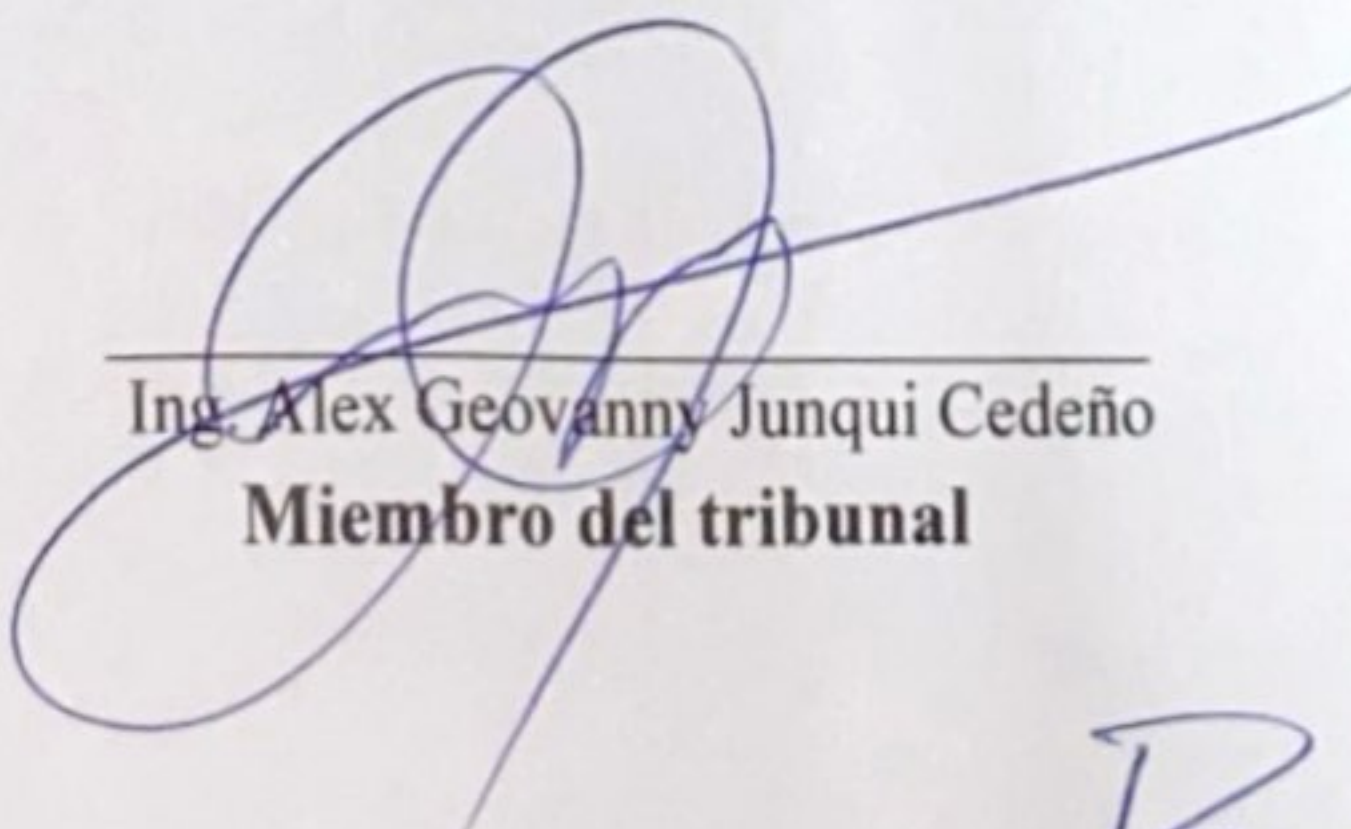
UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y ARQUITECTURA


Los miembros del Tribunal Examinador aprueban el Trabajo de Titulación siguiendo la modalidad de Proyecto de Investigación, titulado: "EVALUACION Y ANALISIS DE PARAMETROS FISICOQUIMICO Y MICROBIOLOGICOS DEL CANAL MESIAS DEL CANTON ROCAFUERTE - MANABI" elaborado por la egresada: ANDRADE MACIAS EDUARDO de la Carrera de Ingeniería Civil.

INGENIERA CIVIL

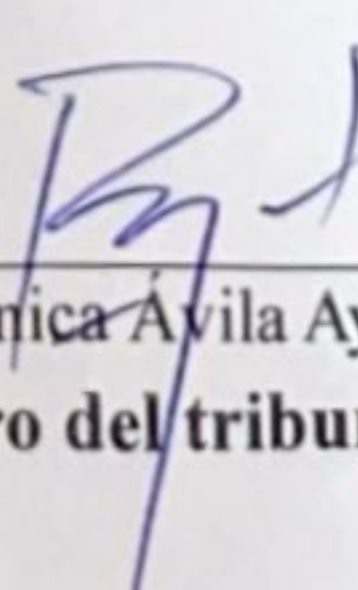
Aprobado por el Tribunal Examinador



Ing. Alex Geovanny Junqui Cedeño
Miembro del tribunal



Ing. Carlos Geovanny Delgado Castro
Miembro del tribunal



Dra. Verónica Ávila Ayón
Miembro del tribunal

AGRADECIMIENTO

Primero que todo, agradezco a Dios, por darme la sabiduría, la fuerza y la paz para poder concluir este importante capítulo de mi vida. Su guía ha sido esencial para que este trabajo fuera posible.

A mi director de tesis, por su dedicación, paciencia y sabiduría. Sus consejos y apoyo han sido fundamentales para llevar este proyecto a buen puerto.

A mi familia, por ser el pilar que me ha sostenido en cada momento de dificultad. Su amor y sacrificio me impulsan a seguir adelante y me dan el coraje para enfrentar cada desafío.

A mis amigos, por ser mi apoyo emocional, por las risas y por los momentos de calma que compartimos durante este largo proceso.

Y a todos aquellos que de alguna manera han contribuido al éxito de este trabajo, ya sea con su tiempo, sus conocimientos o su aliento. Les agradezco profundamente por su generosidad.

ANDRADE MACIAS EDUARDO

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente infinita de inspiración. Sin Él, nada de esto sería posible. Gracias por darme la sabiduría y la perseverancia para seguir adelante en cada momento de incertidumbre.

A mis padres, por ser el faro de amor y apoyo incondicional que siempre ilumina mi camino. Gracias por su confianza, sacrificio y por enseñarme que los sueños se alcanzan con fe y trabajo.

A la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por ofrecerme el espacio para crecer, aprender y descubrir mi potencial. Y a todos los profesores que con su enseñanza han iluminado mi camino académico.

A mis amigos y seres queridos, por su compañía, paciencia y por creer en mí cuando más lo necesitaba. Cada uno de ustedes ha sido una bendición en mi vida.

ANDRADE MACIAS EDUARDO

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar y analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías, ubicado en el cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, con el fin de determinar su calidad y proponer estrategias de gestión sostenible del recurso hídrico. Este canal es una fuente clave para actividades agrícolas y otras necesidades de la región, pero ha experimentado un deterioro en su calidad debido a la contaminación proveniente de actividades antrópicas, como el vertido de aguas residuales, el uso intensivo de agroquímicos y la falta de tratamiento adecuado de desechos.

La metodología incluyó un plan de muestreo representativo, con mediciones in situ y análisis de laboratorio de diversos indicadores como el pH, la turbidez, entre otras.

Los resultados indicaron que varios parámetros superan los límites permisibles establecidos por las normativas ambientales, lo que evidencia una significativa contaminación. Las principales fuentes de contaminación fueron las descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado y las prácticas agrícolas intensivas.

A partir de estos resultados, se propone un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, la promoción de prácticas agrícolas responsables y la educación ambiental en las comunidades locales.

Esta investigación contribuye a la gestión sostenible del canal Mesías, proporcionando información clave para el desarrollo de estrategias que aseguren el acceso a agua de calidad para las generaciones futuras.

Palabras Claves: Agua Residual, Parámetros físicos y microbiológicos, calidad de agua.

ABSTRACT

The present research work aims to evaluate and analyze the physicochemical and microbiological parameters of the water of the Mesías canal, located in the Rocafuerte canton, Manabi province, in order to determine its quality and propose sustainable water resource management strategies. This canal is a key source for agricultural activities and other needs of the region, but has experienced a deterioration in its quality due to contamination from anthropogenic activities, such as the discharge of wastewater, the intensive use of agrochemicals and the lack of adequate waste treatment.

The methodology included a representative sampling plan, with in situ measurements and laboratory analysis of various indicators such as pH, turbidity, among others.

The results indicated that several parameters exceed the permissible limits established by environmental regulations, which shows significant contamination. The main sources of contamination were discharges of wastewater without adequate treatment and intensive agricultural practices.

Based on these results, a system of continuous monitoring of water quality, the promotion of responsible agricultural practices and environmental education in local communities is proposed.

This research contributes to the sustainable management of the Mesías canal, providing key information for the development of strategies that ensure access to quality water for future generations.

Keywords: Wastewater, Physical and microbiological parameters, water quality.

Tabla de contenido

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	2
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
RESUMEN	6
ABSTRACT	7
INTRODUCCIÓN	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
OBJETIVOS	16
Objetivo general	16
Objetivos específicos	16
JUSTIFICACIÓN	17
CAPÍTULO I	18
1. ESTADO DEL ARTE	18
1.2. El Agua	18
1.2.1. Agua pura y potable concepto, diferencias y relevancia para la salud pública.	18
1.3. Calidad De agua	20
1.4. Clasificación del agua	21
1.4.1. Clasificación según el uso	21
1.4.2. Clasificación según la salinidad	22
1.4.3. Clasificación según la presencia de microorganismos	22

1.4.4.	Clasificación según su origen	22
1.4.5.	Clasificación según la calidad	23
1.5.	Principales Componentes de la Calidad del Agua.....	23
1.5.1.	Propiedades físicas del agua.....	23
1.5.2.	Parámetros químicos del agua.....	24
1.5.3.	Factores que Afectan la Calidad del Agua	28
1.6.	Aguas residuales.....	29
1.7.	Marco Legal.....	30
CAPITULO II.....		35
2.	METODOLOGÍA.....	35
2.1.	Metodología de la Investigación.....	35
2.2.	Característica de la zona de estudio.....	36
2.3.	Análisis Físico, Químico Y Biológico Del Canal Mesías.	37
2.3.1.	Materiales y Equipos.	37
2.4.	Plan de Muestreo.	38
2.4.1.	Selección de puntos de muestreo.....	38
2.4.2.	Frecuencia de Muestreo.....	39
2.4.3.	Procedimiento de Muestreo	39
2.5.	Análisis de Datos para Laboratorio.	40
2.5.1.	Condiciones de muestra.....	40
2.5.2.	Manejo de Muestra.....	41
2.6.	Procedimiento de Laboratorio.	42

2.6.1. Diagrama de flujo	42
CAPÍTULO III	47
3. RESULTADOS.	47
3.1. Interpretación de Resultados.	47
3.2. Interpretación de Resultados.	48
3.2.1. Solidos Totales Disueltos.	49
3.2.2. HIERRO.	49
3.2.3. PH.	50
3.2.4. CLORUROS.	51
3.2.5. SODIO.	52
3.2.5. MANGANESO.	53
3.2.6. ZINC.	54
3.2.7. MAGNESIO.	55
3.2.8. CALCIO	57
3.2.9. SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS.	58
3.3. Discusión de los Resultados de los Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos del Agua del Canal Mesías.....	60
3.4. Recomendaciones y Estrategias para la Mejora de la Calidad del Agua y la Gestión Sostenible del Canal Mesías.....	63
3.4.1. Implementación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales.	63
3.4.2. Monitoreo Continuo de la Calidad del Agua.....	64
3.4.3. Control y Regulación de Actividades Agrícolas	64

3.4.4. Educación y Sensibilización de las Comunidades Locales	64
3.4.5. Fortalecimiento de la Gobernanza del Recurso Hídrico.....	65
3.4.6. Promoción de Tecnologías de Innovación.....	65
3.4.7. Gestión Integral del Recurso Hídrico	66
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	67
4.1. CONCLUSIONES.....	67
4.2. RECOMENDACIONES.	68
BIBLIOGRAFÍA.....	69
ANEXOS.....	73

INDICE DE TABLA

Tabla 1: Destino de las extracciones de agua.....	20
Tabla 2: Conductividad Eléctrica.....	24
Tabla 3: Parámetros químicos del agua.....	24
Tabla 4: Materiales y Equipos.....	37
Tabla 5: Frecuencia de muestreo.....	39
Tabla 6: Manejo de Muestras.....	41
Tabla 7: Parámetros de calidad de agua.....	48
Tabla 8: Resultados de Parámetros de Sólidos Disueltos.....	49
Tabla 9: Parámetros de Hierro.....	50
Tabla 10: Resultado de parámetros de Ph.....	51
Tabla 11: Resultado de parámetros de Cloruro.....	52
Tabla 12: Resultados de parámetros de Sodio.....	53
Tabla 13: Resultados de parámetro de Manganeso.....	54

Tabla 14: Resultados de parámetros de Zinc.....	54
Tabla 15: Resultados de parámetros de Magnesio.	55
Tabla 16: Resultados de parámetros de fosfato.....	56
Tabla 17: Resultados de parámetros de Calcio.....	57
Tabla 18: Resultados de parámetros de Solidos totales suspendidos.	58
Tabla 19: Resultado de parámetros de DQO.....	59
Tabla 20: Resultados de parámetros de DBQ.....	60

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1: Flujo de procedimiento (Potencial hidrogeno pH)	42
Ilustración 2: Diagrama de flujo de procedimiento Cobre (Cu).	42
Ilustración 3: Diagrama de flujo de procedimiento para Cloruro.....	43
Ilustración 4: Flujo de procedimiento (Demanda Química de Oxígeno).....	43
Ilustración 5: Flujo de procedimiento (Demanda Bioquímica de Oxígeno).....	44
Ilustración 6: Diagrama de flujo de procedimiento para sodio.....	44
Ilustración 7: Flujo de procedimiento (Solidos Totales)	45
Ilustración 8: Flujo de procedimiento (Solidos Suspendidos).....	46
Ilustración 9: Visita Canal Mesías.....	73

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para el desarrollo de las actividades humanas, los ecosistemas y la biodiversidad. Sin embargo, la calidad de este recurso se ve amenazada por diversas actividades antrópicas, como la agricultura intensiva, la urbanización descontrolada y el vertido de desechos sólidos y líquidos. Estas actividades generan un impacto significativo en los cuerpos de agua superficiales, afectando su composición fisicoquímica y microbiológica, y poniendo en riesgo tanto la salud humana como el equilibrio ecológico.

En el cantón Rocafuerte, ubicado en la provincia de Manabí, el canal Mesías desempeña un papel crucial en el abastecimiento de agua para actividades agrícolas y otras necesidades locales. No obstante, la creciente presión sobre este recurso debido a descargas de aguas residuales, el uso intensivo de agroquímicos y la falta de tratamiento adecuado de los desechos ha generado preocupaciones sobre la calidad del agua del canal. Esta situación plantea la necesidad de un monitoreo constante y un análisis riguroso para evaluar los niveles de contaminación y proponer medidas correctivas.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal evaluar y analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías, identificando los factores que influyen en su calidad y comparándolos con los límites permisibles establecidos por las normativas nacionales e internacionales. Este estudio busca proporcionar información científica actualizada que contribuya a la gestión sostenible del recurso hídrico en la región y a la implementación de estrategias que minimicen los impactos negativos sobre el canal y sus alrededores.

La metodología empleada incluye el diseño de un plan de muestreo representativo, la medición in situ de parámetros físicoquímicos y el análisis de laboratorio de indicadores microbiológicos. Además, se analiza la relación entre los resultados obtenidos y las actividades humanas desarrolladas en el entorno del canal. A partir de este análisis, se espera identificar las principales fuentes de contaminación y formular recomendaciones orientadas a mejorar la calidad del agua y garantizar su disponibilidad para las futuras generaciones.

En síntesis, esta investigación no solo pretende diagnosticar el estado actual del canal Mesías, sino también generar conciencia sobre la importancia de la conservación de los recursos hídricos y fomentar la adopción de prácticas sostenibles en la región de Rocafuerte, Manabí.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El canal Mesías, localizado en el cantón Rocafuerte de la provincia de Manabí, constituye una fuente esencial de agua para el riego agrícola, el consumo doméstico y otras actividades económicas de la región. Sin embargo, en los últimos años, se ha observado un deterioro progresivo de la calidad del agua en este cuerpo hídrico. Las descargas de aguas residuales provenientes de zonas urbanas y rurales, junto con la aplicación intensiva de fertilizantes y pesticidas en las áreas agrícolas circundantes, han contribuido al incremento de contaminantes químicos y biológicos en el canal.

La falta de un monitoreo adecuado y continuo de la calidad del agua dificulta la identificación precisa de los factores que generan este deterioro. Esto no solo afecta las actividades productivas dependientes del canal, sino que también representa un riesgo para la salud pública, especialmente en las comunidades que utilizan el agua sin un tratamiento previo adecuado. Adicionalmente, los efectos acumulativos de la contaminación pueden alterar los ecosistemas acuáticos locales, disminuyendo la biodiversidad y comprometiendo la sostenibilidad ambiental a largo plazo.

En este contexto, surge la necesidad de realizar un estudio exhaustivo que permita evaluar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías, identificando las principales fuentes de contaminación y analizando el grado de cumplimiento con las normativas ambientales vigentes. Este diagnóstico es fundamental para proponer estrategias de manejo sostenible que garanticen la conservación del recurso hídrico y el bienestar de las comunidades dependientes del canal.

OBJETIVOS

Objetivo general

Evaluar y analizar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías en el cantón Rocafuerte, provincia de Manabí, para determinar su calidad y proponer estrategias sostenibles de gestión y conservación del recurso hídrico.

Objetivos específicos

1. Identificar los principales parámetros fisicoquímicos del agua del canal Mesías mediante mediciones in situ y análisis de laboratorio.
2. Determinar la presencia y concentración de indicadores microbiológicos en el agua del canal.
3. Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles establecidos por las normativas ambientales nacionales e internacionales.
4. Proponer recomendaciones y estrategias orientadas a la mejora de la calidad del agua y a la gestión sostenible del canal Mesías.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de esta investigación radica en su contribución a la solución de un problema ambiental y social de gran relevancia en la región de Rocafuerte. El canal Mesías no solo representa un recurso hídrico fundamental para las actividades agrícolas, sino también un soporte para el bienestar de las comunidades locales que dependen de él para satisfacer diversas necesidades. Sin embargo, la degradación de la calidad del agua pone en riesgo la sostenibilidad de estas actividades y la salud de los habitantes de la zona.

Desde una perspectiva científica, este estudio permitirá generar información actualizada y confiable sobre las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del canal, identificando las principales fuentes de contaminación. Esta información será clave para fundamentar propuestas de manejo y conservación del recurso hídrico, contribuyendo al diseño de políticas y estrategias sostenibles que aseguren el equilibrio entre las actividades humanas y la protección del medio ambiente.

Además, la investigación responde a la necesidad de cumplir con las normativas ambientales nacionales e internacionales relacionadas con la calidad del agua, promoviendo la adopción de prácticas responsables por parte de los diferentes actores involucrados, como agricultores, comunidades locales y gobiernos locales. En última instancia, este trabajo busca fomentar la conciencia ambiental y fortalecer la capacidad de la región para enfrentar los desafíos asociados con la gestión del recurso hídrico en un contexto de cambio climático y creciente presión antropogénica.

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE.

1.2. El Agua.

El agua es una molécula compuesta por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, con una estructura angular que le confiere propiedades físicas y químicas únicas. Estas propiedades incluyen su alta capacidad de disolución, lo que la convierte en un "solvente universal", su alto punto de ebullición y su capacidad para formar puentes de hidrógeno, lo que influye en muchas de las características de la vida en la Tierra. (Atkins, P., & de Paula, J., *Physical Chemistry, 10th ed.*, 2006).

El agua es también una cuestión fundamental de derechos humanos. Con el crecimiento continuo de la población mundial, surge una creciente necesidad de equilibrar las demandas comerciales de los recursos hídricos con las necesidades de las comunidades para asegurar que todos tengan acceso suficiente para satisfacer sus requerimientos básicos. En particular, las mujeres y las niñas deben contar con acceso a instalaciones de saneamiento que sean higiénicas y garanticen privacidad, permitiéndoles manejar la menstruación y la maternidad de manera digna y segura. (ONU, 2018).

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

Agua pura

El término agua pura se refiere al agua que está libre de impurezas, es decir, que no contiene contaminantes biológicos, químicos ni físicos. Químicamente, el agua pura es aquella compuesta únicamente por moléculas de H₂O. Sin embargo, en la práctica, el

agua rara vez se encuentra en su estado más puro debido a la presencia de elementos como gases disueltos, minerales, microorganismos y otras sustancias. El agua pura, en el contexto de laboratorios o experimentos científicos, se obtiene mediante procesos como la destilación, la ósmosis inversa o la desionización, que eliminan las impurezas.

En la naturaleza, el agua pura prácticamente no existe en estado libre. A medida que el agua circula a través del ciclo hidrológico, recoge impurezas del aire, el suelo y los cuerpos de agua. Por ejemplo, el agua de lluvia puede estar relativamente limpia, pero al entrar en contacto con la tierra, los ríos o las fuentes de agua, se contamina con minerales, materia orgánica, productos químicos, entre otros.

Agua potable

El concepto de agua potable es más amplio y práctico, ya que se refiere al agua que es segura para el consumo humano. El agua potable no necesariamente es agua pura, sino que puede contener ciertos niveles de minerales disueltos como calcio, magnesio, sodio y potasio, que son esenciales para el organismo en pequeñas cantidades. Además, el agua potable no debe contener niveles de contaminantes biológicos, químicos o radiactivos que puedan causar efectos adversos para la salud.

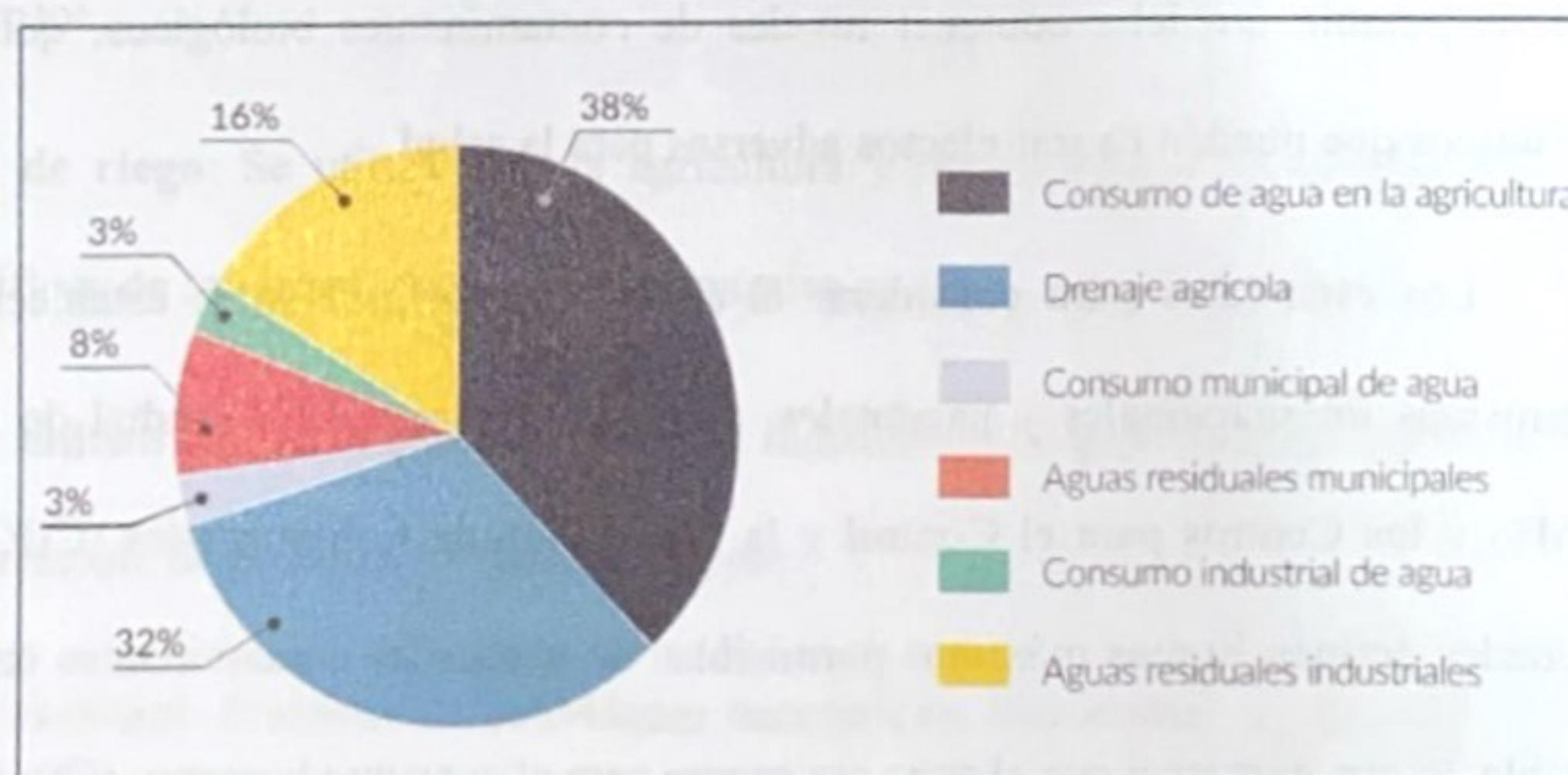
Los estándares para considerar el agua como potable están establecidos por organismos internacionales y nacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC). Estas entidades definen límites máximos permisibles de sustancias contaminantes en el agua potable, lo que garantiza que el agua sea segura para el consumo humano. (*Organización Mundial de la Salud, 2020*)

Según el Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024, las extracciones de agua dulce a nivel mundial se distribuyen de la siguiente manera:

- **Agricultura:** aproximadamente el 70% de las extracciones de agua dulce se destinan a la agricultura, principalmente para riego de cultivos.
- **Industria:** alrededor del 20% se utiliza en procesos industriales, incluyendo la generación de energía.
- **Uso doméstico:** aproximadamente el 10% restante se destina a consumo doméstico, como agua potable y saneamiento.

Esta distribución destaca la importancia del sector agrícola en el consumo de agua dulce a nivel global.

Tabla 1: Destino de las extracciones de agua.



Fuente: (UNESCO, 2024)

1.3. Calidad De agua.

La calidad del agua es un concepto amplio que abarca todos los aspectos de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua que determinan si es apta para

diversos usos, como el consumo humano, la agricultura, la industria, la recreación, y la vida acuática. Esta calidad es crucial no solo para la salud de los ecosistemas acuáticos, sino también para la salud pública y el bienestar económico de las comunidades que dependen del agua para diversas actividades. La calidad del agua varía según el lugar, el uso y el tipo de cuerpo de agua, y su monitoreo constante es esencial para garantizar su sostenibilidad y seguridad.

1.4. Clasificación del agua.

La clasificación del agua puede realizarse de varias formas según diferentes criterios, tales como su origen, su uso, su calidad o su contenido. A continuación detallaremos los diferentes tipos de aplicaciones.

1.4.1. Clasificación según el uso

Según *De los Santos* (2005), el agua se clasifica en función de su uso en diferentes categorías:

- **Agua potable:** Es el agua apta para el consumo humano, libre de contaminantes peligrosos.
- **Agua de riego:** Se utiliza para la agricultura y debe cumplir con estándares específicos de salinidad y composición química.
- **Agua industrial:** Se emplea en procesos industriales y puede incluir agua de refrigeración, de procesos de fabricación, etc.
- **Agua residual:** Proviene de actividades domésticas, industriales y agrícolas, y debe ser tratada antes de su disposición o reutilización.

1.4.2. Clasificación según la salinidad

De acuerdo con *López y Ramírez (2010)*, el agua puede clasificarse según su concentración de sales disueltas (salinidad):

- **Agua dulce:** Tiene una baja concentración de sales, generalmente menor a 1,000 mg/L de sales disueltas.
- **Agua salobre:** Contiene entre 1,000 y 10,000 mg/L de sales disueltas.
- **Agua salada:** Posee más de 10,000 mg/L de sales disueltas, como el agua de mar.

1.4.3. Clasificación según la presencia de microorganismos

González et al. (2012) proponen una clasificación microbiológica que categoriza el agua en función de la cantidad de microorganismos patógenos presentes:

- **Agua potable segura:** No presenta microorganismos patógenos ni indicadores de contaminación.
- **Agua no tratada:** Puede contener microorganismos patógenos y no es segura para el consumo sin tratamiento.
- **Agua contaminada:** Contiene una gran carga microbiana y es potencialmente peligrosa para la salud.

1.4.4. Clasificación según su origen

Según *Navarro (2008)*, el agua también puede clasificarse según su origen, en:

- **Agua superficial:** Proviene de ríos, lagos y embalses.
- **Agua subterránea:** Se encuentra en acuíferos y se extrae mediante pozos.
- **Agua de lluvia:** Proviene de precipitaciones atmosféricas.

1.4.5. Clasificación según la calidad

Según *Cano et al.* (2015), el agua puede clasificarse según su calidad, evaluando factores como turbidez, pH, oxígeno disuelto y concentración de contaminantes:

- **Agua de alta calidad:** Cumple con todos los parámetros para consumo y uso industrial.
- **Agua de calidad intermedia:** Puede requerir tratamiento para ciertos usos.
- **Agua de baja calidad:** Requiere tratamiento intensivo antes de su uso.

1.5. Principales Componentes de la Calidad del Agua

1.5.1. Propiedades físicas del agua.

Las propiedades físicas del agua están relacionadas con su apariencia visual y sus características tangibles. Incluyen:

Turbidez: Es la medida de la opacidad del agua causada por partículas suspendidas. La turbidez afecta la claridad del agua y puede ser indicativa de la presencia de contaminantes, lo que hace más difícil el tratamiento del agua para consumo.

Temperatura: Afecta a la solubilidad del oxígeno y la actividad biológica en el agua. Las temperaturas extremas pueden alterar el ecosistema acuático, afectando a la flora y fauna.

Color: Aunque generalmente no es un parámetro de calidad crítica, el color del agua puede indicar la presencia de materia orgánica.

Sabor y Olor: El agua debe ser incolora, insípida e inodora para considerarse apta para el consumo humano. La presencia de olores o sabores desagradables puede indicar contaminación por compuestos orgánicos o inorgánicos disueltos o contaminantes.

Conductividad Eléctrica: La conductividad eléctrica mide la capacidad del agua para conducir electricidad, lo que está relacionado con la concentración de iones en el agua. Es un indicador indirecto de la cantidad de sales y minerales disueltos.

Tabla 2: Conductividad Eléctrica.

Conductividad	
Temperatura de la muestra 25 °C	Conductividad (μS/cm)
Agua Ultra pura	0,05
Agua alimentación calderas	1 a 5
Agua Potable	50 a 100
Agua de Mar	53.000
5% de NaOH	223.000
50% NaOH	150.000
10% ClH	700.000
32% de ClH	700.000
31% NO ₃ H	865.000

Fuente: (Bonsai Menorca, s.f.)

1.5.2. Parámetros químicos del agua.

Los parámetros químicos del agua son aquellos que describen la concentración de diferentes sustancias químicas presentes en el agua, las cuales influyen en su calidad, salubridad y capacidad para sostener vida.

Tabla 3: Parámetros químicos del agua.

pH

PARÁMETROS QUÍMICOS DEL AGUA

En un efluente doméstico alcanza un valor aproximado de 7 u 8. Cuando es más bajo indica la existencia de volcamientos ácidos y si es alto, estos son alcalinos y ambos provienen de comercios o industrias. (Orellana, 2005)

Cobre

Con frecuencia se encuentra en forma natural en las aguas superficiales, pero en concentraciones menores a un mg/l. En estas concentraciones, el cobre no tiene efectos nocivos para la salud. (Ros, 2011)

Hierro

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ión ferroso, Fe^{++} , o más oxidado como ión férrico, Fe^{+++} . Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones. (Bonsai Menorca, s.f.)

Zinc

El zinc se presenta de forma natural en el agua. La media de concentración de cinc presente en el agua de mar es de 0.6-5 ppb. Los ríos contienen generalmente entre 5 y 10 ppb de cinc. Las algas, entre 20 y 700 ppm, los peces de mar y las conchas 3-25 ppm, las ostras 100- 900 ppm y las langostas 7-50 ppm (lenntech, s.f.)

Dureza Total

Se entiende por dureza total la suma de las durezas individuales debidas a los iones de calcio, magnesio, estroncio y bario en forma de carbonato o bicarbonato. . (ambientum, s.f.)

Fosfato

El ión fluoruro (F^-), corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm. Hay

	<p>quien mantiene que alrededor de dicha concentración puede resultar beneficioso para la dentadura, en nuestra opinión no es aconsejable añadirlo al agua con este objeto, ya que también se almacena en el organismo y no existen estudios a largo plazo de efectos secundarios. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p style="text-align: center;">Nitrato</p> <p>El ión nitrato (NO₃⁻) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas con infiltraciones de zona de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p style="text-align: center;">SÓLIDOS</p>
	<p style="text-align: center;">Sólidos Suspendidos</p> <p>La determinación de los sólidos suspendidos totales (SST) se basa en el incremento de peso que experimenta un filtro de fibra de vidrio (previamente tarado) tras la filtración al vacío, de una muestra que posteriormente es secada a peso constante a 103-105°C . (Severiche, Castillo, & Acevedo, 2013)</p>
	<p style="text-align: center;">Sólidos totales disueltos</p> <p>Los TDS (Sólidos Disueltos Totales - Total dissolved solids) son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea la molécula de agua pura (H₂O) y sólidos en suspensión. (panachlor, s.f.)</p>
	<p style="text-align: center;">Sólidos totales</p>

	<p>Es la suma de los dos anteriores disueltos y en suspensión. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p>Aluminio</p> <p>Las sales de aluminio se usan ampliamente como coagulante para el tratamiento del agua para reducir la materia orgánica, el color, turbidez y nivel de microorganismos. Este tipo de uso puede provocar un incremento en las concentraciones de aluminio del agua tratada. Si esa concentración residual de aluminio es elevada, aparece un sabor y turbidez del agua no deseada. (CASSASSUCE, 2016)</p>
	<p>Cloruro</p> <p>El ión cloruro Cl⁻, forma sales muy solubles, suele asociarse con el ión Na⁺ esto lógicamente ocurre en aguas muy salinas. Las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero también se encuentran valores muy superiores fácilmente. Las aguas salobres contienen millares de ppm de cloruros, el agua de mar está alrededor de las 20.000 ppm de cloruros. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p>Manganeso</p> <p>El ión manganeso se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ión hierro, además de poder ser bivalente y trivalente positivo puede también presentarse con valencia +4 formando el MnO₂ que es insoluble. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p>Níquel</p> <p>El níquel es liberado al aire por las plantas de energía y las incineradoras de basuras. Este se depositará en el suelo o caerá después de reaccionar con las gotas de lluvia. Usualmente lleva un largo periodo de tiempo para que el níquel sea eliminado del aire. El níquel puede también terminar en la superficie del agua cuando es parte de las aguas residuales. (Lenntech, s.f.)</p>

	<p style="text-align: center;">Sulfato</p> <p>El ión sulfato, $SO_4^{=}$, corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen de 2 a 150 ppm, y el agua de mar cerca de 3.000 ppm. Aunque en agua pura se satura a unos 1.500 ppm, como SO_4Ca, la presencia de otras sales aumenta su solubilidad. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p style="text-align: center;">Sodio</p> <p>El ión sodio, Na^+, corresponde a sales de solubilidad muy elevada y difíciles de precipitar, se ve muy afectado por el cambio iónico en arcillas. Suele estar asociado al ión cloruro. Abundante en las aguas subterráneas ligadas a rocas evaporíticas. (Ros, 2011)</p>
	<p style="text-align: center;">DBO5</p> <p>Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua mediante procesos biológicos aerobios, se suele referir al consumo en 5 días (DBO5), también suele emplearse, pero menos el (DBO5) de 21 días. Se mide en ppm de O_2 que se consume. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350 ppm (Bonsai Menorca, s.f.)</p>
	<p style="text-align: center;">DQO</p> <p>Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un parámetro más rápido que el anterior ya que es de medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de O_2. (Bonsai Menorca, s.f.)</p>

1.5.3. Factores que Afectan la Calidad del Agua

La calidad del agua puede verse alterada por varios factores, tanto naturales como antropogénicos (causados por actividades humanas):

- **Contaminación agrícola:** El uso excesivo de fertilizantes y pesticidas puede llevar a la acumulación de nitrógeno y fósforo en los cuerpos de agua, lo que favorece la eutrofización. La escorrentía de estos productos hacia ríos y lagos también puede introducir otros productos químicos peligrosos.
- **Contaminación industrial:** Las actividades industriales, como la minería, la manufactura y la generación de energía, pueden liberar productos químicos tóxicos, metales pesados y residuos peligrosos en los cuerpos de agua, afectando gravemente su calidad.
- **Contaminación urbana:** Las aguas residuales, el vertido de plásticos y otros desechos sólidos en ríos y mares son fuentes comunes de contaminación. La falta de infraestructura de tratamiento de aguas residuales también contribuye a la contaminación.
- **Contaminación térmica:** La descarga de aguas calientes de procesos industriales o plantas de energía puede aumentar la temperatura de los cuerpos de agua, alterando el equilibrio ecológico y reduciendo los niveles de oxígeno disuelto.
- **Contaminación por plásticos y microplásticos:** Los plásticos, incluidos los microplásticos, se están convirtiendo en una grave amenaza para los ecosistemas acuáticos y la vida marina, ya que pueden ingerirse por organismos acuáticos, afectando su salud y entrando en la cadena alimentaria. (*World Health Organization, 2011*)

1.6. Aguas residuales.

Las aguas residuales son el resultado del uso del agua en diversas actividades humanas, como las domésticas (lavado, saneamiento, cocción), industriales (procesos de manufactura, generación de energía), agrícolas (riego, drenaje) y urbanas (sistemas de

alcantarillado y drenaje pluvial). Estas aguas contienen una amplia variedad de contaminantes, como materia orgánica e inorgánica, microorganismos patógenos, metales pesados, nutrientes (nitrógeno y fósforo), aceites, grasas, sustancias químicas tóxicas, y sólidos en suspensión. (Sierra A., 2010).

El tratamiento de las aguas residuales es esencial para evitar la contaminación de los cuerpos de agua receptores y proteger los ecosistemas acuáticos, además de prevenir riesgos a la salud humana y mitigar el impacto ambiental asociado con su descarga sin tratamiento.

Estas aguas se clasifican según su origen en:

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

1.7. Marco Legal.

En la **Constitución de la República del Ecuador**, la calidad del agua se aborda principalmente en términos de su protección y conservación, reconociéndola como un derecho humano fundamental y un bien común. (Constitución de la República del Ecuador, 2021). A continuación, se destacan los artículos que abordan la calidad del agua y la obligación del Estado y de los ciudadanos en relación con su protección:

a) Artículo 12: Derecho al Agua

Este artículo reconoce el agua como un derecho humano fundamental, estableciendo la obligación del Estado de garantizar el acceso al agua potable y a servicios de saneamiento que cumplan con normas de calidad.

- **Texto:**

"El agua es un derecho humano fundamental y un bien común, indispensable para la vida. El Estado garantizará el acceso al agua potable y al saneamiento a todas las personas, sin discriminación. La prestación de los servicios de agua potable y de saneamiento será gestionada bajo criterios de eficiencia, equidad, calidad, sostenibilidad y no discriminación."

Este artículo deja en claro que el acceso al agua potable debe ser de calidad, y el Estado debe asegurarse de que se cumplan los estándares establecidos para garantizar que el agua proporcionada a la población sea segura y adecuada para el consumo.

b) Artículo 318: Uso y Aprovechamiento del Agua

Este artículo subraya que el agua es un recurso natural y patrimonio común, y establece que su uso debe garantizarse de manera sostenible, protegiendo su calidad.

- **Texto:**

"El agua es un recurso natural y patrimonio común de la nación, cuya gestión y uso se regirán por el principio de sostenibilidad, garantizando el acceso universal, equitativo y suficiente para todos los habitantes, especialmente para las poblaciones rurales, y protegiendo las fuentes de agua para evitar su agotamiento y contaminación."

Este artículo establece la necesidad de proteger las fuentes de agua y evitar la contaminación, lo que implica un enfoque hacia la **calidad del agua** y su preservación.

c) Artículo 404: Gestión y Uso del Agua

En este artículo se aborda la gestión del agua, destacando la importancia de planificar su uso de manera sostenible, con especial atención a la conservación de la calidad del agua.

- **Texto:**

"El Estado garantizará el acceso equitativo y sostenible a los recursos hídricos. La gestión del agua se realizará de manera integrada, participativa y coordinada, tomando en cuenta las necesidades sociales, económicas y ambientales. Se protegerán las fuentes hídricas y se establecerán políticas para la conservación de los ecosistemas acuáticos y la calidad del agua."

El énfasis en la "conservación de los ecosistemas acuáticos" implica un enfoque directo en la **calidad del agua**, ya que los ecosistemas acuáticos saludables son fundamentales para mantener la calidad del agua a lo largo del tiempo.

d) Artículo 409: Función del Estado en la Gestión del Agua

Este artículo establece la función del Estado en la gestión de los recursos hídricos, destacando la responsabilidad de asegurar la calidad del agua en todos los niveles.

- **Texto:**

"El Estado será responsable de la gestión integrada de los recursos hídricos para garantizar la calidad, cantidad, equidad y sostenibilidad del agua. La gestión de los

recursos hídricos se basará en la planificación participativa, en la conservación de las fuentes de agua y en la prevención de la contaminación de los cuerpos de agua."

La prevención de la contaminación y la conservación de las fuentes de agua son claves para asegurar la calidad del agua, y el Estado tiene la obligación de llevar a cabo una gestión que preserve estos aspectos.

e) **Artículo 71: Derechos de la Naturaleza**

Aunque este artículo trata sobre los derechos de la naturaleza, se refiere indirectamente a la calidad del agua, ya que la protección de los ecosistemas acuáticos y la naturaleza en general es esencial para mantener un agua limpia y saludable.

- **Texto:**

"La naturaleza tiene derecho a la restauración de su ciclo vital y a la conservación de sus funciones. El Estado reconocerá y promoverá los derechos de la naturaleza, en especial el derecho a la protección y conservación del agua, los ecosistemas acuáticos y los territorios hidrográficos."

La **conservación de los ecosistemas acuáticos** incluye la protección de la calidad del agua, ya que los ecosistemas acuáticos saludables son fundamentales para mantener el agua libre de contaminantes.

f) **Artículo 66: Derecho a un Ambiente Sano**

Este artículo establece el derecho de todas las personas a vivir en un ambiente sano, lo cual incluye la calidad del agua como uno de los componentes fundamentales de un entorno saludable.

- **Texto:**

"Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice una vida digna para las generaciones presentes y futuras. El Estado adoptará medidas para prevenir la contaminación y degradación del medio ambiente, especialmente la contaminación del agua."

Este artículo destaca la importancia de prevenir la contaminación del agua, ya que la calidad del agua es esencial para mantener un ambiente sano.

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA.

2.1. Metodología de la Investigación.

En esta investigación se llevaron a cabo análisis exhaustivos en laboratorio para evaluar los parámetros fundamentales de calidad del agua residual, con el propósito de determinar su viabilidad para su reutilización en sistemas de riego. Los análisis incluyeron la caracterización de propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, identificando los componentes esenciales que podrían influir en el rendimiento agrícola y la sostenibilidad del suelo. Adicionalmente, se midió el caudal del agua residual, analizando sus variaciones temporales para evaluar la estabilidad del suministro en aplicaciones de riego continuo o intermitente.

Como parte del estudio, se consideraron los requerimientos específicos de calidad para su uso en actividades de riego, comparando los resultados obtenidos con los estándares establecidos en normativas nacionales e internacionales, incluyendo los parámetros definidos en el TUSLMA 2015. Este enfoque permitió identificar las condiciones del agua que podrían limitar su uso agrícola, como concentraciones excesivas de sólidos disueltos, nutrientes, metales pesados o microorganismos patógenos, y plantear estrategias de tratamiento para mitigarlas.

Las pruebas se realizaron en los laboratorios especializados de la empresa CE.SE.C.CA., ubicados en la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí (ULEAM). Gracias a estas instalaciones, se llevaron a cabo experimentos precisos que permitieron diseñar un modelo conceptual para una planta de tratamiento de aguas residuales orientada específicamente a la producción de agua apta para riego. Este diseño incluyó procesos como la remoción de contaminantes, estabilización de nutrientes y desinfección,

asegurando que el agua tratada cumpla con los requisitos necesarios para su aplicación segura y eficiente en cultivos agrícolas.

El análisis detallado mostró que, con los tratamientos adecuados, el agua residual tiene un gran potencial para ser utilizada como fuente alternativa de riego, especialmente en regiones donde el acceso a recursos hídricos convencionales es limitado. Además, esta reutilización contribuiría a reducir la presión sobre fuentes de agua dulce y a promover un modelo de agricultura más sostenible.

Los resultados obtenidos son de carácter público, con el propósito de fomentar su aplicación práctica en proyectos relacionados con la gestión sostenible del agua para riego agrícola. Asimismo, esta información puede servir como base para futuras investigaciones orientadas a optimizar los sistemas de tratamiento y evaluar su impacto en la productividad de diferentes tipos de cultivos.

En conclusión, esta investigación no solo evidencia la viabilidad técnica de reutilizar agua residual en riego, sino que también resalta la importancia de adoptar prácticas innovadoras para garantizar un manejo eficiente de los recursos hídricos. Se espera que este trabajo inspire el desarrollo de nuevas soluciones que impulsen la sostenibilidad ambiental y la seguridad hídrica en el sector agrícola.

2.2. Característica de la zona de estudio.

El canal Mesías se encuentra en el cantón Rocafuerte, la ubicación estratégica del Canal lo convierte en una infraestructura vital para la producción agrícola y la gestión hídrica en el cantón, siendo esencial para el riego de cultivos y la prevención de inundaciones en la región.

2.3. Análisis Físico, Químico Y Biológico Del Canal Mesías.

2.3.1. Materiales y Equipos.

En el desarrollo de la investigación, se emplearon diversos materiales e instrumentos en las fases de campo, laboratorio y oficina. Estos recursos fueron esenciales para garantizar la precisión, confiabilidad y calidad de los datos obtenidos. A continuación, se detalla el equipo utilizado en cada etapa del proceso:

Tabla 4: Materiales y Equipos.

Materiales de campo	Laboratorio	Oficina	Instrumentos
<ul style="list-style-type: none"> • Mascarillas • Botas • Guantes quirúrgicos • Guantes de caucho • Baldes • Frasco plástico • Hielera portátil • Materiales de aforo 	<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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Computadora 	<ul style="list-style-type: none"> • G.P.S. • Celulares

Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

La adecuada selección y empleo de estos materiales e instrumentos garantizó la calidad de los datos obtenidos, minimizó errores y permitió una interpretación precisa de los resultados. Este enfoque integral abarcó todas las etapas de la investigación, desde la recolección de datos en el campo hasta el análisis detallado en laboratorio y la presentación profesional de los hallazgos en oficina.

2.4. Plan de Muestreo.

El plan de muestreo es una parte fundamental de la investigación, ya que permitirá obtener datos representativos sobre la calidad del agua del canal Mesías. Este plan debe ser cuidadosamente diseñado para cubrir diferentes puntos del canal, obteniendo muestras representativas de agua del canal Mesías en diferentes puntos a lo largo de su curso, que permitan evaluar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua, identificar fuentes de contaminación y comparar los resultados con los límites establecidos por las normativas ambientales.

2.4.1. Selección de puntos de muestreo.

Se seleccionarán puntos estratégicos a lo largo del canal que cubran las diversas condiciones del agua, con especial énfasis en áreas que puedan estar influenciadas por las actividades humanas y las fuentes potenciales de contaminación. Los criterios para la selección de puntos incluyen:

- **Proximidad a fuentes de contaminación:** Áreas cercanas a zonas urbanas, industriales, áreas agrícolas con uso intensivo de agroquímicos y puntos de descarga de aguas residuales.
- **Variaciones geográficas:** Diferentes segmentos del canal, desde la fuente hasta el punto final del curso de agua.
- **Áreas de uso agrícola y urbano:** Lugares donde el canal es utilizado para riego, consumo o actividades recreativas.

2.4.2. Frecuencia de Muestreo.

La frecuencia de muestreo se estableció estratégicamente para garantizar que los resultados obtenidos de cada lote analizado permitieran tomar decisiones clave relacionadas con la determinación de los parámetros necesarios para la reutilización del agua residual. Este enfoque se diseñó considerando tanto los estándares de calidad de agua como los criterios específicos para su uso en riego. Durante el proceso, se programaron intervalos regulares de 22 días entre cada toma de muestra, lo que permitió monitorear las variaciones en la calidad del agua de manera consistente y efectiva, asegurando la confiabilidad de los datos y su aplicabilidad en el diseño de sistemas de tratamiento y reutilización.

Tabla 5: Frecuencia de muestreo.

FRECUENCIA DE MUESTREO.		
Horario de muestreo	Fecha de muestreo	
(11:00 – 12:30)	Lunes 11 de noviembre del 2018	Lote # 1
(11:00 – 12:30)	Lunes 2 de diciembre del 2018	Lote # 2

Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

2.4.3. Procedimiento de Muestreo

- **Preparación del equipo:** Antes de tomar las muestras, se verificará que todos los equipos estén esterilizados y calibrados. Esto incluye frascos de recolección, termómetros, medidores de pH, conductividad y oxígeno disuelto, entre otros.
- **Toma de muestras:** Se realizarán las tomas de muestras en cada punto seleccionado, con especial cuidado en evitar la contaminación. Para garantizar la representatividad, las muestras se deben tomar a una profundidad de 10 a 20 cm

de la superficie, y si es posible, en el centro del canal, evitando zonas con sedimentos o flora superficial.

- **Manejo de muestras:** Las muestras deben ser etiquetadas correctamente con la fecha, hora, punto de muestreo y cualquier otra información relevante. Se transportarán a los laboratorios en condiciones adecuadas para preservar su calidad hasta el análisis.

2.5. Análisis de Datos para Laboratorio.

Una vez obtenidas las muestras, los resultados serán procesados en el laboratorio para determinar los valores de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos. Los resultados de cada punto se compararán con los límites permisibles establecidos por las normativas nacionales e internacionales para determinar si el agua cumple con los estándares de calidad.

2.5.1. Condiciones de muestra.

El proceso de muestreo en el canal Mesías debe realizarse bajo condiciones que garanticen la representatividad y calidad de las muestras recolectadas. Las condiciones climáticas deben ser favorables, evitando lluvias fuertes o tormentas que puedan alterar la calidad del agua. Se recomienda realizar las tomas durante la mañana, para minimizar las fluctuaciones de parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto.

El equipo debe incluir frascos esterilizados, equipos calibrados para mediciones in situ (como pH, conductividad, oxígeno disuelto y turbidez) y materiales de protección personal, como guantes y botas impermeables. Los recipientes deben introducirse en el agua en sentido contrario a la corriente para garantizar la homogeneidad.

Durante el transporte al laboratorio, las muestras deben mantenerse en una nevera portátil y procesarse en un máximo de seis horas para evitar alteraciones en los parámetros analizados.

2.5.2. Manejo de Muestra.

Tras la recolección de las muestras, se llevaron a cabo los procedimientos establecidos en los protocolos estandarizados para asegurar su manejo adecuado.

Tabla 6: Manejo de Muestras.

PARÁMETRO	ENVASE	TAMAÑO DE MUESTRA (ML)	TIPO DE MUESTRA	PRESERVACIÓN
DBO	P, V	1000	p, c	Refrigeración
DQO	P, V	100	p, c	Examinar inmediatamente
Hierro	P, V	100	p, c	Refrigeración
Zinc	P, V	100	p, c	Examinar inmediatamente
pH	P, V	50	p, c	Examinar inmediatamente
Conductividad	P, V	500	p, c	Refrigeración
Fosfato	P, V	100	p, c	Refrigeración
Nitrito	P, V	200	p, c	Agregar H ₂ SO ₄
Nitrato	P, V	100	p, c	Agregar H ₂ SO ₄
Solidos Suspendidos	P, V	200	p, c	Refrigeración
Solidos totales	P, V	200	p, c	Refrigeración
Solitos totales disueltos	P, V	200	p, c	Refrigeración
Aluminio	P, V		p, c	
Cloruro	P, V	50	p, c	No requiere examinar
Manganeso	P, V	100	p, c	Examinar inmediatamente
Niquel	P, V	100	p, c	Refrigeración
Sodio	P, V		p, c	

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

Significado de las abreviaciones

P = envase de plástico (polietileno o equivalente).

V = envase de vidrio.

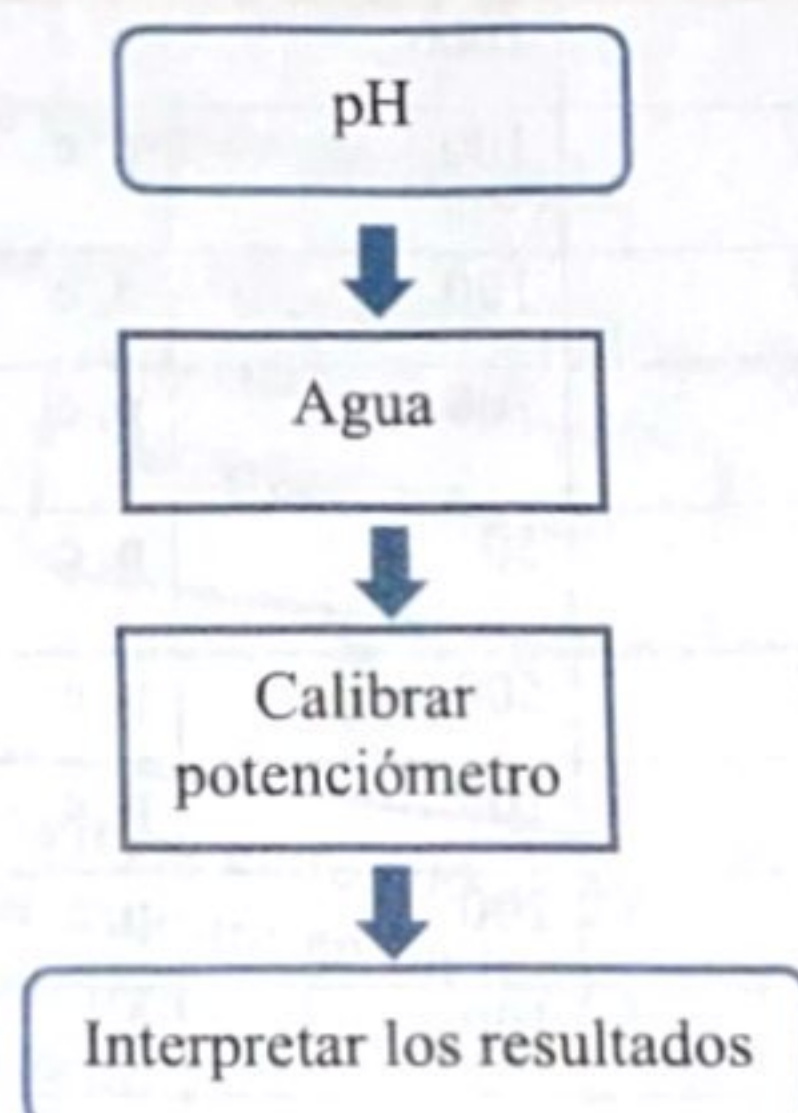
p = puntual, c = compuesta.

2.6. Procedimiento de Laboratorio.

2.6.1. Diagrama de flujo

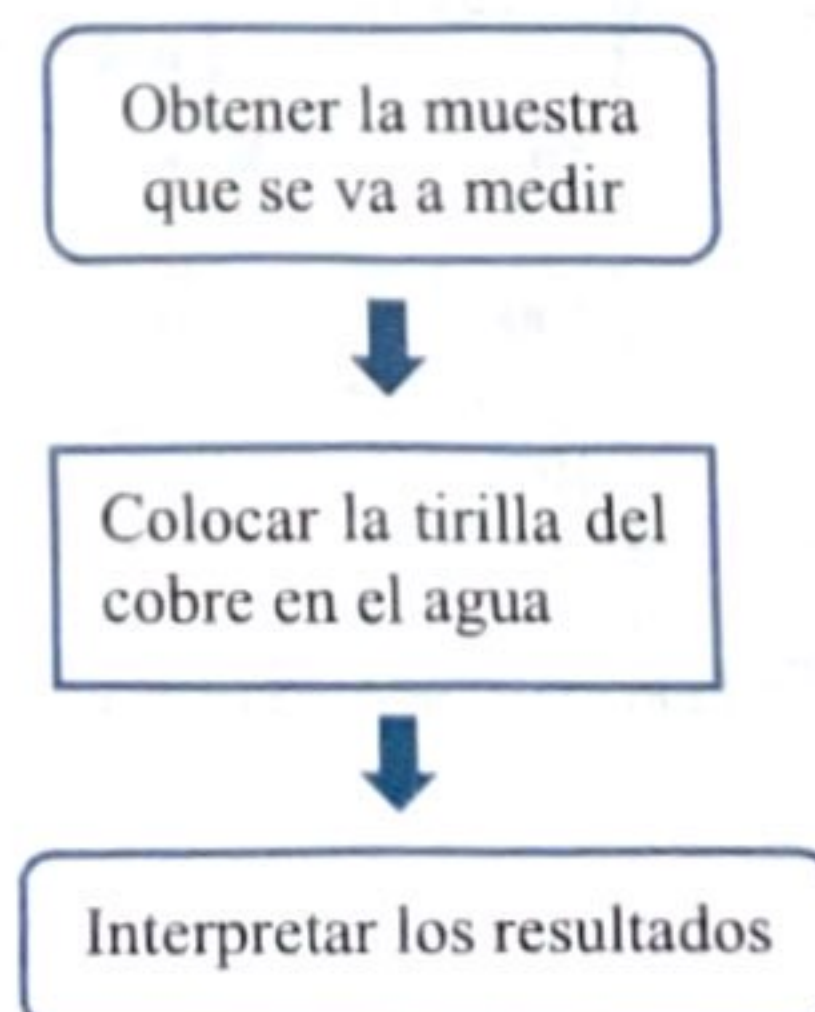
- **Potencial hidrogeno (pH)**

Ilustración 1: Flujo de procedimiento (Potencial hidrogeno pH)



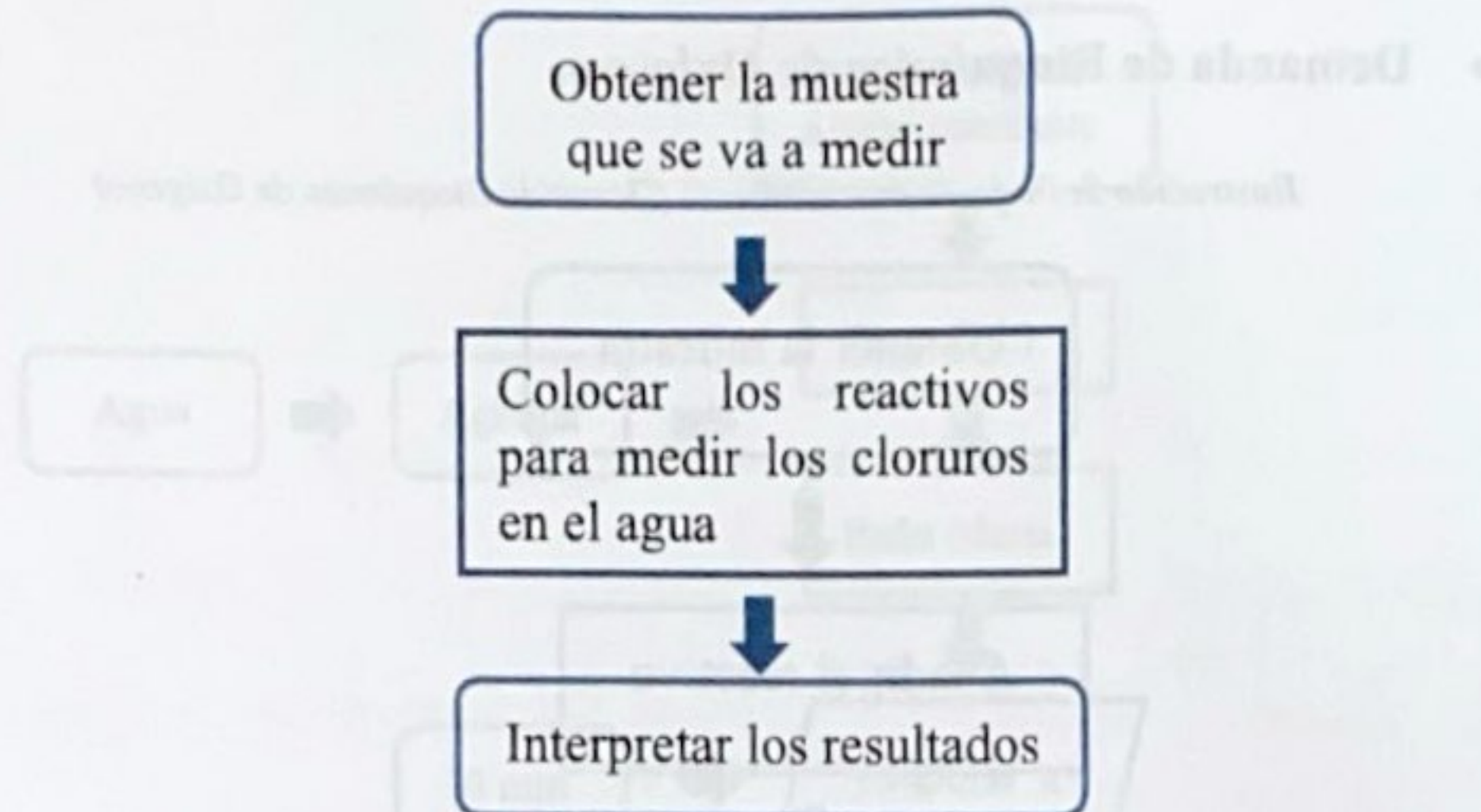
- **Cobre (Cu)**

Ilustración 2: Diagrama de flujo de procedimiento Cobre (Cu).



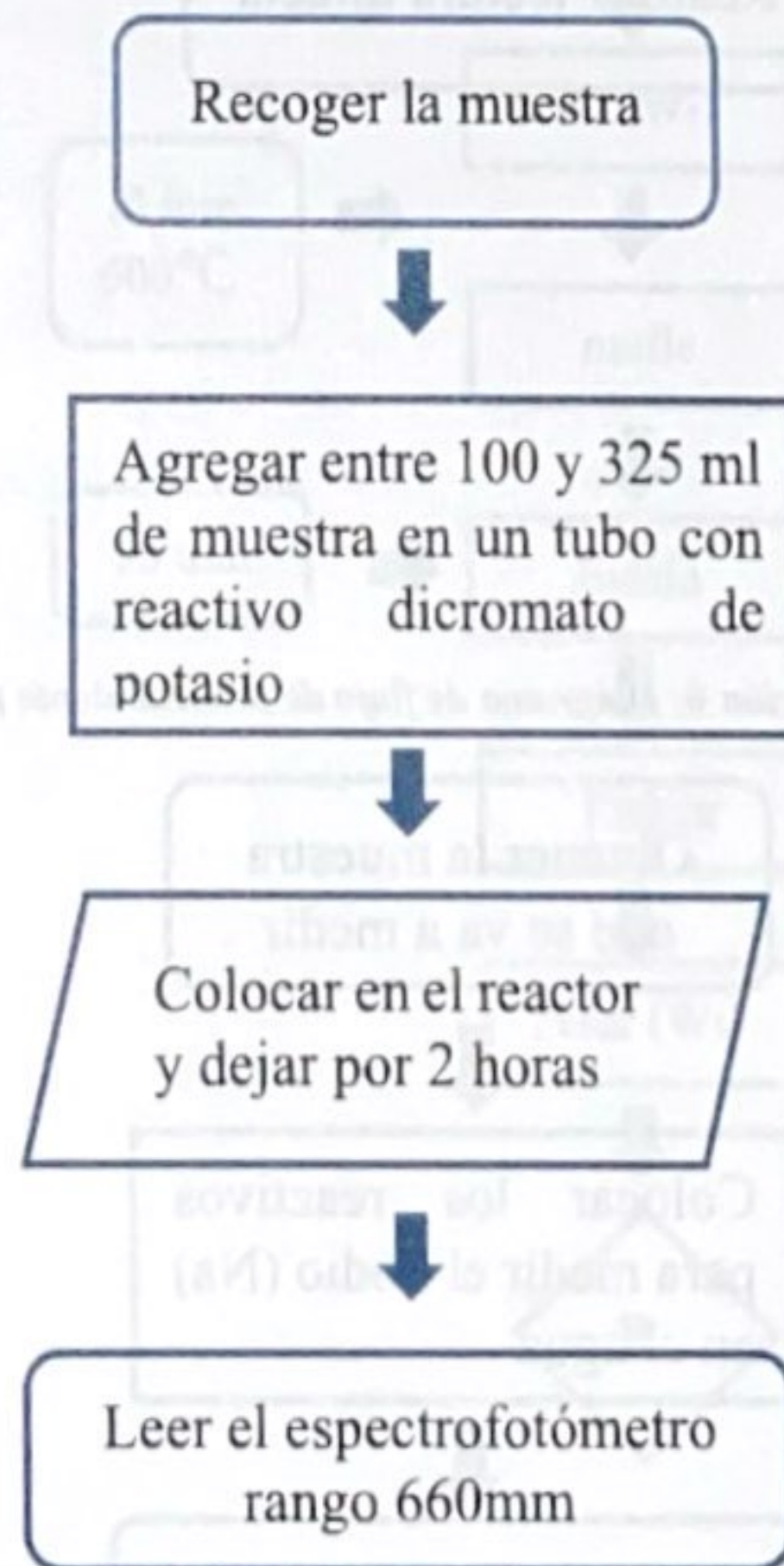
- **Cloruro**

Ilustración 3: Diagrama de flujo de procedimiento para Cloruro.



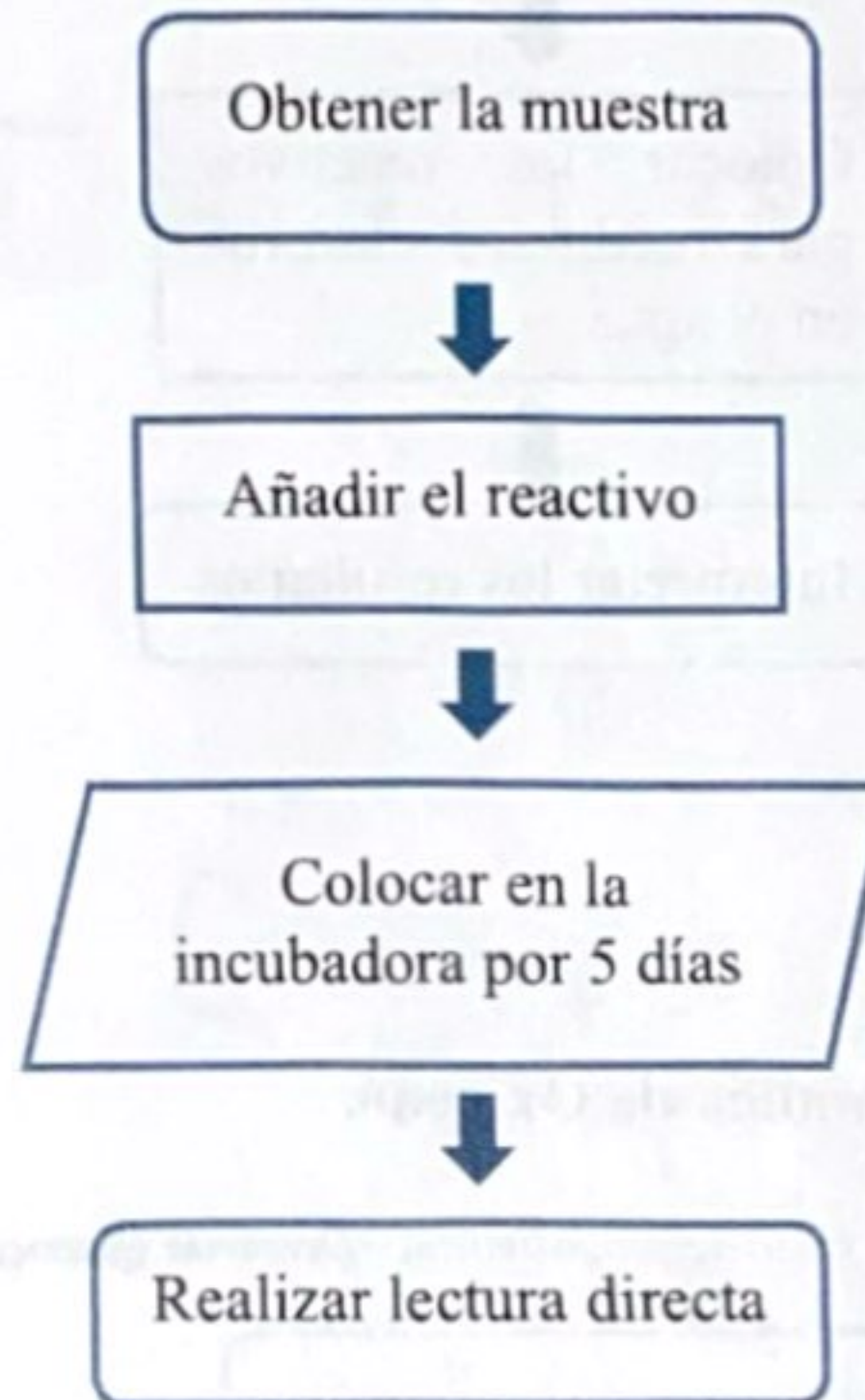
- **Demanda de Química de Oxígeno.**

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



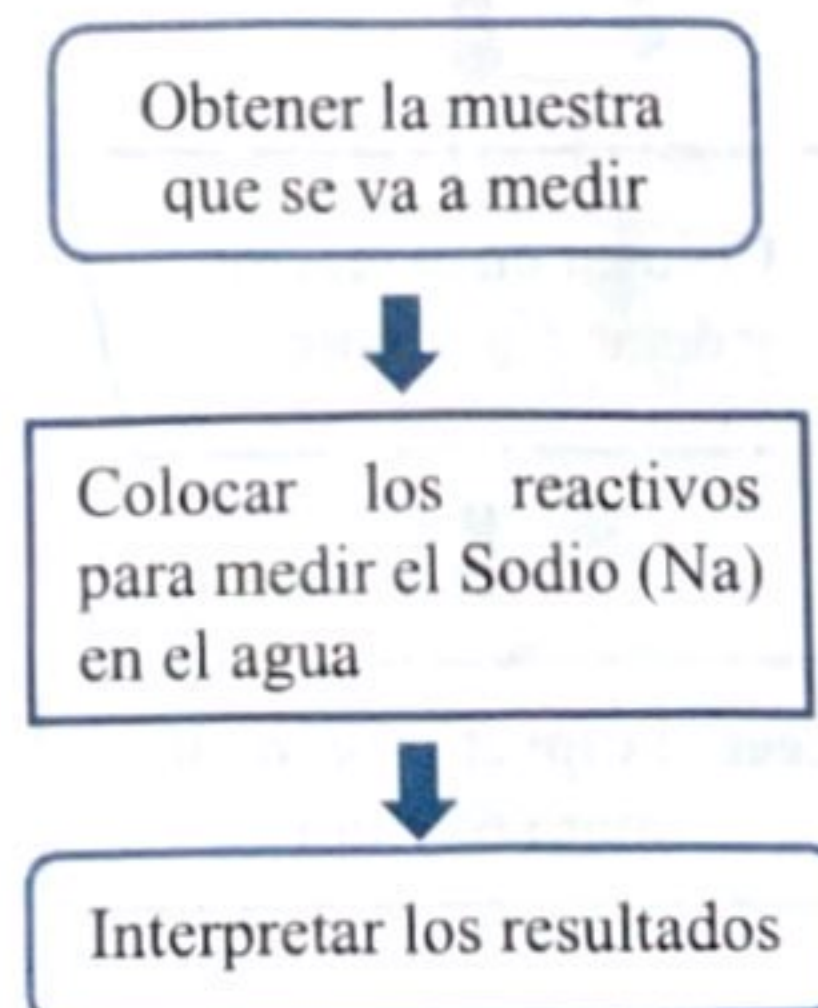
- **Demanda de Bioquímica de Oxígeno.**

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



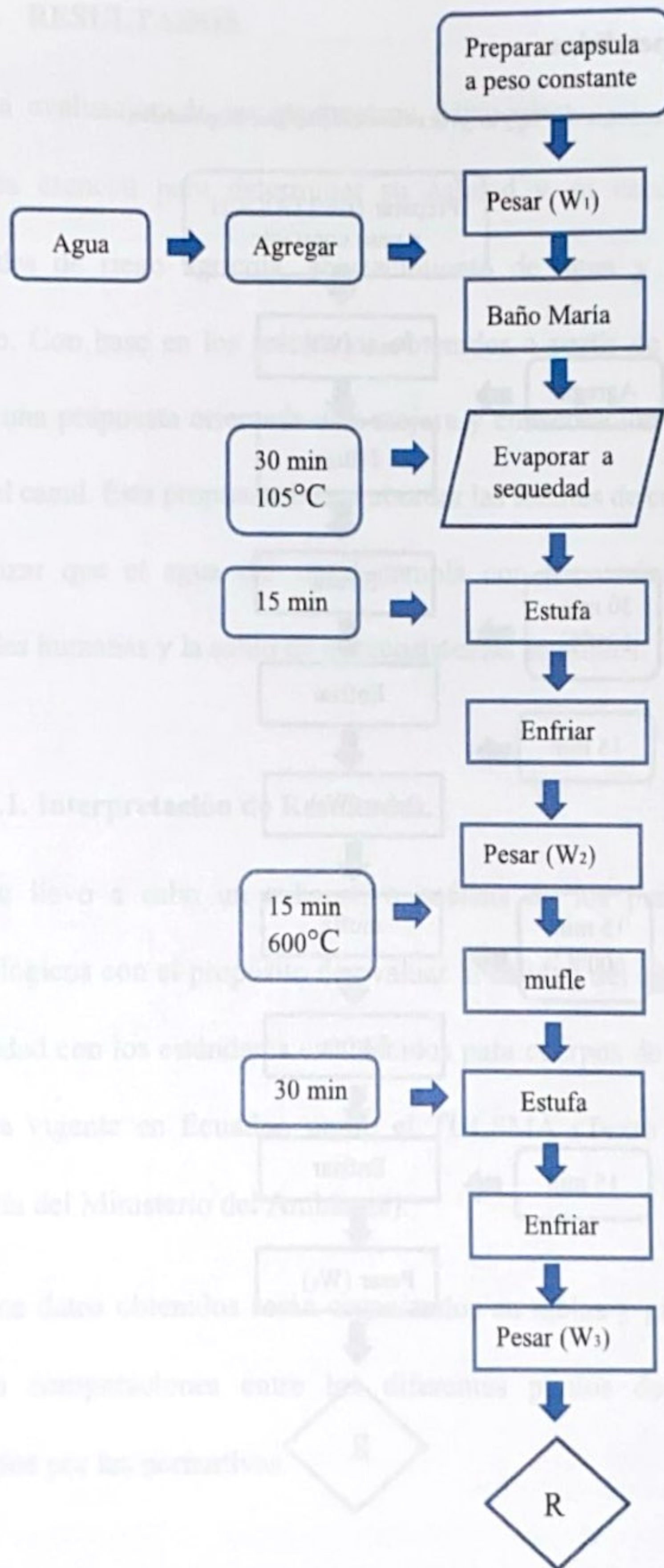
- **Sodio**

Ilustración 6: Diagrama de flujo de procedimiento para sodio.



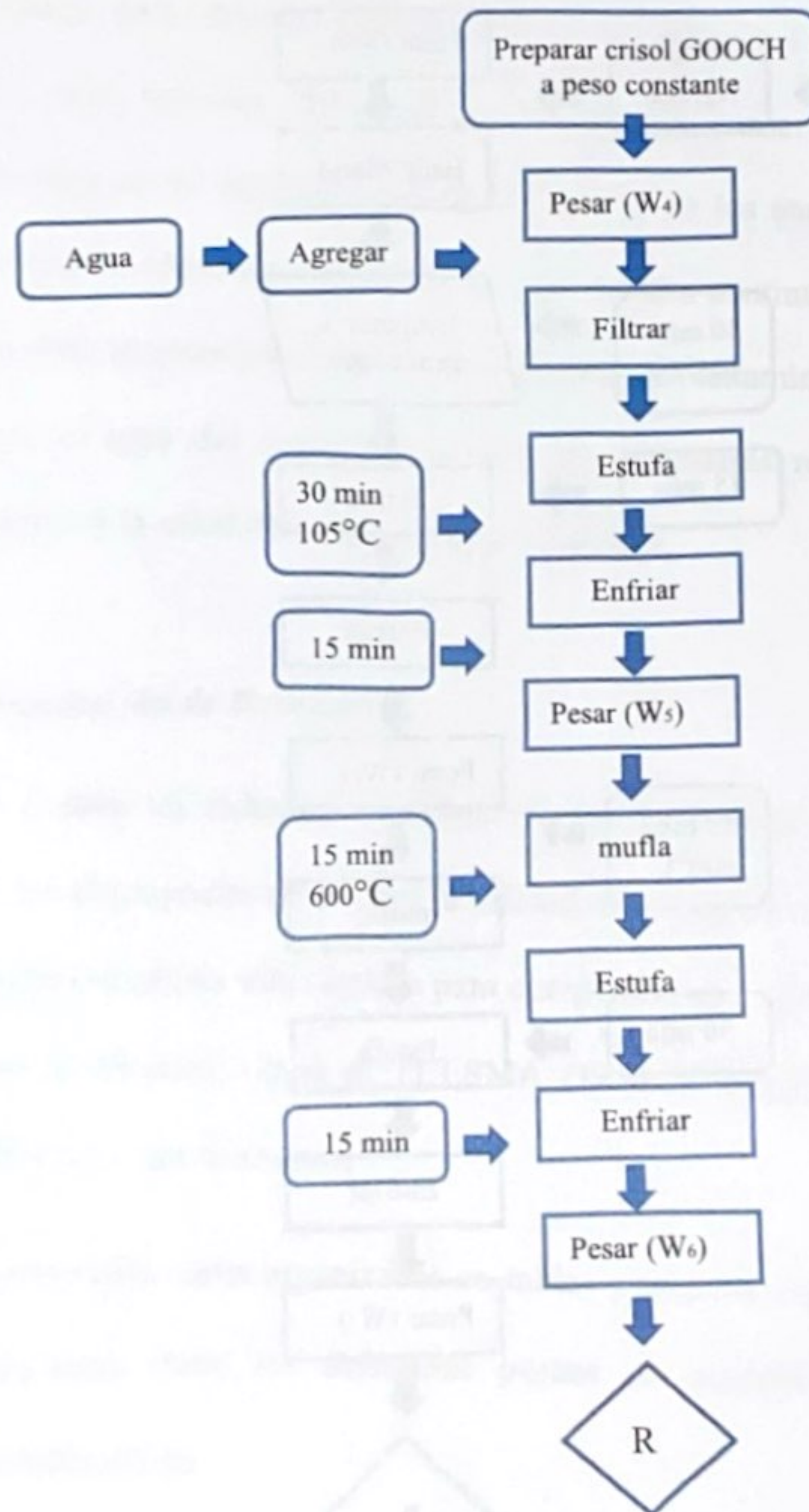
• **Sólidos Totales**

Ilustración 7: Flujo de procedimiento (Sólidos Totales)



- **Sólidos Suspendidos**

Ilustración 8: Flujo de procedimiento (Sólidos Suspendidos)



CAPÍTULO III

3. RESULTADOS.

La evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del canal Mesías es esencial para determinar su calidad y su capacidad para satisfacer las necesidades de riego agrícola, abastecimiento de agua y conservación del entorno ecológico. Con base en los resultados obtenidos a partir de los análisis realizados, se presenta una propuesta orientada a la mejora y conservación continua de la calidad del agua en el canal. Esta propuesta busca abordar las fuentes de contaminación identificadas y garantizar que el agua del canal cumpla con los estándares requeridos para las actividades humanas y la salud de los ecosistemas acuáticos.

3.1. Interpretación de Resultados.

Se llevó a cabo un exhaustivo análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos con el propósito de evaluar la calidad del agua del canal y verificar su conformidad con los estándares establecidos para cuerpos de agua dulce, conforme a la normativa vigente en Ecuador, como el TULSMA (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente).

Los datos obtenidos serán organizados en tablas y gráficos para su análisis. Se realizarán comparaciones entre los diferentes puntos de muestreo y los valores establecidos por las normativas.

Tabla 7: Parámetros de calidad de agua.

ENSAYO	UNIDADES	RESULTADOS			LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA RIEGO AGRÍCOLA	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA AGUA POTABLE
		PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3		
Coliformes fecales	NMP/100 ml	13	1,4	10	1000	600
Sólidos totales disueltos	mg/l	1530	370	759	3000	1000
Dureza Total	mg/l	735	307	440	700	500
Hierro	mg/l	0.03	0.04	0.10	1	1
Ph a 20 °C	mg/l	7.2	7.27	7.36	5 a 7	6 a 9
Cloruros	mg/l	385	88	120	300	250
Sodio	mg/l	230	34	83	200	200
Sulfatos	mg/l	200	80	100	250	400
Nitratos	mg/l	0.9	0.3	0.20	50	10
Nitritos	mg/l	0.04	0.02	0.04	0,2	1
Manganeso	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	0,1	0,1
Zinc	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	5	5
Magnesio	mg/l	270	50	125	30	50
Fosfato	mg/l	0,6	0.3	0.7	0,2	0,5
Calcio	mg/l	260	41	155	200	500
Sólidos totales suspendidos	mg/l	110	20	50	100	0,45
DQO	mg/l	173	<100	125	150	100
DBO5	mg/l	102	<100	<100	100	2

3.2. Interpretación de Resultados.

Se presentan los resultados obtenidos del análisis de los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías. Estos resultados fueron comparados con los límites establecidos por la normativa vigente en Ecuador, como el TULSMA.

3.2.1. Sólidos Totales Disueltos.

Se refieren a la cantidad total de sustancias orgánicas e inorgánicas disueltas en el agua, que incluyen sales, minerales, metales, ácidos, bases, materia orgánica y otros compuestos solubles. Los TDS se miden generalmente en miligramos por litro (mg/L) o en partes por millón (ppm), y son un indicador importante de la calidad del agua, especialmente en términos de su uso para consumo humano, riego o actividades industriales.

Tabla 8: Resultados de Parámetros de Sólidos Disueltos.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

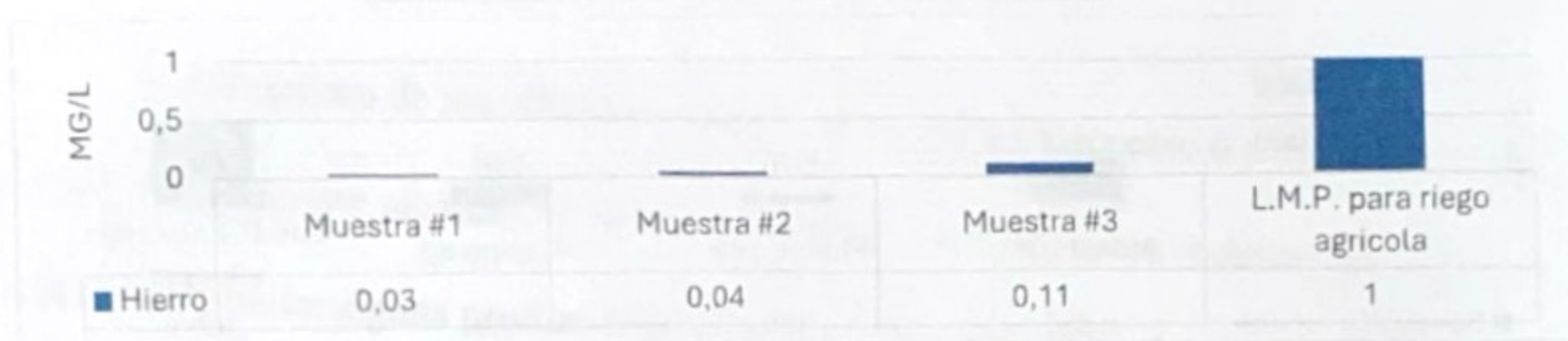
El resultado de la muestra de laboratorio de sólidos disueltos presentes en el agua residual de la primera muestra da como resultado 1530 mg/l, 370 mg/l para la segunda muestra y 759 mg/l para la tercera muestra. Dado estos datos este parámetro CUMPLE con el límite de máximo permisible para la muestra #1, muestra #2, muestra #3.

3.2.2. HIERRO.

El hierro es un metal esencial en diversos procesos biológicos y una sustancia comúnmente encontrada en la naturaleza. Se trata de un elemento químico con el símbolo Fe (del latín *ferrum*) y el número atómico 26. Es conocido por su abundancia en la Tierra y su papel en una variedad de aplicaciones industriales y biológicas. El hierro puede encontrarse en diferentes formas químicas, principalmente como iones ferrosos (Fe^{2+}) o férricos (Fe^{3+}), dependiendo del entorno y las condiciones químicas.

El hierro en el agua puede provenir de fuentes naturales, como la lixiviación de minerales ricos en hierro en el suelo y las rocas, o de fuentes antropogénicas, como la corrosión de tuberías metálicas. La presencia de hierro en el agua no suele ser peligrosa para la salud, pero puede afectar la estética del agua, causando manchas en la ropa y en las instalaciones, además de un sabor metálico desagradable (EPA, 2021).

Tabla 9: Parámetros de Hierro.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El valor de obtenido dentro de la primera muestra es de 0.03 mg/l, para la muestra la segunda de 0,04 mg/l, para la tercera muestra es de 0.10 mg/l, el valor de tolerancia es de 1 mg/l. Dando como resultado que CUMPLE con el límite máximo permisible en las pruebas.

3.2.3. PH.

El pH es una medida cuantitativa de la acidez o alcalinidad de una solución, expresada en una escala logarítmica basada en la concentración de iones hidrógeno (H^+) o protones presentes en dicha solución. Este concepto ha sido ampliamente estudiado y es fundamental en diversas disciplinas, incluyendo la biología, la química, la ecología y la ingeniería ambiental.

Según (Baird, 2017) en su libro *Environmental Chemistry*, menciona que el pH es un parámetro crítico para evaluar la calidad del agua, ya que influye en la solubilidad de compuestos químicos, como metales pesados y nutrientes, y afecta directamente a los

organismos acuáticos. Además, señala que las fluctuaciones del pH en cuerpos de agua pueden alterar la biodiversidad y la salud de los ecosistemas.

Tabla 10: Resultado de parámetros de Ph.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

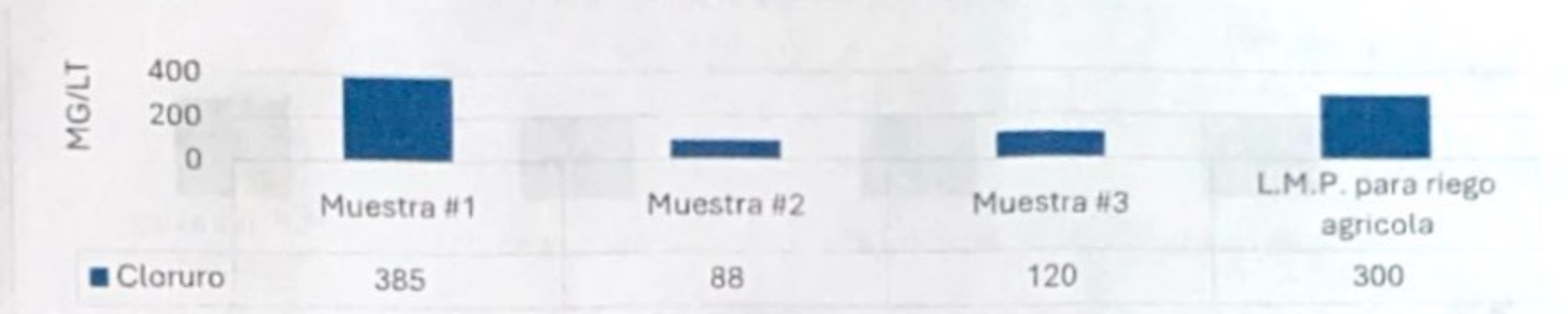
El pH óptimo de los efluentes de agua dulce debe estar entre 6 y 9, es decir, entre neutra y ligeramente alcalina, el máximo aceptado es 9, los datos indican que no existe ninguna alteración alguna produciendo que este valor este dentro del rango de tolerancia. Por lo tanto CUMPLE con el límite máximo permisible.

3.2.4. CLORUROS.

El cloruro es un anión que resulta de la combinación del elemento cloro (Cl) con otros elementos, formando compuestos conocidos como sales de cloruro. El cloruro es comúnmente encontrado en la naturaleza, especialmente en el agua de mar, y juega un papel fundamental tanto en procesos biológicos como en varias aplicaciones industriales.

Kirk-Othmer (2000), en la *Encyclopedia of Chemical Technology*, detalla que el cloruro de sodio (NaCl), también conocido como sal común, es uno de los compuestos más importantes de cloro. Este cloruro tiene una gran variedad de aplicaciones, desde la industria alimentaria hasta el tratamiento de aguas y la fabricación de productos químicos. Además, señala que el cloruro de sodio es fundamental en el metabolismo de los seres vivos.

Tabla 11: Resultado de parámetros de Cloruro.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio del cloruro presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra es de 385 mg/l, para la segunda muestra de 88 mg/l, para la tercera muestra es de 120 mg/l, mientras que el valor propuesto por las normas TULSMA es de 300 mg/l para riego agrícola, por tal razón este parámetro **NO CUMPLE** con el límite máximo permisible en la muestra #1 y si **CUMPLE** con la muestra #2 y muestra #3.

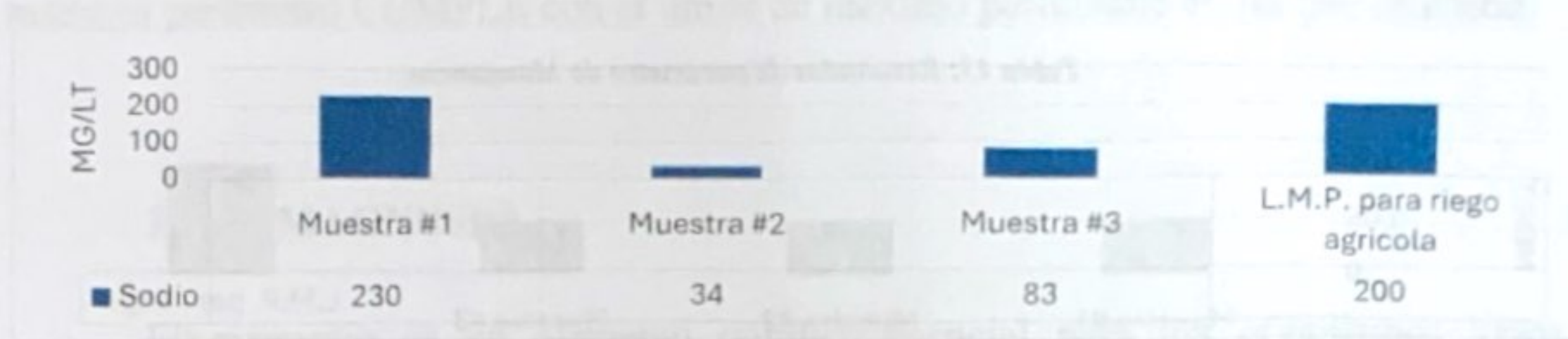
El riego con agua que presenta niveles elevados de cloruros puede tener efectos negativos en algunos cultivos, dado que muchas plantas son sensibles a la salinidad. El exceso de cloruros en el agua de riego puede interferir con la absorción de agua y nutrientes esenciales, lo que reduce el crecimiento y el rendimiento de los cultivos.

3.2.5. SODIO.

La presencia de sodio en el agua se refiere a la cantidad de iones de sodio (Na+) disueltos en el líquido. El sodio es un elemento que puede entrar al agua a través de diversas fuentes, como la descomposición de minerales en el suelo, la escorrentía de carreteras tratadas con sal, y en algunas áreas, la intrusión de agua salina en acuíferos subterráneos.

Es importante monitorear y controlar los niveles de sodio en el agua, especialmente en aquellas áreas donde el agua es una fuente significativa de sodio en la dieta o donde la salinidad del suelo puede afectar la productividad agrícola.

Tabla 12: Resultados de parámetros de Sodio.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de sodio presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra da como resultado 230mg/l, segunda muestra 34mg/l, para la tercera muestra 83 mg/l, mientras el valor propuesto por las normas es de 200mg/l por tal razón la muestra #1 NO CUMPLE con el límite máximo permisible, mientras que la muestra #2 y #3 CUMPLE con los parámetros.

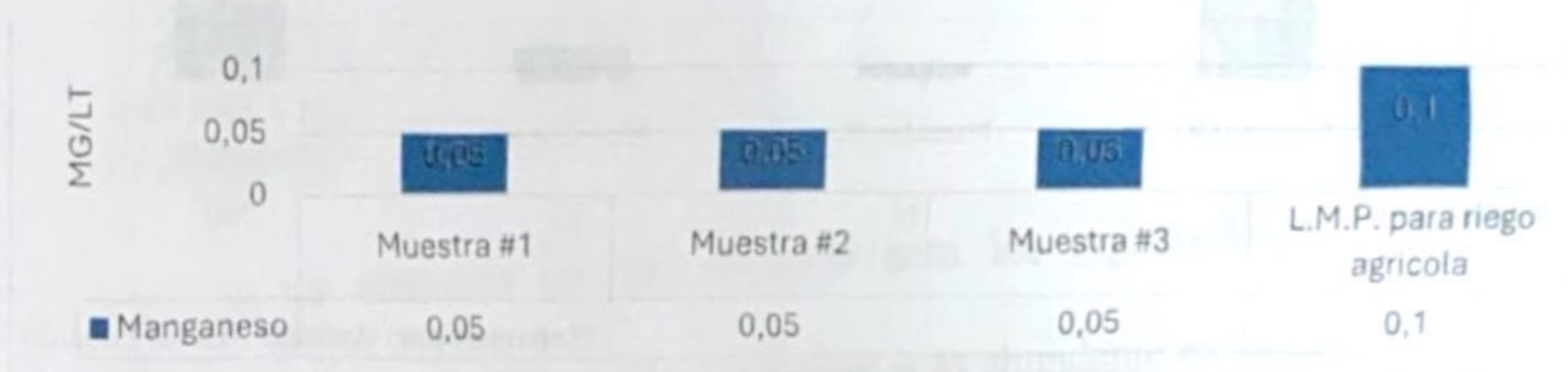
3.2.5. MANGANESO.

El manganeso (Mn) es un elemento químico esencial para diversos procesos biológicos y tiene una amplia gama de aplicaciones industriales. En el contexto ambiental y de calidad del agua, el manganeso es un elemento que se encuentra comúnmente en el agua subterránea, especialmente en áreas con suelos ricos en minerales que contienen manganeso.

Kabata-Pendias (2011) destaca que el manganeso es un componente clave de diversas enzimas y proteínas en los organismos vivos, como el superóxido dismutasa, que protege a las células de los efectos dañinos de los radicales libres. Sin embargo, niveles

elevados de manganeso en el agua pueden ser tóxicos, especialmente en concentraciones superiores a 0.1 mg/L, afectando tanto la salud humana como el medio ambiente.

Tabla 13: Resultados de parámetro de Manganeso.



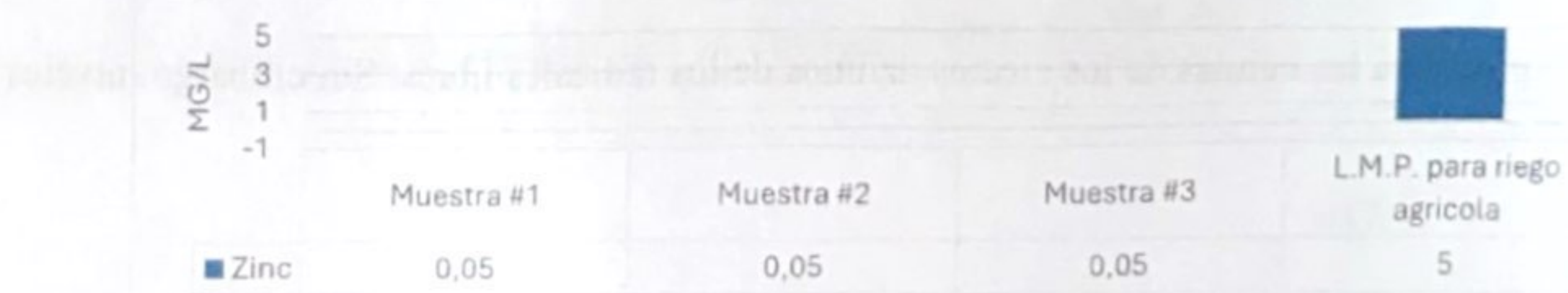
Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de manganeso presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra es de 0.05mg/l, segunda muestra de 0.05mg/l, tercera muestra de 0.05mg/l, mientras que el valor propuesto por las normas es de 0.1 mg/l, por tal razón el parámetro CUMPLE con el límite de máximo permisible en las tres muestras

3.2.6. ZINC.

El zinc es un elemento esencial en pequeñas cantidades para los seres vivos, pero en concentraciones elevadas en el agua puede causar efectos negativos tanto en la salud humana como en los ecosistemas acuáticos. Su monitoreo es clave para garantizar que los niveles en el agua se mantengan dentro de los límites establecidos por las normativas internacionales para prevenir la toxicidad y mantener la calidad del agua potable.

Tabla 14: Resultados de parámetros de Zinc.



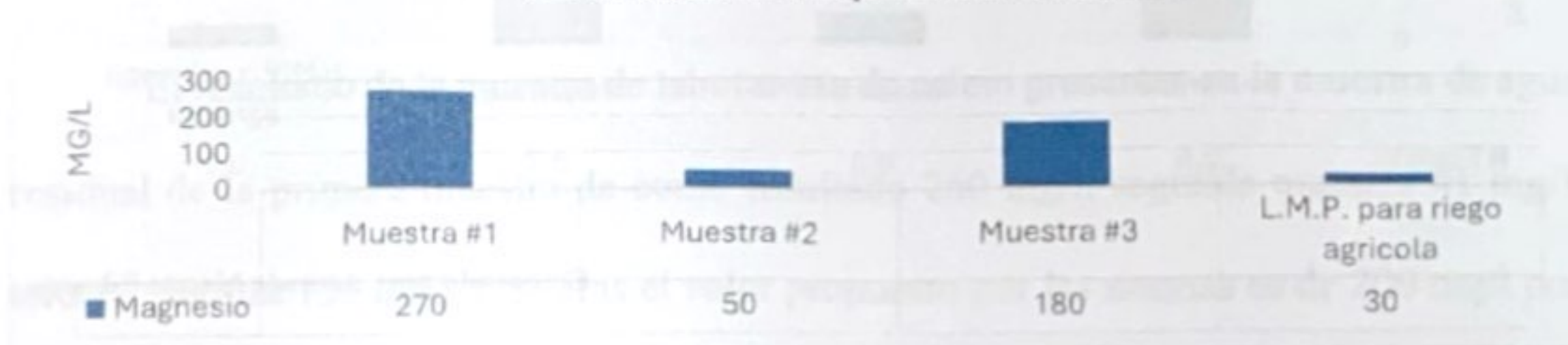
Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de Zinc presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra es de 0.05mg/l, segunda muestra de 0.05mg/l, tercera muestra de 0.05mg/l, mientras que el valor propuesto por las normas es de 5mg/l, por tal razón el parámetro CUMPLE con el límite de máximo permisible en las tres muestras.

3.2.7. MAGNESIO.

El magnesio es un elemento químico esencial para los organismos vivos, clasificado como un macromineral. Es el octavo elemento más abundante en la corteza terrestre y el cuarto más abundante en el cuerpo humano, desempeñando un papel crucial en numerosas funciones biológicas, como la síntesis de proteínas, la contracción muscular y la producción de energía a través del metabolismo del ATP. Además, el magnesio es un cofactor en más de 300 reacciones enzimáticas en el cuerpo humano (Zoroddu et al., 2019). Su presencia en el agua de riego puede tener impactos en el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Tabla 15: Resultados de parámetros de Magnesio.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

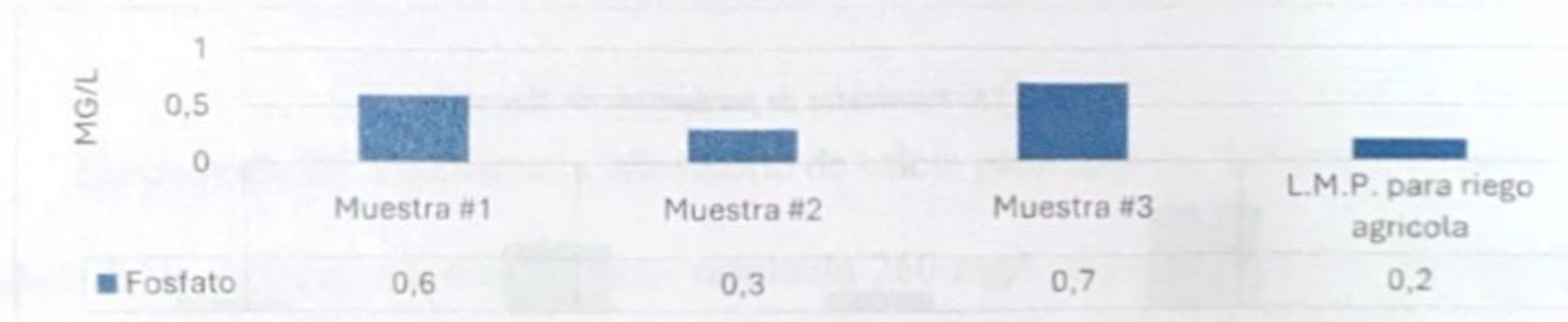
El resultado de la muestra de laboratorio de magnesio presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra es de 270mg/l, la segunda muestra es de 50mg/l, la tercera muestra es de 125mg/l, mientras que el valor propuesto por las normas es de

30mg/l, por tal razón el parámetro NO CUMPLE con el límite de máximo permisible en las tres muestras.

3.2.8. FOSTATO.

El fosfato en el agua se refiere a compuestos que contienen fósforo, un nutriente esencial para los organismos vivos, presentes en forma de fosfatos orgánicos e inorgánicos. En los sistemas acuáticos, los fosfatos son un componente clave del ciclo biogeoquímico del fósforo y actúan como fertilizantes naturales. Sin embargo, en concentraciones elevadas, debido a actividades humanas como la agricultura, las descargas de aguas residuales y la industria, pueden causar eutrofización. Este proceso puede provocar un crecimiento excesivo de algas, disminución de oxígeno disuelto y afectaciones a la calidad del agua y la biodiversidad (Correll, 1998).

Tabla 16: Resultados de parámetros de fosfato.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

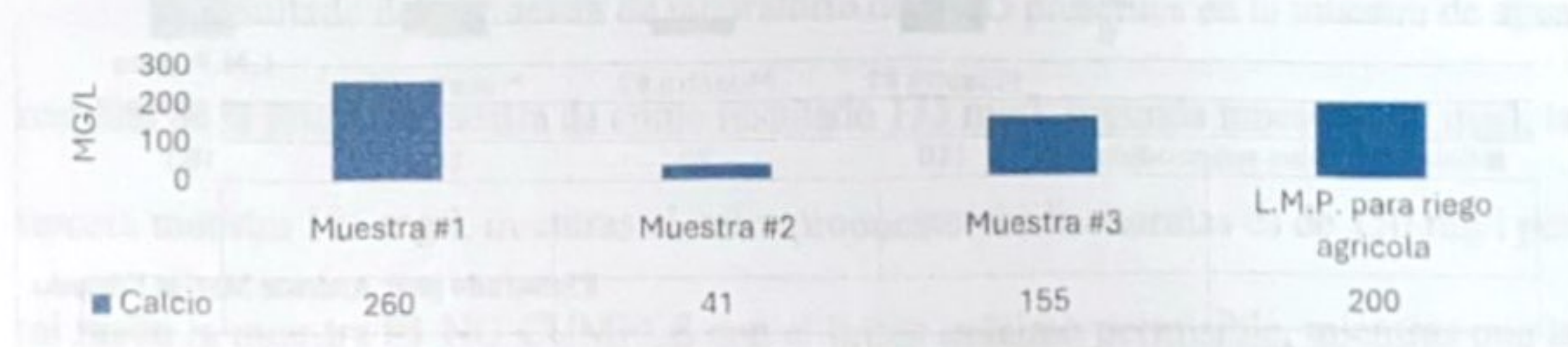
El resultado de la muestra de laboratorio de fosfato presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra es de 0.6mg/l, la segunda muestra es de 0.3mg/l, la tercera muestra es de 0.2mg/l, mientras que el valor propuesto por las normas es de 0.2mg/l, por tal razón el parámetro NO CUMPLE con el límite de máximo permisible en las tres muestras.

3.2.8. CALCIO

El calcio en el agua es un ion disuelto (Ca^{2+}) que proviene principalmente de la disolución de rocas y minerales como la calcita (CaCO_3) y la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$). Es un componente fundamental de la dureza del agua, junto con el magnesio, y su concentración puede variar dependiendo de la geología local y las fuentes de agua.

El calcio es esencial en los ecosistemas acuáticos, ya que influye en procesos biológicos como la formación de conchas en moluscos, la calcificación de los corales y el crecimiento de ciertas especies de algas. Además, en el agua potable, el calcio no solo contribuye al sabor, sino que también aporta beneficios para la salud humana, ayudando a prevenir enfermedades como la osteoporosis (WHO, 2011).

Tabla 17: Resultados de parámetros de Calcio.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de calcio presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra da como resultado 260 mg/l, segunda muestra 41 mg/l, tercera muestra 155 mg/l, mientras el valor propuesto por las normas es de 200 mg/l por tal razón la muestra #1 NO CUMPLE con el límite máximo permisible, mientras que la muestra #2 y #3 CUMPLE con los parámetros.

3.2.9. SÓLIDOS TOTALES SUSPENDIDOS.

Los sólidos suspendidos son partículas sólidas presentes en el agua que no se disuelven, sino que permanecen flotando o suspendidas en ella. Estas partículas pueden incluir arcilla, limo, materia orgánica, residuos industriales, microorganismos y otros materiales. Los sólidos suspendidos suelen ser medidos en términos de concentración (mg/L) y son un parámetro clave para evaluar la calidad del agua, ya que influyen en su turbidez, transporte de contaminantes y condiciones para la vida acuática (APHA, 2017).

Tabla 18: Resultados de parámetros de Sólidos totales suspendidos.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

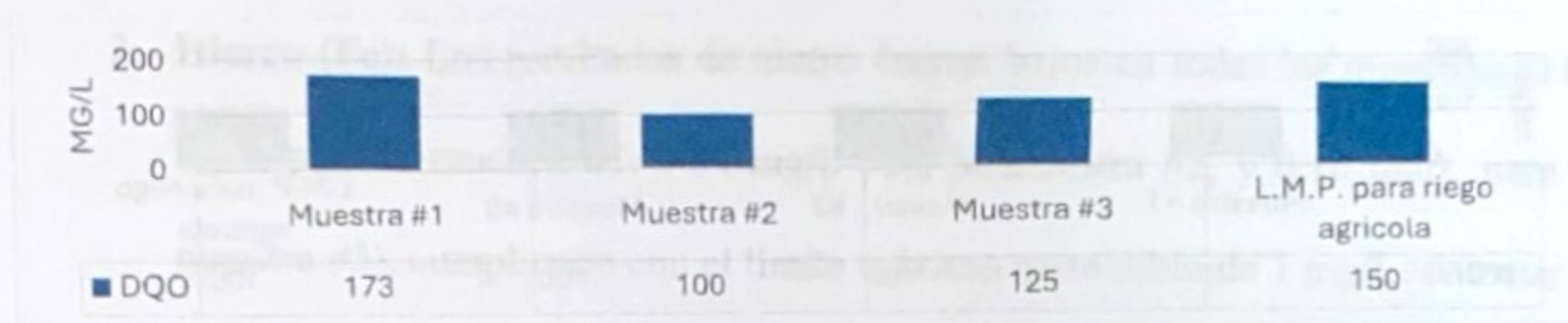
El resultado de la muestra de laboratorio de Sólidos Suspendidos presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra da como resultado 110 mg/l, segunda muestra 20 mg/l, la tercera muestra 50 mg/l, por tal razón la muestra #1 NO CUMPLE con el límite máximo permisible, mientras que la muestra #2 y #3 CUMPLE con los parámetros.

3.2.11. DQO.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) es un parámetro utilizado para medir la cantidad total de materia orgánica y otros compuestos reductores presentes en el agua. Representa la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente estas sustancias en una muestra de agua mediante un agente oxidante fuerte, como el dicromato de potasio en condiciones controladas. Se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg/L).

La DQO es una herramienta clave en la evaluación de la calidad del agua, ya que proporciona una medida indirecta de la contaminación orgánica e inorgánica. Es particularmente útil en la vigilancia de aguas residuales, permitiendo evaluar la eficiencia de procesos de tratamiento y el impacto de las descargas en cuerpos receptores (Metcalf & Eddy, 2014).

Tabla 19: Resultado de parámetros de DQO.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de DQO presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra da como resultado 173 mg/l, segunda muestra 100 mg/l, la tercera muestra 125 mg/l, mientras el valor propuesto por las normas es de 150 mg/l por tal razón la muestra #1 NO CUMPLE con el límite máximo permisible, mientras que la muestra #2 y #3 CUMPLE con los parámetros.

3.2.12. DBO5.

La Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días (DBO₅) es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno disuelto que requieren los microorganismos para descomponer, de manera aeróbica, la materia orgánica presente en una muestra de agua durante un periodo estándar de 5 días a una temperatura controlada de 20 °C. Se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mg/L).

La DBO₅ es ampliamente utilizada como indicador de la calidad del agua, particularmente en aguas residuales y cuerpos de agua receptores, ya que refleja el nivel de contaminación orgánica biodegradable (Metcalf & Eddy, 2014).

Tabla 20: Resultados de parámetros de DBQ.



Elaborado por: Andrade Macias Eduardo.

El resultado de la muestra de laboratorio de DBO₅ presentes en la muestra de agua residual de la primera muestra da como resultado 110 mg/l, segunda muestra 175 mg/l, tercera muestra 110 mg/l y cuarta muestra 100 mg/l, mientras el valor propuesto por las normas es de 100 mg/l por tal razón la muestra #1 NO CUMPLE con el límite máximo permisible, mientras que la muestra #2, muestra #3 CUMPLE con los parámetros.

3.3. Discusión de los Resultados de los Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos del Agua del Canal Mesías

Los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua del canal Mesías fueron evaluados comparando los resultados obtenidos con los límites establecidos por las normativas vigentes en Ecuador, especialmente el TULSMA, que establece los valores máximos permisibles para diversas sustancias en el agua para consumo humano, riego agrícola y otros usos. A continuación, se discuten los resultados de los parámetros más relevantes:

1. **Sólidos Totales Disueltos (TDS):** Los resultados de los tres muestreos estuvieron dentro del límite permisible, con la muestra #1 presentando 1530 mg/L, la muestra #2 con 370 mg/L y la muestra #3 con 759 mg/L. Estos valores indican una calidad aceptable en términos de concentración de sólidos disueltos, lo cual es importante para garantizar el uso adecuado del agua en diversas aplicaciones, como riego o consumo humano.
2. **Hierro (Fe):** Los resultados de hierro fueron bajos en todas las muestras (0.03 mg/L para la muestra #1, 0.04 mg/L para la muestra #2, y 0.10 mg/L para la muestra #3), cumpliendo con el límite máximo permisible de 1 mg/L. Aunque el hierro no es peligroso a estas concentraciones, la presencia de este metal en el agua podría generar problemas estéticos como manchas y sabor metálico.
3. **pH:** Los valores de pH se encontraban dentro del rango óptimo entre 6 y 9, lo que refleja un agua de calidad adecuada para los ecosistemas acuáticos y la vida acuática. El pH no presentó alteraciones significativas, cumpliendo con el límite establecido.
4. **Cloruros:** Aunque la muestra #2 y #3 cumplieron con el límite de 300 mg/L para riego agrícola, la muestra #1 (385 mg/L) superó este límite. Los niveles elevados de cloruros pueden ser perjudiciales para los cultivos, ya que afectan la capacidad de las plantas para absorber agua y nutrientes. Esto podría ser un indicador de un posible deterioro de la calidad del agua para riego.
5. **Sodio:** La muestra #1 (230 mg/L) no cumplió con el límite de 200 mg/L para agua de riego, mientras que las muestras #2 (34 mg/L) y #3 (83 mg/L) cumplieron. El exceso de sodio en el agua puede afectar negativamente el crecimiento de los

cultivos debido a la salinidad, lo que implica que el agua de la muestra #1 podría no ser adecuada para riego agrícola.

6. **Manganeso:** Las concentraciones de manganeso fueron bajas en todas las muestras (0.05 mg/L), cumpliendo con el límite máximo permisible de 0.1 mg/L. Este parámetro no presenta riesgos para la calidad del agua.
7. **Zinc:** Los resultados de zinc fueron también bajos (0.05 mg/L en todas las muestras), mucho por debajo del límite de 5 mg/L, lo que indica que no hay preocupaciones en cuanto a la toxicidad del agua debido a este metal.
8. **Magnesio:** El magnesio presentó concentraciones elevadas en todas las muestras (270 mg/L en la muestra #1, 50 mg/L en la muestra #2, y 125 mg/L en la muestra #3), superando el límite máximo de 30 mg/L para agua de riego agrícola. El exceso de magnesio puede generar problemas de dureza en el agua y afectar el rendimiento de los cultivos.
9. **Fosfatos:** Las tres muestras excedieron el límite máximo permisible de 0.2 mg/L para fosfatos, con concentraciones de 0.6 mg/L, 0.3 mg/L y 0.2 mg/L en las muestras 1, 2 y 3, respectivamente. Los fosfatos en niveles elevados pueden inducir eutrofización en cuerpos de agua, un fenómeno que puede deteriorar la calidad del agua y afectar los ecosistemas acuáticos.
10. **Calcio:** El calcio también presentó concentraciones elevadas en la muestra #1 (260 mg/L), superando el límite de 200 mg/L. Sin embargo, las muestras #2 (41 mg/L) y #3 (155 mg/L) cumplieron con el límite, lo que sugiere que, en general, las concentraciones de calcio en las muestras 2 y 3 son adecuadas para diversos usos.

11. **Sólidos Totales Suspendidos (TSS):** La muestra #1 (110 mg/L) no cumplió con el límite máximo permisible, mientras que las muestras #2 (20 mg/L) y #3 (50 mg/L) sí cumplieron. Los sólidos suspendidos afectan la turbidez del agua, lo que puede interferir con el tratamiento del agua y la vida acuática.

12. **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** La muestra #1 (173 mg/L) no cumplió con el límite de 150 mg/L, mientras que las muestras #2 (100 mg/L) y #3 (125 mg/L) cumplieron. La DQO elevada en la muestra #1 indica la presencia de materia orgánica que podría afectar la calidad del agua.

13. **Demanda Biológica de Oxígeno en 5 días (DBO₅):** La muestra #1 (110 mg/L) no cumplió con el límite de 100 mg/L, mientras que las muestras #2 (175 mg/L) y #3 (110 mg/L) cumplieron con los parámetros, sugiriendo que la calidad del agua para la muestra #1 podría verse comprometida por la carga orgánica.

El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del canal Mesías evidenció que varios de ellos exceden los límites permisibles establecidos por las normativas ambientales, indicando una significativa contaminación.

3.4. Recomendaciones y Estrategias para la Mejora de la Calidad del Agua y la Gestión Sostenible del Canal Mesías

3.4.1. Implementación de Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales

- **Construcción de plantas de tratamiento:** Establecer sistemas de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas y rurales cercanas al canal para reducir la descarga directa de contaminantes.

- **Promoción de sistemas descentralizados:** Incentivar el uso de sistemas de tratamiento doméstico o comunitario, como biodigestores o humedales artificiales.

3.4.2. Monitoreo Continuo de la Calidad del Agua

- **Establecimiento de estaciones de monitoreo:** Implementar puntos de monitoreo permanentes a lo largo del canal para evaluar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos en tiempo real.
- **Creación de un sistema de alerta temprana:** Configurar mecanismos de notificación para identificar y responder rápidamente a picos de contaminación.

3.4.3. Control y Regulación de Actividades Agrícolas

- **Uso responsable de agroquímicos:** Capacitar a los agricultores en la aplicación eficiente y segura de fertilizantes y pesticidas para minimizar el impacto en el agua.
- **Fomento de prácticas agrícolas sostenibles:** Promover técnicas como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la agricultura de conservación.

3.4.4. Educación y Sensibilización de las Comunidades Locales

- **Campañas de concienciación:** Realizar talleres y programas educativos para informar a las comunidades sobre el impacto de sus actividades en la calidad del agua.
- **Participación comunitaria:** Involucrar a las comunidades en actividades de limpieza del canal y en el diseño de estrategias de manejo.

5. Restauración de Ecosistemas Costeros y Riparios

- **Reforestación de áreas ribereñas:** Implementar programas de reforestación con especies nativas para reducir la erosión y actuar como barreras naturales contra contaminantes.
- **Protección de zonas de amortiguamiento:** Establecer franjas vegetales entre las áreas agrícolas y el canal para filtrar los contaminantes antes de que ingresen al agua.

3.4.5. Fortalecimiento de la Gobernanza del Recurso Hídrico.

- **Aplicación estricta de la normativa ambiental:** Asegurar el cumplimiento de las leyes y regulaciones relacionadas con la calidad del agua, como el TULSMA en Ecuador.
- **Coordinación interinstitucional:** Fomentar la colaboración entre los gobiernos locales, organizaciones no gubernamentales y actores comunitarios para la gestión integrada del canal.

3.4.6. Promoción de Tecnologías de Innovación

- **Uso de biofiltros y tecnologías de remediación:** Implementar soluciones tecnológicas, como filtros biológicos o adsorbentes naturales, para reducir los niveles de contaminación en el agua.
- **Investigación y desarrollo:** Fomentar estudios sobre nuevas tecnologías de tratamiento y métodos para evaluar el impacto de las actividades humanas en la calidad del agua.

3.4.7. Gestión Integral del Recurso Hídrico

- **Plan de manejo integrado del canal:** Diseñar e implementar un plan que contemple aspectos ecológicos, sociales y económicos para garantizar el uso sostenible del agua.
- **Evaluación de impactos ambientales:** Realizar estudios periódicos para medir los efectos de las actividades humanas y las acciones correctivas implementadas.

Estas recomendaciones buscan no solo mitigar los problemas actuales de contaminación del canal Mesías, sino también garantizar su sostenibilidad a largo plazo, promoviendo un equilibrio entre el desarrollo económico y la conservación ambiental.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES.

- Los resultados del análisis del agua del canal Mesías muestran una calidad variable dependiendo del parámetro y la muestra evaluada. En términos generales, los parámetros de sólidos disueltos, hierro, pH, manganeso, zinc, y DBO₅ estuvieron dentro de los límites permitidos, lo que indica una calidad aceptable para diversos usos. Sin embargo, algunos parámetros, como los cloruros, sodio, magnesio, fosfatos, calcio, sólidos suspendidos y DQO, presentaron concentraciones superiores a los valores permitidos en algunas muestras, lo que sugiere que el agua del canal Mesías podría no ser ideal para riego agrícola o consumo humano sin tratamiento previo.
- Las principales fuentes de contaminación identificadas están relacionadas con descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en actividades agrícolas, y el vertido de desechos sólidos en las proximidades del canal.
- Los datos obtenidos muestran una variación estacional en la calidad del agua, influenciada por las condiciones climáticas y las prácticas humanas en diferentes épocas del año.

4.2. RECOMENDACIONES.

- Implementar un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua en el canal Mesías, con mediciones periódicas de parámetros físicoquímicos y microbiológicos.
- Fomentar el uso responsable de agroquímicos mediante programas de capacitación para agricultores, incentivando prácticas sostenibles como la agricultura orgánica y la rotación de cultivos.
- Desarrollar campañas de educación ambiental dirigidas a las comunidades locales, enfocadas en la importancia de la conservación del recurso hídrico y el adecuado manejo de desechos.
- Establecer políticas públicas que regulen y controlen las actividades humanas con impacto en el canal, incluyendo sanciones para quienes incumplan las normativas ambientales.
- Involucrar a instituciones académicas, organizaciones no gubernamentales y entidades gubernamentales en la formulación e implementación de estrategias integrales para la gestión sostenible del canal Mesías.

BIBLIOGRAFÍA

- ambientum*. (s.f.). Obtenido de
http://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/Dureza_de_aguas.asp
- APHA (American Public Health Association). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). Washington, DC: APHA, AWWA, WEF.
- Atkins, P., & de Paula, J. (2006). *Physical Chemistry* (10th ed.). Oxford University Press.
- Baird, C. (2017). *Environmental Chemistry* (9th ed.). New York: W.H. Freeman and Company.
- Bonsai Menorca*. (s.f.). Recuperado el 2018, de Escuela de Bonsái de Antoni Payeras:
<http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Par%C3%A1metrosF%C3%ADsicos>
- CASSASSUCE, F. (30 de Marzo de 2016). *agualimpia*. Obtenido de
<https://www.agualimpia.mx/blogs/news/144060167-aluminio-en-el-agua-y-sus-efectos-a-la-salud>
- Cano, F., López, E., & Rodríguez, G. (2015). *Evaluación de la calidad del agua para diversos usos*. *Journal of Water Quality Management*, 6(1), 56-67.
- 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

Correll, D. L. (1998). The Role of Phosphorus in the Eutrophication of Receiving Waters: A Review. *Journal of Environmental Quality*, 27(2), 261-266.
<https://doi.org/10.2134/jeq1998.00472425002700020004x>

De los Santos, F. (2005). *Clasificación del agua y su uso en diversas actividades*. Editorial Universitaria.

EPA (Environmental Protection Agency). (2021). *National Primary Drinking Water Regulations*. United States Environmental Protection Agency. Recuperado de <https://www.epa.gov/ground-water-and-drinking-water/national-primary-drinking-water-regulations>.

González, E., Martínez, L., & Pérez, C. (2012). *Clasificación microbiológica del agua y su impacto en la salud pública*. *Revista Latinoamericana de Ciencias del Agua*, 9(2), 42-55.

Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants* (4th ed.). CRC Press.

lenntech. (s.f.). Obtenido de <https://www.lenntech.es/cinc-y-agua.htm>

Lenntech. (s.f.). Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/ni.htm>

López, J., & Ramírez, M. (2010). *Clasificación de las aguas según su salinidad*. *Revista de Hidrología y Recursos Hídricos*, 22(3), 12-20.

Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery* (5th ed.). New York: McGraw-Hill Education.

Navarro, S. (2008). *Clasificación y características de las fuentes de agua en el planeta*. *Revista de Ciencias Ambientales*, 17(4), 30-35.

ONU. (Marzo de 2018). *Naciones Unidas*. Recuperado el 2018, de
<http://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

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). *Guía de la OMS para la
calidad del agua potable* (4.ª ed.). Organización Mundial de la Salud. Recuperado de
https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/gdwq4/en/

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2020). *Agua potable y saneamiento*.
Recuperado de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

panachlor. (s.f.). Obtenido de [http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-\(TDS\)-Electroconductividad-\(EC\).pdf](http://panachlor.com/wp-content/uploads/pdf/Solidos-Disueltos-Totales-(TDS)-Electroconductividad-(EC).pdf)

Ros, A. (9 de Junio de 2011). *mailxmail*. Obtenido de <http://www.mailxmail.com/curso-agua-calidad-contaminacion-1-2/parametros-fisicos-calidad-aguas-sabor-olor>

Severiche, C., Castillo, M., & Acevedo, R. (2013). *eumed*. Obtenido de
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>

Sierra, A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales*. Ediciones Díaz de Santos.

UNESCO. (2024). *Unesco.org*. Obtenido de AGUAS RESIDUALES EL RECURSO
DESAPROVECHADO: <https://www.unesco.org/reports/wwdr/en/2024>

WHO (World Health Organization). (2011). *Water Quality and Health: Review
of the Epidemiological Evidence*. WHO.

World Health Organization (WHO). (2011). *Guidelines for Drinking-water Quality* (4th ed.). Geneva: WHO.
<https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>

Zoroddu, M. A., Aaseth, J., Crisponi, G., Medici, S., Peana, M., & Nurchi, V. M. (2019). The essential metals for humans: a brief overview. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 195, 120-129. <https://doi.org/10.1016/j.jinorgbio.2019.03.013>

ANEXOS

Ilustración 9: Visita Canal Mesías.

