UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

PERFIL DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tema:

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA PARROQUIA SANTIAGO DEL CANTÓN SAN MIGUEL."

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de Agronomía.

Autor:

Daniel Alejandro González Dávila

Tutor:

Ing. Nelson Monar Gavilánez MSc.

Guaranda – Ecuador

2024

"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SITEMA DE RIEGO LA PARROQUIA SANTIAGO DEL CANTÓN SAN MIGUEL."

REVISADO Y APROBADO POR:



ING. NELSON MONAR GAVILANEZ MSc.

DIRECTOR



ING. ALEJANDRO BOSQUEZ Mg.

BIOMETRISTA



DRA. HERMINIA SANAGUANO

REDACCIÓN TÉCNICA

CERTIFICACION DE LA AUTORÍA DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

Yo, Daniel Alejandro González Dávila, con CI: 0250315868, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este proyecto, no han sido previamente presentados por ningún grado o calificación profesional, y que las referencias bibliográficas que se incluyen, han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

La Universidad Estatal de Bolívar puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo investigativo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

DANIEL GONZALEZ DAVILA
AUTOR
CI: 0250315868

ING. NELSON MONAR GAVILANEZ MSc
DIRECTOR
CI: 0201089836

ING. ALEJANDRO BOSQUEZ Mg.
BIOMETRISTA
CI: 0201819570

DRA. HERMINIA SANAGUANO
REDACCIÓN TÉCNICA
CI: 0601587280

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

ESCRITURA Nº 20240201004P00304

DECLARACIÓN JURAMENTADA
OTORGAN:
DANIEL ALEJANDRO GONZALEZ DAVILA
CUANTÍA: INDETERMINADA
Di 2 COPIAS

En el Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy jueves a los veinticinco dias del mes de abril del año dos mil veinticuatro, ante mí **DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA,** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, el señor **DANIEL ALEJANDRO GONZALEZ DAVILA,** de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos en calidad de OTORGANTE. El compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriano, mayor de edad, de estado civil como se deja expresado, de ocupación estudiante, domiciliado en la parroquia Cháves, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve seis siete siete tres nueve nueve siete; y, con correo electrónico **dangonzalezdavila@gmail.com**, hábil en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quien de conocerle doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación cuyas copias fotostáticas debidamente certificadas por mí, agrego a esta escritura como documentos habilitantes. Advertido el compareciente por mí la Notaria de los efectos y resultados de esta escritura, así como examinado que fue en forma aislada y separada de que comparece al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción instruido por mí de la obligación que tiene de decir la verdad con claridad y exactitud; y, advertido sobre la gravedad del juramento y de las penas de perjurio, me solicita que recepte su declaración juramentada: Yo **DANIEL ALEJANDRO GONZALEZ DAVILA,** de estado civil soltero, declaro que los criterios e ideas emitidos en el presente Proyecto de investigación de titulación es de mi absoluta autoría, titulado **"DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL SISTEMA DE RIEGO DE LA PARROQUIA SANTIAGO DEL CANTÓN SAN MIGUEL"**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Medio Ambiente, carrera de Agronomía.- Es todo cuanto puedo declarar en honor a la verdad.- Para su otorgamiento se observaron los preceptos de ley y leída que le fue al compareciente íntegramente por mí la Notaria, aquel se ratifica en todas sus partes y firma junto conmigo en unidad de acto, incorporando al protocolo de esta Notaria la presente escritura de Declaración Juramentada, de todo cuanto doy Fe.----------

Gonzalez

SR. DANIEL ALEJANDRO GONZALEZ DAVILA.
C.C. 0250315868

NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

DOCTORA MSc. GINA LUCIA CLAVIJO CARRION
NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA

NOMBRE DEL TRABAJO	AUTOR
Tesis Daniel González.docx	Daniel González
RECUENTO DE PALABRAS	RECUENTO DE CARACTERES
22466 Words	119526 Characters
RECUENTO DE PÁGINAS	TAMAÑO DEL ARCHIVO
95 Pages	11.0MB
FECHA DE ENTREGA	FECHA DEL INFORME
Feb 1, 2024 1:25 PM GMT-5	Feb 1, 2024 1:27 PM GMT-5

8% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base d

- 3% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossr



ING. NELSON MONAR GAVILANEZ

TUTOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo y representación de mi esfuerzo estudiantil universitario a mi familia, por haberme dado el acompañamiento hasta el final en mi formación profesional, en especial a mi madre Ana Mercedes Dávila Aroca y a mi padre Augusto Javier González Vásconez a quienes admiro y estimo por su gran ejemplo de superación y sacrificio, enseñándome a esforzarme y valorar la vida, conjuntamente con todo tipo de aprendizaje.

Daniel González

AGRADECIMIENTO

Reitero mi agradecimiento principalmente a mi madre, padre y hermanos, además, agradezco a la Universidad Estatal de Bolívar, Facultad de Ciencias Agropecuarias Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agronomía, por darme la oportunidad de estudiar en su prestigioso establecimiento, formándome en un profesional competente en el ámbito agrícola.

A todos mis ingenieros (as) que formaron parte de mi preparación a lo largo de cada semestre, por haberme impartido sus conocimientos, amistad, tiempo y paciencia, en especial a mi tribunal integrado por, el Ing. Nelson Monar Gavilánez (Director), Ing. Alejandro Bosquez (Biometrísta), Dra. Herminia Sanaguano Salguero (Redacción Técnica) por guiarme con carisma, sensatez y apoyo constante en mi proceso investigativo.

Daniel González

ÍNDICE GENERAL

Contenido **Pág.**

CAPÍTULO I....1
1. INTRODUCCIÓN....1
1.2 PROBLEMA....4
CAPÍTULO II....6
2. MARCO TEÓRICO....6
2.1. La importancia del agua....6
2.2. Calidad de agua....6
2.3. Consecuencias de la baja cantidad del agua de riego....7
2.4. Consecuencias relacionadas con la mala calidad del agua de riego....7
2.5. Aplicación de fertilizantes....8
2.6. Eutrofización....8
2.7. Muestreo de Agua....9
2.7.1. Tipos de muestra....9
2.7.2. Muestras puntuales....9
2.7.3. Muestras Compuestas....10
2.7.4. Muestras en grandes volúmenes....10
2.7.5. Análisis del agua de riego....11
2.8. Parámetros de análisis de agua....12
2.8.1. Análisis físicos del agua....12
2.8.2. Análisis químicos del agua....13
2.9. Análisis microbiológicos del agua....19
2.9.1. Microorganismos ambientales acuáticos....19
2.9.2. Fermentadores de la lactosa....20
2.9.3. Grupo de coliformes fecales....20
2.9.4. Microbios heterótrofos....20
2.10. Criterios de calidad de aguas para uso agrícola....21
2.11. Normativa y Fundamentación legal....23
CAPÍTULO III....31
3. MARCO METODOLÓGICO....31

3.1. Materiales y Métodos 31
3.1.1. Ubicación de la investigación 31
3.1.2. Situación geográfica y climática 31
3.1.3. Zona de vida 31
3.2. Materiales 32
3.2.1. Material experimental 32
3.2.2. Material de campo 32
3.2.3. Material de laboratorio 32
3.3. Equipos 32
3.4. Reactivos 33
3.5. Material de oficina 33
3.6. Métodos 34
3.6.1. Factores en estudio: 34
3.6.2. Manejo del experimento 34
3.6.3. Procedimiento 34
3.6.4. Procedimiento de toma de muestras de agua 35
3.6.5. Identificación, almacenamiento y transporte de las muestras 35
3.6.6. Identificación de muestras 35
3.6.7. Almacenaje de las muestras 36
3.6.8. Transporte de las muestras 36
3.6.9. Parámetros para el análisis de las muestras de agua de riego de acuerdo a los métodos de evaluación 37
3.6.10. Análisis físicos del agua de riego 37
3.6.11. Análisis químicos del agua de riego 37
3.6.12. Análisis microbiológicos del agua de riego 40
CAPITULO IV 41
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 41
4.1. Interpretación de resultados de los análisis de agua 41
4.1.1. Análisis físicos del agua de riego 41
4.1.2. Conductividad eléctrica 41
4.1.3. Turbidez 42
4.1.4. Los sólidos totales 43

4.1.5. Análisis Químicos del agua de riego 44
4.1.6. El potencial hidrógeno 44
4.1.7. Dureza total del agua 45
4.1.8. Dureza cálcica 46
4.1.9. Dureza magnésica 48
4.1.10. Los sulfatos 49
4.1.11. Los nitratos 50
4.1.12. El hierro 51
4.1.13. El zinc 52
4.1.14. Cromo hexavalente 53
4.1.15. Concentración de cobre 54
4.1.16. Demanda química de oxígeno 55
4.1.17. Análisis microbiológicos del agua de riego 56
4.1.18. Coliformes totales 56
4.1.19. Escherichia coli (E. coli) 57
CAPITULO V 61
5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....61
CAPÍTULO VI.....62
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....62
6.1. Conclusiones.....62
6.2. Recomendaciones 63
BIBLIOGRAFÍA 64
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

N° 1. Criterios de calidad de aguas para uso agrícola 22

N° 2. Ubicación de la investigación.....31

N° 3. Situación Geográfica 31

N° 4. Conductividad eléctrica 41

N° 5. Medidas de turbidez en 42

N° 6. Medidas de Sólidos totales disueltos.....43

N° 7. Medidas del pH 44

N° 8. Dureza total del agua 45

N° 9. Dureza cálcica.....47

N° 10. Dureza magnésica.....48

N° 11. Medidas de sulfatos 49

N° 12. Concentración de nitratos 49

N° 13. Concentración de Hierro 50

N° 14. Medidas de zinc 51

N° 15. Cromo hexavalente.....52

N° 16. Concentración de cobre 53

N° 17. Demanda química de oxígeno 55

N° 18. Coliformes totales.....56

N° 19. Conteo de ***E. coli*** 58

N° 20. Tabla general de muestra.....59

ÍNDICE DE ANEXOS

N° Anexo

1. Ubicación geográfica (GPS) del proyecto

2. Análisis de laboratorio

3. Base de datos

4. Fotografías del trabajo en campo

5. Glosario de términos

RESUMEN

Determinar la calidad de agua del sistema de riego en la parroquia Santiago del cantón San Miguel, donde se identificaron los criterios más distintivos y específicos en las directrices internacionales para el riego agrícola y para el consumo humano, analizar sus características físicas, químicas y biológicas, comparar los resultados de los transectos obtenidos en el canal de riego del sector de estudio. La metodología con la que se manejó este proyecto investigativo es, un análisis estadístico descriptivo con los procesos evaluativos de la calidad del agua, como lo son las tomas de muestra en distintos lugares, su identificación, almacenamiento, almacenaje y análisis microbiológico - químico. Los niveles bajos de contaminantes microbiológicos, en todas las muestras, resultan en la eficacia estable del agua en sus transectos, existiendo así la viabilidad para sus diversos usos. En general el agua perteneciente al canal de riego tiene una calidad superior, con niveles bajos de turbidez, dureza, hierro, zinc y la ausencia de la bacteria patógena ***Escherichia coli.*** En el reservorio N° 3, existe una turbidez alta, indicando que las condiciones geológicas son consistentes en toda la región, con mayor cantidad de partículas suspendidas además de altos niveles de calcio y magnesio. En ambas muestras los niveles de nitratos y sulfatos son bajos, siendo mitigado el daño para el consumo humano y para el medio ambiente. El monitoreo y análisis del agua constante es importante dentro de los procesos del manejo agronómico, ya que permitirán certificar el óptimo funcionamiento dentro de los límites seguros.

Palabras claves: Calidad, riego, transecto, características, análisis, muestra, bioquímico

SUMMARY

Determine the water quality of the irrigation system in the Santiago parish of San Miguel canton, where the most distinctive and specific criteria were identified in the international guidelines for agricultural irrigation and for human consumption, analyze its physical, chemical and biological characteristics, compare the results of the transects obtained in the irrigation canal of the study sector. The methodology used in this research project is a descriptive statistical analysis with the evaluation processes of water quality, such as sampling in different places, identification, storage, storage and microbiological-chemical analysis. The low levels of microbiological contaminants, in all samples, result in the stable efficiency of the water in its transects, thus existing the viability for its diverse uses. In general, the water belonging to the irrigation canal has a superior quality, with low levels of turbidity, hardness, iron, zinc and the absence of pathogenic bacteria ***Escherichia coli***. In reservoir No. 3, there is high turbidity, indicating that geological conditions are consistent throughout the region, with a higher amount of suspended particles as well as high levels of calcium and magnesium. In both samples the levels of nitrates and sulfates are low, mitigating harm to human consumption and the environment. The constant monitoring and analysis of water is important within the agronomic management processes, as it will allow certifying the optimal performance within safe limits.

Key words: Quality, irrigation, transect, characteristics, analysis, sample, biochemical, sample, biochemical

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

En general, los canales de riego son una parte crítica de la infraestructura agrícola, ya que transportan agua a las áreas cultivadas y garantizan que los cultivos tengan acceso suficiente a este recurso vital. La construcción y el sustento de canales de riego son esenciales para garantizar la disposición del agua y la eficacia del sistema de riego (Bernice, 2022)

Ecuador, tiene una gestión y regulación de canales de regadío y la disposición del agua están definidas en varias normativas e instituciones. El Plan Nacional de Riego y Drenaje tiene como meta principal expandir la cobertura y elevar la eficacia de los sistemas de riego. Esto se logra mediante el fortalecimiento de las agrupaciones de usuarios de riego y asegurando tanto la calidad como la cantidad del agua destinada a este fin. El enfoque del plan incluye consolidar la estructura organizativa relacionada y aumentar las competencias del gobierno en este ámbito. Se busca también una distribución más justa del agua, garantizando un acceso equitativo al recurso hídrico para riego. Adicionalmente, la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, crea un marco jurídico que protege el derecho humano al acceso al agua. Esta ley regula y supervisa la concesión, administración, preservación, conservación y recuperación de los recursos hídricos, asegurando su uso sostenible y responsable (Gamarra, 2022)

En la parroquia Santiago, ubicada en el cantón San Miguel de la provincia Bolívar, el sistema de irrigación juega un papel crucial, similar a muchas otras regiones globales, en el mantenimiento de la vitalidad y productividad de los cultivos. Asegurando tanto la seguridad alimentaria como la prosperidad económica de la zona. Por otro lado, la calidad del agua empleada en el riego es fundamental para asegurar no solo la excelencia sino también la abundancia de los productos agrícolas (Herrera & Morales, 2022)

Esta situación subraya la importancia de examinar minuciosamente la calidad del agua destinada al riego. Organizaciones de manejo de agua y entidades

internacionales, incluida la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), han sugerido la implementación de métodos de clasificación y monitoreo. Estos sistemas están diseñados para determinar la adecuación del agua para su uso en la agricultura, enfatizando la relevancia de este recurso en la irrigación.

El agua, un elemento vital para la existencia en nuestro planeta, ha sido y sigue siendo un factor clave en la evolución y adaptación de todas las formas de vida. Aproximadamente el 70% de la superficie de la Tierra está cubierta por agua. De toda esta agua, que suma alrededor de 1386 millones de kilómetros cuadrados, solo el 1%, es agua dulce. El resto se distribuye entre los océanos y mares, que constituyen el 97%, y el 2% restante está congelada. En el agua utilizada para riego, las sales se encuentran disueltas en su fuente. La calidad del agua de riego está determinada por su tipo, cantidad y proporción de iones presentes que influyen en la elección de la zona de riego. Además, el tipo de sal influye en la adecuación del agua para su uso en riego (Monge & González, 2021)

Múltiples autores han identificado los tipos más significativos a considerar para alcanzar la calidad del agua desde una perspectiva agrícola en los sistemas de riego, siendo las siguientes variables las más importantes: La proporción de sodio (Na) en relación con otros cationes, la presencia de boro (B) u otros elementos que podrían ser perjudiciales, y el nivel de sales solubles son aspectos cruciales. Asimismo, es importante considerar la interacción entre los niveles de sales solubles, bicarbonatos, y las concentraciones de calcio (Ca) y magnesio (Mg) en la evaluación (Wong & Rojas, 2021)

Es esencial analizar aspectos físicos, químicos y microbiológicos para verificar si el agua es apta para su aplicación en los suelos, con el objetivo de evaluar su calidad para sistemas de riego. Cada país establece sus propias normativas referentes al agua de riego, basándose en estándares internacionales. En Colombia, por ejemplo, los criterios detallados en el Decreto 1076 de 2015, que es el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, proporcionan lineamientos específicos sobre los factores de calidad del agua para su utilización en la agricultura. Estos lineamientos son fundamentales para determinar la calidad

de los sistemas de riego en el país (Monge & González, 2021)

Sin embargo, este decreto es insuficiente para evaluar la disposición del agua de riego, ya que actualmente se utilizan tanto aguas subterráneas como superficiales para el riego. Por lo tanto, la mayoría de las investigaciones elaboradas en Colombia se basan en normas internacionales, que contienen valores umbral basados en variables como la producción óptima de los cultivos, la calidad de estos, la adecuación del suelo y el manejo de los dispositivos de riego (Cotrina & Barragan, 2021)

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Identificar los criterios de calidad del agua más representativos especificados en las directrices internacionales para el agua de consumo humano y riego agrícola aplicados a la zona de La parroquia Santiago del cantón San Miguel.

- Analizar las características físicas, químicas y biológicas del agua que permitan determinar su calidad.

- Comparar los resultados de los transectos tomados en el canal de riego de La parroquia Santiago.

1.2 PROBLEMA

En general en La parroquia Santiago, el riego es una actividad esencial en las zonas rurales para garantizar la producción de cultivos y la seguridad de los alimentos. En muchos casos, los agricultores dependen del riego para mantener sus cultivos saludables y productivos, especialmente en regiones con clima árido o semiárido donde la lluvia es escasa.

Sin embargo, los sistemas de riego en las zonas rurales a menudo enfrentan desafíos, como la falta de acceso de agua limpia y de calidad, la falta de economía y tecnologías adecuadas para el riego y la falta de conocimientos y habilidades para implementar prácticas de riego efectivas. En algunos casos, las acequias que transportan agua a las zonas de cultivo pueden estar en mal estado o necesitar reparaciones. Además, el mantenimiento regular de las infraestructuras de riego a menudo es insuficiente debido a la falta de recursos económicos y de personal.

Los sistemas de riego resultan fundamentales para la subsistencia y prosperidad de las comunidades agrícolas en todo el sector. Al adoptar métodos de riego eficientes y sostenibles, es posible incrementar la calidad y volumen de los cultivos, disminuir la susceptibilidad a periodos de sequía y fortalecer la seguridad alimentaria y económica de estas comunidades.

El Grupo Intergubernamental de Expertos del Cambio Climático (IPCC), el 70% del agua dulce del mundo se maneja para la agricultura. Tradicionalmente, las aguas superficiales se emplean en esta práctica; se cree que entre el 33 y el 90% de las masas de agua del mundo se utilizan para regar las tierras agrícolas, por lo que es una actividad que influye en la disponibilidad de este recurso.

La calidad del agua se define por sus características físicas, químicas y biológicas, las cuales determinan su idoneidad para el propósito específico al que se destina. En el riego, la calidad del agua es un factor determinante para la sostenibilidad y la eficiencia de los cultivos y la productividad agrícola a nivel mundial.

Es esencial recordar que el cambio climático tiene un impacto negativo en los hábitats de agua dulce, alterando tanto la calidad como la cantidad del agua. La

calidad y los caudales en los ríos se ven afectados, por el agua y una de las principales amenazas es el aumento de la calentura, así como la ampliación de las cargas de sedimentos, nutrientes y la grave contaminación causada por las fuertes precipitaciones.

Las aguas manejadas para el riego están sujetas en los contaminantes procedentes a la escorrentía, los vertidos industriales, las aplicaciones de plaguicidas y la infiltración, entre otras fuentes, lo que provoca efectos a corto plazo en las cualidades fisicoquímicas del agua, el rendimiento de la tierra y la calidad de los cultivos; y cambios a largo plazo en las propiedades edáficas que hacen que los suelos no sean aptos para la agricultura.

En los sistemas de riego, la salinidad y la sodicidad, que se asocian con altos niveles de conductividad eléctrica (CE) y relación de concentración de sodio (*SAR*), pueden impactar significativamente en la calidad del agua, procesos morfológicos, fisiológicos y bioquímicos, generando estreses abióticos que afectan los procesos morfológicos, fisiológicos bioquímicos, reduciendo la germinación de las semillas, el desarrollo, la captación en el agua y nutrientes, disminuyendo el rendimiento, la calidad y la productividad de las plantas.

Además, altera el potencial osmótico de los suelos, lo que provoca estrés hídrico y efectos tóxicos en las plantas, que causan enfermedades metabólicas y nutricionales. Además, disminuye el rendimiento en condiciones específicas de textura del suelo, disminuye la infiltración del agua y provoca la formación de costras en la zona y la obstrucción de los poros, lo que puede degradar el suelo y aumentar la escorrentía.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La importancia del agua

El agua, siendo el líquido más prevalente en la Tierra, juega un papel esencial para todos los seres vivos que residen en este planeta. Pero a menudo se subestima su importancia debido a su cotidianidad. Esta sustancia vital se utiliza en actividades diarias como la limpieza de utensilios, la pesca, preparación de alimentos, entre otros, aunque raramente se realizan todas estas tareas al mismo tiempo. Constituyendo aproximadamente dos tercios de la composición humana, el agua es un elemento sin el cual no podríamos existir (Giraldo y Vasquez , 2021)

El agua es un elemento clave para la continuidad de todas las formas de vida conocidas; su falta puede resultar en un deterioro de la salud. En el ser humano, desempeña funciones fisiológicas cruciales, incluyendo la estabilización de la presión sanguínea, la regulación de la temperatura corporal, la hidratación general y la facilitación del proceso digestivo. Actúa en la digestión y absorción de nutrientes en el torrente sanguíneo, asegurando su distribución eficiente a las células. Esencial en la regulación de la presión arterial, el agua ayuda a minimizar el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, ataques al corazón y otros problemas cardiovasculares. Asimismo, es vital para la eliminación de toxinas del organismo, contribuyendo a la conservación de un cuerpo limpio y sano (Giraldo y Vasquez , 2021)

2.2. Calidad de agua

Las medidas físicas y químicas suelen utilizarse en describir el estado del recurso hídrico, la temperatura y el *pH*. La presión, el crecimiento y la intensificación de la agricultura pueden repercutir en la excelencia de las fuentes de agua al cambiar una composición fisicoquímica en el agua. afectando al aumento de cantidades de contaminantes, sedimentos o enfermedades que se filtran o fluyen hacia las masas de agua, existen parámetros, como las leyes o reglamentos que especifican las concentraciones de contaminantes, el *pH*, la turbidez, las temperaturas u otros

parámetros, así como indicadores basados en el estado de los ecosistemas, normalmente a través de índices basados en especies y del agua, que pueden utilizarse en medir a la perfección del agua. Se han elegido por su sensibilidad a los factores ambientales (Castilla et al, 2021)

La condición de las masas de agua se ve afectada considerablemente por la cantidad y el tipo de sales disueltas presentes en ellas, lo cual es crucial para varios propósitos, incluyendo el uso humano, la provisión de agua para el ganado y el riego en la agricultura. Dado que el incremento de la salinidad representa un reto importante en las zonas de cultivo irrigadas, mantener una buena calidad en las fuentes de agua resulta fundamental para asegurar una administración sostenible del recurso hídrico en la agricultura de riego (Escuela Politecnica Nacional, 2018)

2.3. Consecuencias de la baja cantidad del agua de riego

Como consecuencia de la mala calidad del agua de riego pueden surgir problemas, y el peligro de salinidad que es de los mayores problemas que pueden afectar a los cultivos, dañando o disminuyendo sus rendimientos, reduciendo la fertilidad de las plantas, aporte de nutrientes, problemas de infiltración y permeabilidad, asociados a las altas alturas de sodio del suelo, provocan una degradación de las partículas, lo que conlleva una reducción de la infiltración del agua, y la toxicidad de determinados iones como: sodio, cloruros y boro. Este resultado se manifiesta en el interior de las plantas, que toman los iones y los almacenan en sus tejidos (Lopez, 2019)

La obstrucción del sistema de riego ya sea total o parcial, puede causar problemas físicos, químicos o microbiológicos. Según el sistema de riego, entre los problemas que pueden surgir tenemos, la toxicidad iónica en sistemas de riego por vaporización y por goteo, y la acumulación en sales puede producirse en la parte superior de los caballones en los métodos de riego por surcos, por aspersión y en los procedimientos en riego por goteo (Cotrina, 2021)

2.4. Consecuencias relacionadas con la mala calidad del agua de riego

Debido a la mala disposición del agua de riego, los suelos y en cultivos pueden

sufrir un impacto negativo. El peligro de la salinidad es uno de los problemas más comunes que pueden sufrir los cultivos y las tierras. Esta variable tiene un mayor impacto en los cultivos, causando daños o reduciendo su rendimiento debido a la salinidad, toxicidad de ciertos iones tanto como el sodio, el cloro y el potasio. Este impacto se experimenta en las plantas cuando absorben los iones y los acumulan en sus tejidos. La obstrucción total o parcial de los sistemas de riego puede dar lugar a problemas físicos, químicos o microbiológicos (Rodriguez et al, 2019)

Dependiendo del sistema de riego, pueden surgir las siguientes dificultades aglomeración de sales en la parte preferente de los caballones en el riego por surcos, toxicidad iónica particular en los sistemas de riego por llovizna, y aglomeración de sales en la superficie del suelo y las líneas de goteo en los sistemas en el riego por goteo (Espinoza, 2018)

2.5. Aplicación de fertilizantes

La escorrentía de nutrientes procedentes de los fertilizantes puede influir en la eficacia del agua de riego. La eutrofización causa por el vertido en nutrientes, especialmente en las aguas superficiales. Cuando los fertilizantes se integran en las aguas receptoras superficiales, generan altas cantidades de patógenos, metales pesados, fósforo y nitrógeno en las aguas receptoras, lo que puede conducir a la eutrofización y la contaminación (Broncano, 2019)

2.6. Eutrofización.

Este fenómeno, ya sea natural o inducido por la actividad humana, conduce a la degradación de la calidad del agua a través del incremento de nutrientes, en particular nitrógeno y fósforo, y es una causa común de contaminación en cuerpos de agua superficiales. La abundancia de estos nutrientes estimula excesivamente el crecimiento de fitoplancton y otras plantas acuáticas, lo que resulta en una perturbación del equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos. Para determinar la calidad del agua destinada al riego agrícola, es esencial considerar ciertas características físicas y químicas, y se utilizan varios parámetros específicos en este proceso de evaluación (Giraldo y Vasquez , 2021)

2.7. Muestreo de Agua

El proceso de muestreo es una parte esencial de un sistema de control del agua, pero a menudo se pasa por alto antes de medir cualquier parámetro físico o químico en el agua. La recogida de conjuntos de datos ambientales adecuados es una de las principales causas de incertidumbre en las mediciones en el control del agua, es el resultado del muestreo. Por lo tanto, es crucial tener un conocimiento firme del concepto de muestreo.

El muestreo es la práctica de seleccionar una submuestra de una población para estudiarla, de manera que la submuestra pueda ser fácilmente transferida y modificada en un entorno de laboratorio sin distorsionar el panorama general. Tanto la representatividad como la exhaustividad plantean importantes desafíos al muestreo. Cualquier análisis de laboratorio, por muy meticuloso que sea, puede perder su validez debido a errores en los resultados causados por una recogida de muestras inadecuada, un mal plan de muestreo o un equipo inadecuado. independientemente de la minuciosidad con la que se lleve a cabo, un análisis siempre tendrá algún nivel de incertidumbre (Lopez, 2019)

2.7.1. Tipos de muestra

La totalidad de la información analítica obtenida a través de la medición de distintos parámetros, como las cantidades de sustancias inorgánicas, minerales o compuestos químicos disueltos, gases presentes en solución, materia orgánica disuelta, y partículas en suspensión tanto en el agua como en los sedimentos, se determina en un lugar y momento concretos o durante periodos y en localizaciones específicas (Venturo, 2021)

2.7.2. Muestras puntuales

Son individuales que se toman de las aguas en la zona, a una determinada hondura y en el fondo. Pueden tomarse de forma manual o automática. Por lo general, cada muestra sólo será una representación puntual de la calidad del agua en el momento y el lugar en que se recogió. Una secuencia de modelos tomados en un periodo predeterminado en función de los momentos de caudal equivale a un muestreo

automático. Se aconseja tomar muestras puntuales si el agua muestreada no fluye de manera uniforme, los valores de las medidas importantes no son constantes o si la muestra dispuesta arroja resultados que difieren de la muestra propia debido a la interacción entre los tipos (Rodriguez et al, 2019)

La investigación de la contaminación potencial, los estudios para evaluar su alcance, o la recogida automática de muestras individuales para identificar la hora del día en la que prevalecen las toxinas son usos apropiados para la muestra puntual. Para crear un programa de muestreo más completo, también se pueden tomar muestras puntuales. En situaciones donde el propósito del programa de muestreo es verificar si la calidad del agua se encuentra dentro de ciertos límites establecidos o si se desvía del promedio usual, la toma de muestras en momentos específicos se vuelve esencial, además de las muestras regulares. Este tipo de muestreo es particularmente útil para evaluar aspectos variables de la calidad del agua, tales como la concentración de gases disueltos, la presencia de cloro residual y la cantidad de sulfitos solubles. Por ello se aconseja el muestro puntual (Godoy et al, 2021)

2.7.3. Muestras Compuestas

Independientemente del método de muestreo, son compuestas y pueden obtenerse de forma manejable o automática (en función del caudal, el tiempo, el volumen o la ubicación). Las muestras continuas se recogen, se agrupan y se utilizan para crear muestras compuestas. Las muestras compuestas proporcionan la información composicional media. Por lo tanto, debe confirmarse que se trata de la información necesaria o que las características de utilidad no cambian elocuentemente durante el tiempo en muestreo antes de mezclar los modelos. Cuando el desempeño de un límite se basa en la disposición media en el agua, se aconseja tomar muestras compuestas (Arrascue y Cotrina, 2021)

2.7.4. Muestras en grandes volúmenes

La adquisición de muestras de grandes cantidades en el agua, van desde los 50 litros a varios metros cúbicos (m3), es necesaria para que varios procedimientos

analíticos realicen determinaciones específicas. Cuando se evalúan plaguicidas o microorganismos que no se pueden cultivar o analizar, estas muestras son necesarias. Dependiendo de la determinación, la muestra se recoge mediante procedimientos estándar, tomando medidas para garantizar la adecuada preparación del recipiente o contenedor para muestras implica una limpieza exhaustiva, el uso de un cartucho absorbente para filtrar un volumen específico de la muestra o la aplicación de un filtro, dependiendo del tipo de análisis a realizar. En las muestras sometidas a análisis, se emplea comúnmente un intercambiador de iones o un cartucho de carbón activado. Para el análisis de criptosporidio en muestras destinadas a pruebas de plaguicidas, se recomienda el uso de un filtro equipado con un cartucho de polipropileno con un tamaño de poro de 1 micrómetro. En el caso de muestras de agua turbia que contienen sólidos en suspensión, es necesario el uso de múltiples filtros, dado que un solo filtro de cartucho de polipropileno de 1 micra (μm) puede saturarse rápidamente debido a la cantidad de partículas presentes. Esto garantiza que la muestra llegue al otro extremo con una baja concentración de sólidos en suspensión. Los productos químicos necesarios se mantienen con éxito en la muestra a pesar de su baja concentración de sólidos (Reyes y Giraldo, 2021)

2.7.5. Análisis del agua de riego

Este análisis es vital para la agricultura porque nos permite conocer las propiedades químicas del año para poder preparar adecuadamente las soluciones fertilizantes. Además, realizar un análisis del agua utilizada para riego proporciona información valiosa sobre aspectos como la salinidad, la disponibilidad y los nutrientes que contiene, así como sobre su impacto en las características del suelo. Es crucial llevar a cabo este análisis antes del inicio de la temporada de riego y fertilización, ya que las propiedades químicas del agua suelen experimentar cambios durante este período, especialmente en lo que respecta a los factores salinos. Se aconseja repetir el análisis del agua con regularidad en este último caso (Garcia, 2022)

2.8. Parámetros de análisis de agua

2.8.1. Análisis físicos del agua

2.8.1.1. Conductividad electromagnética (CE)

La conductividad eléctrica en el agua refleja su capacidad para conducir corriente eléctrica y es un indicador del contenido salino del agua. Un incremento en la conductividad eléctrica implica una mayor concentración de sal. Las unidades de medida más comunes para la conductividad eléctrica son los mili-siemens por centímetro (mS/cm) y los micro-siemens por centímetro (μS/cm). Esta conductividad en el agua revela la cantidad total de sólidos disueltos y está influenciada por la temperatura del agua. La conductividad eléctrica (CE) está directamente relacionada tanto con la concentración como con el tipo de sales disueltas en el agua. Estos factores pueden tener un impacto negativo en el rendimiento de los cultivos, las propiedades del suelo (como el pH, la conductividad eléctrica y los nutrientes) y el crecimiento de las plantas (Espinoza, 2018)

Valores permisibles de CE en agua para riego.

Clases de agua	Valores de conductividad en (μS/cm)
Clase 1:	excelente 250
Clase 2:	buena 250 – 750
Clase 3:	permisible 750 – 2000
Clase 4:	dudoso 2000 – 3000
Clase 5:	inaceptable > 3000

2.8.1.2. Turbidez

La turbidez en una muestra de agua es una medida de su calidad óptica, que causa la dispersión y absorción de la luz en lugar de permitir su paso en línea recta. Este fenómeno óptico ocurre cuando la luz atraviesa un líquido que contiene partículas

minúsculas en suspensión. La presencia de sustancias sólidas o no transparentes suspendidas en un líquido claro es lo que provoca la turbidez en el agua. Cuando hay altos niveles de turbidez, estas partículas en suspensión pueden proteger a las bacterias de los efectos de los métodos de desinfección, facilitar un aumento en la proliferación de gérmenes y contribuir a la supervivencia de microorganismos. Además, la turbidez elevada puede requerir un uso más intensivo de cloro para su tratamiento eficaz (Fragoso, 2021)

Para lograr una desinfección satisfactoria, la turbidez debe ser siempre baja, preferiblemente inferior a 1 NTU, en todas las operaciones que impliquen desinfección. El valor orientativo estándar para la turbidez es de 5 unidades nefelométricas de turbidez (NTU), mientras que se prefiere un nivel inferior a 1 NTU cuando se emplea la desinfección. La presencia de turbidez por encima de 5 NTU puede ser detectable y, por tanto, suscitar la preocupación del consumidor.

2.8.1.3. Solidos disueltos totales (TDS)

Los iones y las moléculas en solución se constituyen como sólidos totales disueltos. Los minerales, los metales y los mezclados químicos armónicos, así como los gases liberados durante la desintegración de la materia orgánica, contribuyen en toxicidad, el sabor desagradable y el olor del agua al aumentar su contenido total de sólidos disueltos. Históricamente se utilizaba para probar la existencia de salinidad en el agua con fines de riego; utiliza en ausencia de conductividad eléctrica (Castilla et al, 2021)

2.8.2. Análisis químicos del agua

2.8.2.1. El nivel de *pH* del agua

Un *pH* bajo indica un medio ácido, mientras que un *pH* alto indica uno básico o alcalino el nivel de *pH* puede utilizarse como un indicador de la dureza del agua. No se puede tener las dos cosas: dura o blanda. Uno de los procesos microbiológicos más significativos en el agua y una de las variables ambientales clave que limita la colocación de las especies en los hábitats acuáticos es el *pH* del agua, que se mide en unidades llamadas (*H+*) e iones *OH-*. La hidrólisis alcalina es una de las

cuestiones que surgen al hablar del *pH* y del agua de pulverización, disolución ácido-base. La mayoría de los agroquímicos tienen una vida útil relativamente larga a niveles de *pH* entre 4 y 6,5, pero por encima de eso, comienzan a hidrolizarse, lo que resulta en una pérdida de la función molecular. La vida media del ingrediente activo se reduce cuando se pierde la actividad molecular, lo que también conlleva una bajada de la eficacia. La ampliación de los niveles de luz solar, el *pH* y la temperatura pueden agravar el problema. A diferencia de la mezcla es ligeramente ácida porque ayuda a mantener los agroquímicos estables y porque el medio en el que se disuelven los agroquímicos es ligeramente ácido (González, 2019)

Los suelos pierden su integridad estructural cuando sus niveles de alcalinidad (*pH*) se elevan demasiado. esparcimiento y el engrosamiento de la arcilla susceptible a este proceso, produciendo arcilla sensible a este proceso, causando la pérdida de su capacidad para transportar el agua, y por lo tanto la reducción de la estabilidad de los suelos. Debido a que el *pH* de la solución puede alterar todo el proceso fisiológico de la planta al solubilizar componentes dañinos como el aluminio, también puede ralentizar el crecimiento de la planta cuando entra en contacto con las raíces (por ejemplo, el zinc). sustancias venenosas como el aluminio (Mayorga, 2019)

2.8.2.2. Dureza

La dureza del agua se clasifica en dos categorías: la dureza de carbonatos, que calcula la presencia de iones de carbonato y bicarbonato en el agua, y la dureza permanente, conocida como dureza de bicarbonatos (BH). Adicionalmente, existe la dureza general o total (GH), que se enfoca en la concentración de iones de calcio y magnesio. Estos últimos provienen principalmente de los carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, así como de otras sales, especialmente sulfatos, encontradas en las aguas naturales. Se puede deducir que la cantidad total de calcio y magnesio en el agua deriva tanto de los carbonatos y bicarbonatos (lo que se relaciona estrechamente con el KH) como de los sulfatos, aunque esto podría ser coincidencia. La terminología de "dureza temporal" y "dureza total" sugiere que ambas pueden ser consideradas de manera aditiva. Por ejemplo, si se añade bicarbonato sódico al agua destilada, se obtendría un alto nivel de KH, pero un GH

de cero, ya que el GH solo mide calcio y magnesio. El hecho de que el sodio no se incluya en la medición del GH no es una limitación del test; simplemente, el sodio no forma parte de la definición de la dureza total del agua (Cuvi, 2022)

2.8.2.3. Relación de adsorción de sodio (RAS)

Según RAS analiza el extracto de pasta en el suelo saturado para la relación de sodio con el calcio y el magnesio. La pasta de tierra que se ha extraído del suelo saturado. Un valor aproximado sería la mitad de concentración de $Ca+Mg$ dividida por la raíz cuadrada de concentración de Na. Las juntas de iones de sodio, calcio y el magnesio se denotan en $[Na+]$, $[Ca2+]$ y $[Mg2+]$, respectivamente, en miliequivalentes por litro, iones de magnesio. Los suelos con altos valores de SRA se secan y se vuelven duros y compactados, lo que reduce la velocidad a la que el aire y el agua pueden penetrar en el suelo y altera su estructura (Bernice, 2022)

Valores permisibles de RAS en el agua para riego.

Valores de RAS	Peligro de sodio en el agua
1-10 (µS/cm)	Bajo
10 -18 (µS/cm)	Medio
18 – 26 (µS/cm)	Alto
>26 (µS/cm)	Muy alto

2.8.2.4. Salinidad

La acumulación de sales se refiere a la presencia de todas y cada una de las sales que son solubles en el medio. Se considera que el suelo es salino cuando la acumulación de sales dentro de la raíz provoca una reducción del agua del suelo bastante para inhibir el desarrollo de la planta. La paciencia a la salinidad varía mucho entre los reinos y tipos de plantas, y también varía con la etapa de desarrollo de la planta.

Existe el riesgo de anegamiento porque la superficie del suelo se endurece y se

forma una capa impermeable cuando hay suelos sódicos, susceptibles de ser anegados. Además, la aireación, que es crucial para la vida del suelo, disminuye los efectos de la acción biológica del suelo. Con el fin de estimar la salinidad, la conductividad eléctrica se mide y se informa como (S/cm-1). De manera similar a como se reporta el total de sólidos disueltos (TDS) en miligramos por litro, también se puede reportar este valor. La salinidad se clasifica de acuerdo con su conductividad eléctrica: extrema, alta, media y baja (Cuvi, 2022).

Clasificación de salinidad de agua para riego:

Salinidad de agua de riego EC (µS/cm)	Clases de salinidad	Peligro de salinidad
100 -250	C1	Baja
250 -750	C2	Media
750 -2250	C3	Alta
>2250	C4	Muy alta

2.8.2.5. Sodicidad

El RAS es el lenguaje de la sodicidad. Tiene en cuenta la concentración global de sales y la presencia de bicarbonatos, y puede enunciarse también mediante el RAS ajustado, tanto las concentraciones absolutas como las relativas de cationes son importantes para establecer el riesgo de sodicidad. universal y particular (Gertrudis, 2018)

El uso prolongado de aguas ricas en sodio para riego tiene un impacto negativo en diversas propiedades del suelo, incluyendo la conductividad eléctrica del extracto de saturación, su pH, la relación de adsorción de sodio en dicho extracto, el porcentaje de sodio presente en el mismo, el porcentaje de sodio intercambiable, la densidad aparente del suelo y la tasa de infiltración final que este puede sostener (Barragán, 2021)

Clasificación de la sodicidad en aguas de riego.

RAS de agua para riego (μS/cm)	Clases de sodicidad	Peligro de sodicidad
<10	S1	Baja
10-18	S2	Media
18-26	S3	Alta
>26	S4	Muy alta

2.8.2.6. Sulfatos

El sulfato es un compuesto químico que radica en un átomo de azufre rodeado por cuatro átomos de oxígeno, formando un anión con la fórmula química SO_4^{2-}. Este anión es la base de muchos sales, detergentes y laxantes. Los sulfatos se encuentran comúnmente en el ambiente natural y son componentes esenciales de algunos minerales. Son generosamente utilizados en otras industrias, como en la elaboración de productos químicos del papel, en tratamiento del agua y en la producción de fertilizantes. En el ámbito ambiental, los sulfatos pueden contribuir a la lluvia ácida cuando se libran a la atmósfera en forma de dióxido de azufre. Además, su presencia en el agua puede impresionar la calidad de esta y causar problemas en los métodos de tratamiento del agua (Córdova, 2018)

2.8.2.7. Nitratos

El nitrato, de fórmula química NO3−, es una forma esencial de nitrógeno que la mayoría de las plantas absorben, contribuyendo significativamente al aumento del rendimiento agrícola. Sin embargo, la creciente necesidad de alimentos debido al aumento poblacional ha conducido a un uso excesivo y no regulado de nitratos por parte de los agricultores a lo largo de los años. Esta práctica ha incrementado la dependencia de fertilizantes nitrogenados químicos de bajo costo, lo que a su vez ha provocado graves problemas ambientales, como la contaminación del agua, afectando tanto a la naturaleza como a la salud humana. Debido a su alta solubilidad en agua, los nitratos son muy móviles en el suelo agrícola, lo que es particularmente problemático en los cultivos de riego. Aquí, los nitratos pueden filtrarse hacia capas

más profundas del suelo, un fenómeno conocido como lixiviación, contaminando acuíferos y pozos. Además, el riego con altas concentraciones de nitratos también puede contaminar aguas superficiales. El agua de escorrentía cargada de nitratos puede desembocar directamente en ríos o canales, lo que a su vez puede causar eutrofización, un crecimiento excesivo de plantas acuáticas y algas, que a menudo resulta en la asfixia y muerte de la vida acuática debido a la falta de oxígeno (Rosales Villegas, 2020)

2.8.2.8. Cromo hexavalente

Conocido también como cromo 6 (Cr+6), es la variante tóxica del metal cromo. A diferencia de otras formas de cromo menos nocivas y se encuentran naturalmente en el ambiente, como en suelos, rocas, polvo, plantas y animales, el Cr+6 se genera principalmente a través de procesos industriales (Morales [$OEPSA$]. 2016)

2.8.2.9. Cobre

El cobre (Cu) es vital para el desarrollo de las plantas, necesitándose en cantidades mínimas. Este elemento se agrupa con otros micronutrientes esenciales como el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y cloro (Cl). En la corteza terrestre, la concentración promedio de cobre varía entre 55 y 70 ppm. Las rocas ígneas contienen una mayor cantidad de Cu, con concentraciones que oscilan entre 10 y 100 ppm, en comparación con las rocas sedimentarias que presentan de 4 a 45 ppm. En suelos con deficiencia de Cu, la totalidad es inferior a 0.5 ppm. Cuando el Cu es deficiente las fertilizaciones con Cu en los cultivos incluyen: la mejora en la calidad de los frutos, el incremento en el crecimiento de los cultivos, y la reducción de enfermedades en las plantas (INTAGRI, 2022)

2.8.2.10. Zinc

El zinc es un nutriente crucial para el crecimiento y desarrollo de las plantas. La cantidad de zinc para el adecuado crecimiento vegetal es bastante limitada, fluctuando entre 15 y 20 miligramos por kilogramos de tejido seco. Esta proporción es menor al 0.1% del peso total seco del tejido de la planta, lo que subraya su

necesidad en cantidades mínimas pero esenciales (Flores, 2017)

2.8.2.11. Demanda Química de Oxigeno (DQO)

La Demanda Química de Oxigeno (DQO) es una medida que establece la cantidad de oxígeno necesaria para llevar a cabo la oxidación de la materia orgánica presente en una muestra de agua. Este proceso se realiza bajo condiciones controladas, que incluyen el uso de un agente oxidante específico, así como parámetros determinados de temperatura y tiempo (Calero, 2017)

2.8.2.12. Medición con fotómetro

El uso de un fotómetro simplifica el procedimiento, ya que la mayoría de los fotómetros están equipados con una pantalla digital. La mayoría de los fotómetros están equipados con una serie de "Curvas de Calibración" que simplifican el proceso de medición. Generalmente, el procedimiento implica algo tan sencillo como colocar una cubeta en el fotómetro, que incluye una célula fotométrica con agua destilada como referencia y otra con la muestra a analizar. Para minimizar la absorción de luz por las cubetas y prevenir que esta absorción altere las lecturas, se utilizan cubetas fotométricas específicas dentro del dispositivo. Estas células están hechas de un material transparente a la luz empleada en las mediciones, como el cuarzo. A pesar de que es transparente y resistente a rayaduras, es extremadamente frágil. Por tanto, es crucial manejar con cuidado las celdas del fotómetro durante su uso (Gutierrez, 2021)

2.9. Análisis microbiológicos del agua

2.9.1. Microorganismos ambientales acuáticos

La microbiología del agua es el estudio de las conexiones entre las bacterias y el medio ambiente y otras criaturas asistentes en el agua. Los microbios, las cianofíceas, hongos, y protozoos, las algas y los virus son los microorganismos más frecuentes que se encuentran en las distintas masas de agua de nuestro mundo. El agua contiene suficientes nutrientes para favorecer el crecimiento de varios microorganismos. Numerosas bacterias presentes en el agua proceden del aire, del

suelo, de animales o plantas vivos o en desintegración, de fuentes inorgánicos y de las heces (Galvez, 2019)

2.9.2. Fermentadores de la lactosa

El grupo de coliformes totales se compone de bacterias Gram negativas, en forma de bastón, no esporulantes, que pueden ser tanto aerobias como anaerobias facultativas y presentan una reacción negativa a la oxidasa. Estas bacterias son capaces de desarrollarse en ambientes que contienen sales biliares o compuestos tensioactivos y pueden fermentar lactosa a temperaturas de entre 35 y 37 grados Celsius en un periodo de 24 a 48 horas. Dentro de esta categoría se incluyen géneros como ***Escherichia, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella***. Dado que algunos coliformes no se encuentran exclusivamente en bacterias entéricas, sino también en muestras de plantas y suelos, la identificación específica de coliformes fecales es un requisito en muchas regulaciones relacionadas con la seguridad de alimentos y agua (Diaz, 2019)

2.9.3. Grupo de coliformes fecales

Estas bacterias pertenecen a todo el grupo de los coliformes y son bacterias Gram negativos, no esporulantes, que fermentan lactosa con generación de ácido y gas. Este grupo también se denomina termotolerante, y la especie más prevalente es ***Escherichia coli***, que constituye la mayor parte de la población intestinal humana (Naula, 2021)

2.9.4. Microbios heterótrofos

Las bacterias heterótrofas son aquellas que se nutren de moléculas orgánicas de carbono para obtener energía y carbono necesarios para su desarrollo y crecimiento. Esto la diferencia de las bacterias autótrofas, que adquieren su energía a partir de sustancias inorgánicas y utilizan el dióxido de carbono (CO_2) como fuente de carbono. La categoría de bacterias heterótrofas es bastante amplia e incluye tanto organismos saprófitos, que se alimentan de materia orgánica en descomposición, como bacterias patógenas. Por tanto, las bacterias patógenas como las no patógenas son heterótrofas. El recuento de bacterias heterótrofas en placa (RHP) es una

operación sencilla que puede realizarse mediante una placa de fluido, un difusor o una filtración por membrana y es un instrumento muy valioso (Ortiz, 2018)

Este procedimiento puede revelar la efectividad y eficiencia de los procesos de tratamiento de agua, incluyendo etapas como la sedimentación, coagulación, filtración y cloración. El monitoreo en el sistema de distribución de agua puede proporcionar datos acerca de la limpieza del sistema de distribución mismo, el crecimiento bacteriano que ocurre después del tratamiento, el impacto de los cambios de temperatura y cómo el cloro residual afecta a las poblaciones bacterianas.

En el contexto de la revisión y actualización de la normativa sobre calidad ambiental y descarga de efluentes relacionada con el recurso hídrico, se presentan tablas que explican los parámetros permitidos. Estos incluyen sustancias y características como aceites y grasas, aluminio total, amoníaco, arsénico, coliformes fecales, coliformes totales, bario, cadmio, cianuro, cinc, cobre, color, compuestos fenólicos, cromo, demanda bioquímica de oxígeno (DQO) en un período de 5 días, hierro total, difeniles policlorinados, materia flotante, mercurio, nitratos, nitritos, olor y sabor, oxígeno disuelto, pH, plata, plomo, selenio, sulfatos, tensoactivos y turbiedad. Estos elementos, que se encuentran comúnmente en investigaciones y análisis sobre la calidad del agua y la contaminación ambiental, se refieren a una variedad de componentes químicos y microbiológicos, así como a propiedades físicas y sensoriales del agua. Son esenciales para evaluar la calidad y seguridad del agua para su uso en diferentes aplicaciones, incluyendo el consumo humano y la conservación de ecosistemas acuáticos (Villegas, 2020)

2.10. Criterios de calidad de aguas para uso agrícola

Establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA), se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la TABLA 1.

Tabla 1

Criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego

Nº	Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de Calidad
1	Conductividad Eléctrica	Ce	µS/cm	3000
2	Turbidez	UTN	10,0	100
3	Solidos Totales Disueltos	SDT	mg/l	130
4	Ph	Ph		6 - 9
5	Dureza Total	DT	mg CaCO3/l	500
6	Dureza Cálcica	Ca	mg/l	**
7	Dureza Magnésica	Mg++	mg/l	**
8	Sulfatos	SO4	mg/l	250
9	Nitratos	NO3	mg/l	1,0
10	Hierro	Fe	mg/l	5,0
11	Cromo +6	Cr +6	mg/l	0,1
12	Cobre	Cu	mg/l	0,2
13	Zinc	Zn	mg/l	2,0
14	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg O2/l	2,5
15	Coliformes Totales	CT	NMP/100 ml	1000
16	*Escherichia coli*	Mn	NMP/100 ml	1000

Nota: En el presente cuadro se exponen parámetros del agua con los rangos apropiados según el MAATE de acuerdo con el Plan Nacional de Riego y Drenaje (PNRD)

Esta tabla muestra los criterios de calidad de aguas para uso agrícola en riego, incluyendo los límites permitidos para diversos parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Estos criterios son esenciales para asegurar que el agua utilizada en la agricultura sea segura y no cause daño a los cultivos, al suelo o a la salud humana. La presencia de coliformes fecales, huevos de parásitos, aceites, grasas y materia flotante son especialmente críticos, ya que su presencia puede indicar contaminación fecal y riesgos para la salud.

2.11. Normativa y Fundamentación legal

Sección III – Calidad de los componentes abióticos del agua

ART 209. La calidad del agua se define como las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua que determinan su composición y que determinan su idoneidad para la salud, el bienestar y el bienestar de la población. la composición del agua para que sea idónea para satisfacer las necesidades de salud, bienestar y equilibrio ecológico de la población. La calidad del agua se evaluará y controlará mediante técnicas analíticas, toma de muestras y seguimiento de los vertidos, las descargas y las masas receptoras. masas. En cualquier situación, la Autoridad Ambiental Competente estará facultada para ordenar al Sujeto de Control responsable de los vertidos y derrames, la realización de muestreos tanto de sus vertidos como del cuerpo de agua receptor cuerpo. Todas las actividades humanas deberán tomar las precauciones adecuadas para asegurar la cantidad y calidad del agua en las cuencas hidrográficas y evitar cambios composicionales (Cadillo, 2019)

ART 211. Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Las normas señaladas en este Libro y los lineamientos técnicos publicados por la Autoridad Ambiental Nacional serán aplicables a las actividades productivas. La gestión y el mantenimiento de los sistemas de tratamiento de agua serán monitoreados y evaluados mediante los procedimientos de control y seguimiento definidos en el presente Libro.

La producción limpia, el consumo sostenible y las buenas prácticas ambientales se tratan en el capítulo IX.

Buenas actividades ecológicas

ART 235. La eficiencia de los recursos se define como el uso responsable de los materiales, la energía, el agua y otros recursos. materiales, la energía, el agua y otros recursos naturales, siempre que estén dentro de las limitaciones señaladas en esta

norma, así como las que se aplican a esta norma y a este tema (Bernice, 2022)

ART 246. Las implicaciones de la estrategia de producción y consumo sostenibles. Estos impactos abarcan todo el ciclo de vida de los productos fabricados, desde su extracción hasta su creación, transporte, almacenamiento, uso y eventual eliminación.

Supervisión en el capítulo X

ART 254. Tipos de control. Es posible realizar varios tipos de monitoreo según el sector, dependiendo de la cantidad y magnitud de los impactos y riesgos contemplados en una obra, actividad o proyecto. El monitoreo ambiental que requiere una actividad específica se detallará en los respectivos Planes de Manejo Ambiental. Entre ellos se encuentran el monitoreo de las descargas y derrames de líquidos; el monitoreo de la calidad del agua en el cuerpo receptor; el monitoreo de las emisiones atmosféricas; el monitoreo del ruido y las vibraciones; el monitoreo de la calidad de los recursos naturales; el monitoreo de la gestión y el cumplimiento de los Planes de Manejo Ambiental. La evaluación del mantenimiento de la maquinaria de gestión de residuos, de los sensores, de los medidores de parámetros y de otras máquinas, equipos e infraestructuras que intervienen en el seguimiento medioambiental de una actividad forma parte del seguimiento de los Planes de Gestión Medioambiental.

Obligatoriedad, frecuencia y periodicidad del seguimiento, así como de los informes de seguimiento: El Sujeto de Control tiene la responsabilidad de velar continuamente por el cumplimiento de los requisitos impuestos por los permisos ambientales correspondientes y el instrumento técnico de apoyo, con enfoque en sus emisiones, descargas, vertidos y en los cuerpos de inmisión o cuerpo receptor.

Se debe mencionar que, tanto las fuentes, sumideros, recursos y los parámetros deben controlarse, todo esto debe ser junto con la frecuencia de muestreo de control, periodicidad del muestreo de control y periodicidad de los informes de control, cabe recalcar que estos deben incluirse en el plan de gestión medioambiental correspondiente además, todos estos parámetros deben elegirse de acuerdo a la

función de la naturaleza de la actividad, la gravedad de los impactos ambientales y características socio-ambientales del entorno.

La ubicación de los puntos de monitoreo de emisiones, descargas y/o derrames, generación de ruidos y/o vibraciones, y las actividades, obras o proyectos regularizados serán enviados por el Sujeto de Control a la Autoridad Ambiental Competente para su aprobación, la cual deberá ser verificada antes de su pronunciamiento mediante una inspección. Si un proyecto, obra o actividad resulta en la alteración de cuerpos de agua naturales con potencial de alteración de la vida acuática, y/o la alteración de la flora y fauna terrestre, deberá ocurrir en áreas protegidas o sensibles. En este caso, los informes de seguimiento deben incluir un programa de control de la calidad ambiental del medio ambiente mediante indicadores bióticos.

Al revisar los sistemas de control y seguimiento ambiental, la autoridad ambiental competente puede establecer estas normas, hacerlas una condición de las licencias ambientales, o ambas. Estos requisitos se recogerán en los planes de gestión medioambiental. Los Sujetos Controlados deberán, como mínimo, presentar a la Autoridad Ambiental Competente informes anuales basados en las muestras tomadas dos veces al año; además, deberán adherirse a las leyes sectoriales que se hayan desarrollado. regulaciones específicas de una industria determinada; en todo caso, las especificidades de ejecución y presentación de los Planes de Vigilancia Ambiental para cada caso contendrán las especificidades de ejecución y presentación de la vigilancia. La Autoridad Ambiental Competente podrá, en cualquier momento, ordenar a los Sujetos de Control la realización de tareas de seguimiento relacionadas con emisiones, vertidos, derrames.

El Sujeto de Control está obligado a pagar todos los gastos en su totalidad. Durante las actividades de monitoreo se deben seguir las normas técnicas establecidas por la Autoridad Ambiental Nacional, la Autoridad Ambiental particular y la legislación específica de cada sector. La Autoridad Ambiental Competente tendrá 60 días para presentar el informe después de que el operador haya presentado el monitoreo. La autoridad tiene 60 días para aceptarlo, seguirlo o rechazarlo.

ART 256. El análisis y la evaluación de los datos de seguimiento están contemplados en el. Los sujetos de control están obligados a construir bases de datos utilizadas para el control y el seguimiento durante un mínimo de siete (7) años, a realizar análisis estadísticos adecuados y a conservar los registros de los resultados del seguimiento de forma permanente mientras dure la actividad. Además, se deben poner a disposición todos los recursos necesarios para que el control y el seguimiento se realicen de forma digital, idealmente en línea y en tiempo real.

De los muestreos

ART. 258. La información sobre los hallazgos de las muestras se recoge, cuando la Autoridad Ambiental Competente realice un muestreo con el fin de controlar una emisión, vertido o derrame, está obligada a informar al Sujeto de Control correspondiente de los resultados, así como de las observaciones técnicas pertinentes. (Ministerio del Ambiente, 2018, p. 108, 115, 192-193, 198, 201, 203-205) En cuanto a la acreditación, es importante tener en cuenta el Reglamento General a la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad (2011), que establece los requisitos para brindar servicios y productos de alta calidad y a la vez proporcionar información suficiente y precisa sobre sus características. En consecuencia, es importante llamar la atención sobre lo siguiente (Diaz, 2019)

Canal de riego

El propósito principal de los canales de riego es el traslado del agua desde la fuente, como una presa, hasta los campos agrícolas, donde se utiliza para irrigar los cultivos. Estos canales deben ser diseñados y construidos con cuidado para minimizar el uso del agua y prevenir impactos negativos en el medio ambiente. El consumo de agua está estrechamente ligado a las características geográficas y ambientales de la región. Generalmente, los canales se construyen siguiendo las líneas de nivel del terreno, con una ligera pendiente hacia áreas más bajas, facilitando así el flujo de agua. Esta agua, en contacto con la atmósfera, se transporta a través del canal, que presenta un perímetro mojado.

Los canales sirven para llevar el agua desde su punto de captación hasta el sitio donde se distribuirá o aplicará a las parcelas agrícolas, sin la necesidad de sistemas de presión, aprovechando la fuerza de gravedad. El agua fluye gracias a la diferencia de altitud entre el inicio y el fin del canal. De esta manera, el agua se traslada desde la cuenca o fuente hasta los campos o huertos, donde se aplica directamente a los cultivos (López, 2019).

Tipos de canales

En función de los siguientes factores -visibilidad del agua, material y sección-, los canales pueden clasificarse de diferentes maneras. Además de estar en una u otra, el agua también está actual en la atmósfera (Fragoso, 2021).

Canal Primario: Los canales principales son estructuras de gran envergadura diseñadas para captar agua de presas o ríos y distribuirla a canales secundarios o de menor jerarquía. Un ejemplo de esto es el canal principal en las zonas productoras de arroz del sur de Pinar del Río, que se extiende por 90 kilómetros y aprovecha el agua proveniente de catorce embalses.

Canales secundarios y terciarios: Los canales que transportan el agua de los conductos principales a las zonas de riego. Se distinguen unos de otros por los caudales que pueden transportar.

Acequias: Son pequeños canales, a menudo sin revestimiento, excavados del suelo para así dirigir el agua por razones de derrame o riego (Ramos, 2020)

Partes de un canal de riego

Entrada de agua: La captación de agua en un canal, que puede originarse de una presa, un río o un sistema de bombeo, es un elemento crucial en su diseño. En los casos en que los canales están conectados a presas, generalmente inician con una estructura de toma, la cual también se conoce como aliviadero o desagüe.

Canalización: Incluye el propio canal, que generalmente se configura como una zanja con paredes inclinadas y un fondo plano. Lo ideal es que estos canales estén revestidos de hormigón, ya que los canales de tierra tienden a deteriorarse y a

desarrollar fugas con rapidez.

Desvío: Las estructuras de derivación se emplean para redirigir el agua desde un canal principal hacia uno secundario, de este último a un canal terciario, o desde el canal terciario hacia zanjas u otros canales menores o puntos de captación de agua en los campos agrícolas.

Trasvase: Una estructura diseñada para transferir agua desde una presa a un río o a otra presa, o de un río a una presa, es un componente crucial en la gestión de recursos hídricos. En Cuba, actualmente se están invirtiendo recursos considerables en el proyecto de trasvase de una parte significativa del agua de la cuenca norte de la provincia de Holguín hacia el oeste de dicha provincia y el norte de Las Tunas. Este ambicioso proyecto incluye la construcción de extensos canales, presas, túneles y otras infraestructuras de gran envergadura, algunos de los cuales ya se encuentran operativos (Gamarra, 2022)

Controles de nivel: Generalmente, se trata de compuertas que pueden operarse de forma manual o mecánica, utilizadas para mantener el nivel del agua en el canal dentro de un rango específico o para interrumpir el flujo de agua en el canal. Estas compuertas se emplean tanto en la entrada del canal como en los puntos de desvío y entrega a lo largo del mismo.

Medidas de seguridad: Generalmente, estas son estructuras automatizadas diseñadas para prevenir daños al sistema que podrían ser causados por obstrucciones o por el flujo excesivo de agua. Las más comunes entre estas estructuras son las presas y los sifones.

Medidores: Estos dispositivos están diseñados para medir el volumen de agua que fluye hacia o desde el canal en un momento específico, así como para controlar su nivel. Los medidores de nivel comúnmente consisten en reglas verticales graduadas. Por otro lado, los manómetros situados en las entradas o salidas son aparatos que miden y registran de forma continua el caudal del agua.

Cruces: Los importantes son los puentes construidos sobre el canal para el movimiento de vehículos, animales y peatones. También logran incluir puentes

sobre el canal que permiten atravesar un barranco, así como túneles que cruzan una elevación. En algunos casos, se pueden utilizar sifones.

Elementos geométricos del canal de riego

Los elementos geométricos son características distintivas de un tramo específico de un canal, el cual se puede describir completamente mediante la geometría de su sección transversal y la profundidad del flujo de agua. Estos factores son fundamentales para realizar cálculos precisos relacionados con la escorrentía (Rodríguez, 2019).

Profundidad del flujo, calado: La profundidad del flujo (h) se refiere a la medida vertical desde el punto más bajo del tramo del canal hasta la superficie del agua.

Anchura superior: la anchura superior (T) es la anchura de la unidad del canal en la zona libre.

Área mojada: (A) es el área de la sección desviado del flujo normal a la dirección del flujo.

Perímetro mojado: El perímetro mojado (P) es la distancia de la línea formada por el encuentro de la superficie mojada del canal con su sección transversal de la zona mojada del canal con la sección transversal perpendicular a la orientación del flujo

Radio hidráulico: El radio hidráulico (R) es la correlación entre el perímetro húmedo y el perímetro mojado D=A/T.

Factor de sección: Los cálculos de escorrentía o flujo crítico, el elemento de sección (Z) es el beneficio del área mojada por la raíz cuadrada del área bañada utilizar la raíz cuadrada de la hondura hidráulica, representada es: Z = A. SQRT (D).

Tipos de flujo de caudal

Flujo permanente: Es aquel en el que las propiedades del fluido son constantes a lo largo del tiempo, aunque no lo sean en el espacio.

Flujo temporal o no permanente: es aquel cuyas características se alteran con la estación para examinar la conducta del canal.

Flujo uniforme: se produce en un canal justo cuya sección transversal tiene una pendiente constante y se halla a una distancia enorme de los lugares donde la sección transversal cambia en términos de forma, rugosidad, y cambio de pendiente o variación del caudal (Castilla & Rubiano, 2022)

Flujo sucesivamente variable: se produce cuando la depresión de la marea varía a lo largo de la distancia del canal. Esto puede ser permanente o no.

Dependiendo de la depresión del agua: se describe como rápido o gradualmente cambiante.

El flujo lento o suscritico: es el nivel de agua efectivo en un sector definido.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Materiales y Métodos

3.1.1. Ubicación de la investigación

Tabla 2

Provincia	Bolívar
Cantón	San Miguel
Parroquia	Santiago
Sector	La Cocha

3.1.2. Situación geográfica y climática

Tabla 3

Altitud	2650 msnm
Latitud	1º 36’ 47.’’ S
Longitud	78º 59’ 36.’’ W
Temperatura Máxima	24ºC
Temperatura Mínima	6ºC
Temperatura Media Anual	14.7ºC
Precipitación Media Anual	500 mm

Fuente: Estación Meteorológica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (2023)

3.1.3. Zona de vida

Según el diagrama de Holdridge la zona de vida es bosque seco Montano bajo (bs-MB) y se extiende de 2000 msnm a 3000 msnm.

3.2. Materiales

3.2.1. Material experimental

Muestras de agua del canal de riego de la parroquia Santiago.

3.2.2. Material de campo

- Cámara fotográfica
- Envases
- GPS
- Guantes
- Mascarillas
- Botas

3.2.3. Material de laboratorio

- Papel filtro
- Vasos de precipitación
- Embudo
- Buretas Erlenmeyer
- Pipeta volumétrica
- Botellas de vidrio con tapón
- Pinza para crisol
- Pipetas
- Agar
- Cajas Petri
- Cápsula de porcelana
- Asa bacteriológica

3.3. Equipos

- Estufa
- Incubadora

- Autoclave
- Mechero bunsen

3.4. Reactivos

- Agua destilada
- Alcohol antiséptico
- Aceite de inmersión
- Ácido sulfúrico (0.05 N)
- Ácido sulfúrico concentrado
- Cloruro de calcio Fenolftaleína
- Indicador de ferroina Naranja de metilo
- Recurso de ácida sódica
- Recurso de amonio molibdato
- Solución de cloruro de aluminio
- Solución de cloruro estañoso
- Solución de cloruro férrico
- Solución de cloruro de sodio (OH) 6 N
- Solución patrón de fosfato ácido de sodio
- Solución valorada de dicromato de potasio 0,25 N
- Solución valorada de sulfato ferroso amoniacal 0,25 N
- Sulfato de magnesio
- Sulfato manganoso
- Tiosulfato de sodio

3.5. Material de oficina

- Borrador
- Resaltadores
- Hojas de papel bond
- Marcadores
- Esferos
- Calculadora

- Impresora
- Computadora
- Carpetas

3.6. Métodos

3.6.1. Factores en estudio:

2 Muestras de agua del canal de riego de la parroquia Santiago tomadas en diferentes locaciones:

- Punto de captación
- Reservorio Nº 3

3.6.2. Manejo del experimento

El Análisis estadístico descriptivo desempeña un papel fundamental en la comprensión y evaluación de datos en diversos ámbitos, incluyendo la calidad del agua en sistemas de riego. Este proceso se inició con la estructuración de los datos en tablas diseñadas para facilitar su lectura y la comprensión. Estas tablas desempeñan un papel crucial al proporcionar una visión general de los datos y al permitir la detección de patrones o irregularidades potenciales.

La etapa final fue la interpretación de los datos. En este paso, se analizaron los datos que revelan el objeto y propósito de estudio, como la disposición del agua en un sistema de riego, las implicaciones experiencias de estos hallazgos. Por ejemplo, una media alta en una variable química específica podría indicar una calidad de agua deficiente.

3.6.3. Procedimiento

Se eligieron dos puntos de muestreo definidos y acordados con los responsables del canal de riego en la parroquia Santiago del cantón San Miguel. Como primer punto se ubicó en la entrada del agua del río Al Archí a la estación experimental o punto de captación en el sector de Guambulcar y el segundo punto en el tanque de

reservorio en el sector de La Cocha, tomando muestras simples para establecer cualitativa y cuantitativamente la eficacia del agua de cada uno de los puntos de muestreo.

3.6.4. Procedimiento de toma de muestras de agua

- Con ayuda del geoposicionador (GPS) se determinó el sitio justo de vertimiento y se registraron en la guía para muestreo posterior (solo si se requiere ubicación exacta).

- Cuando se va a tomar múltiples muestras en un punto de muestreo o estación, se inició tomando el volumen destinado al análisis biológico y después, se destinaron a las determinaciones físico-químicas como la última etapa, con el objetivo de evitar posibles contaminaciones cruzadas.

- Para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible del total, fue esencial enjuagar el recipiente de muestreo al menos 2 a 3 veces con el agua que se analizó antes de proceder a la toma de la muestra.

- En el caso de tanques reservorio, se tomó la muestra sumergiendo el frasco en el pozo hasta alcanzar los 15 a 30 cm de profundidad, teniendo precaución de no palpar las paredes del pozo o del tanque, para evitar posibles contaminaciones.

- El frasco de muestreo se llenó hasta aproximadamente el 75% de su capacidad, dejando un espacio de aire en la parte superior (se requirió un mínimo de 150 ml de muestra). Una vez lleno, el recipiente, fue llevado a la superficie y sellado herméticamente de manera inmediata

3.6.5. Identificación, almacenamiento y transporte de las muestras

3.6.6. Identificación de muestras

Tras la recogida de las muestras, fue fundamental nivelar cada contenedor. Para ello, se escribió la información de la ilustración 1 en las etiquetas de cada contenedor.

Ilustración 1

Ejemplo de etiqueta de muestras

ETIQUETA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS	
Tipo de muestra:	
Fecha y hora:	
Sitio de recolección:	
Número de muestra:	
Temperatura ambiente:	
Persona responsable:	

3.6.7. Almacenaje de las muestras

Las muestras de agua se conservaron una vez identificadas. Para ello, los recipientes se colocaron en un frigorífico con bolsas de hielo para conservar la temperatura de las muestras entre el 2 y 5°C, no se admitió que la luz del sol entre en el contenedor, ya que esto pudo desvirtuar los resultados del análisis, para evitar aún más la contaminación por fusión del hielo, se adoptaron precauciones y procedimientos.

3.6.8. Transporte de las muestras

- Las muestras se llevaron al laboratorio para su examen después de etiquetar y guardar en los contenedores en un plazo máximo de 48hrs.
- Las muestras permanecieron en los frigoríficos durante su trascurso de tiempo para evitar cualquier contaminación externa.
- En estas muestras se registró el tiempo sucedido entre la toma y el análisis, donde sus resultados analíticos fueron evaluados por un profesional en el tiempo de recorrido, en este proceso se superó la duración máxima de almacenamiento que se aconseja antes del análisis.

3.6.9. Parámetros para el análisis de las muestras de agua de riego de acuerdo a los métodos de evaluación

3.6.10. Análisis físicos del agua de riego

- La Conductividad Eléctrica (CE) este análisis se realizó a través del método SM 2510 B/02 utilizando un conductímetro el cual se calibró para que registre las unidades de medición, el mismo que proporcionó una medida directa por lo tanto se reporta el valor y la temperatura de la conductividad en unidades expresadas en microSiemens/centímetro µS/cm.

- Turbidez (T) se determinó con la ayuda de un turbidímetro ya calibrado, por el método SM 2130 B/22 por lo cual se tuvo que esperar a que las 2 muestras que fueron tomadas en el punto de captación y reservorio 3 estén a temperatura ambiente posterior a esto se agitaron las muestras para homogenizar la suspensión y se adiciona cuidadosamente en una celda perfectamente limpia de tal manera que no forme burbujas, después se coloca la celda con muestra en un portaceldas para realizar la lectura, este es un método fotométrico que utiliza la luz solar seguida o una fuente de lámpara artificial para establecer los niveles de turbidez.

- Los sólidos disueltos totales (SDT) representaron el conjunto de minerales, sales y metales disueltos del agua. Se determinó mediante el método SM 2510 B/02 agitando las muestras invirtiendo los recipientes varias veces, luego se transfiere rápidamente a una probeta y esta se transfiere sobre el filtro de fibra de vidrio, se registra el volumen en el formato de captura de datos y continuamos con succión durante aproximadamente 3 minutos después de que la filtración esté completa para retirar el exceso de humedad del filtro, evaporando independientemente las muestras de agua y pesando los residuos secos restantes, mediante un medidor de TDS que proporcionó una lectura directa, expresado en mg/l.

3.6.11. Análisis químicos del agua de riego

- El Potencial de Hidrógeno (pH) mostró la acidez o alcalinidad en el agua,

utilizando un medidor de pH (potenciómetro), mediante el método SM 4500 H+B/01 que determino una lectura directa del pH en una escala de 0 a 14.

- La dureza total (DT) esta variable se determinó en cada una de las muestras como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio expresado como carbonato de calcio en mg/l. Se utilizó el método SM 2340 B, C/19 titulométrico, el cual se basa en la capacidad que tiene la sal sódica del ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) para formar complejos de quelato solubles al añadirse a soluciones de algunos cationes metálicos.

- La dureza cálcica y magnésica (DCaMg) se determinaron mediante el método SM 2340 B, C/19 separando y cuantificando los iones de calcio y magnesio, mediante titulación o espectrometría de absorción atómica.

- Los sulfatos (SO4) se analizó mediante el método EPA 9038/11 con el cual se pudo determinar mediante la espectrofotometría de absorción atómica a 420 nm la separación y cuantificación de los iones sulfato mediante una curva de calibración, obteniendo datos que serán expresados en mg/l.

- Los nitratos (NO3) se determinó por el método HACH 8039/17 utilizando una configuración de flujo continuo por medio de la espectrofotometría de absorción atómica. Esto se basa en la reducción de nitratos a nitritos, utilizando una columna de cobre, los cuales reaccionan con sulfanilamida y N-1-naftiletilendiamina para dar un compuesto azoico cuya absorbancia se midió a 220 nm, y se expresó en mg/l.

- El hierro (Fe) pudo ser analizado mediante el método SM 3030 B, 3111 B/33 el cual es un método colorimétrico, que detecta la presencia y la concentración de hierro en el agua.

- El cromo hexavalente (Cr+6) se pudo determinar mediante el método SM 5220 D, 3500-Cr/37 por medio de la espectrometría de absorción atómica, calibrando y verificando la curva de calibración, para la determinación se debe transferir 50 ml de muestra (previamente filtrada si la muestra lo amerita) a un vaso de precipitados de 100 ml, adicionarle 0.5 ml de ácido

sulfúrico y agitar para mezclar bien, se añadió 1 ml de solución de difenilcarbazida, se agita y dejar reposar 5 a 10 minutos para desarrollar color, luego se prepara y analiza un blanco de reactivos con agua, luego leer de 5 a 10 minutos en espectrofotómetro a 540 nm con celdas de 5 cm de paso óptico el cual nos da un resultado de absorbancia que es proporcional a la concentración del cromo en la muestras, expresada en mg/l.

- El cobre (Cu) fue analizado por el método SM 3030 B, 3111 B/33 mediante espectrometría de absorción atómica (EAA) de llama de aire - acetileno por aspiración directa. En matraces aforados de 25 ml, se adicionan 2.5 ml de 4CBTSC (4-carboxibenzaldehido) disuelta en DMF (N, N-dimetilformamida), 7.5 ml de disolución reguladora de pH 7.0 y diferentes alícuotas de las muestras cuyo contenido de ión Cu no debe ser mayor de 3 μgmL^{-1}, se adiciona agua desionizada hasta enrase. Las absorbancias se miden a 357 nm entre 20 y 40 min, luego se aforan las muestras, frente a un blanco reactivo. Este método tiene una sensibilidad de 0,1 mg/l o menor y un rango óptimo de concentración de 0,2 a 10 mg/l de Cu., que proporciona una medida precisa de la concentración de estos metales del agua.

- El zinc (Zn) fue analizado por el método SM 3030 B, 3111 B/33 mediante espectrometría de absorción atómica (EAA) de llama de aire - acetileno por aspiración directa. Para la determinación de Zn en la muestra se pesan 0,5 g de Polvo Farm X, se disuelven con 1,50 mL de HCl (ácido clorhídrico) 6 mol L^{-1} y se lleva a volumen en matraz aforado de 1000 ml. De ésta solución se toman 2,00 ml y se introducen en la cubeta del espectrofotómetro, se agregan 0,50 ml de solución reguladora y 0,10 ml del indicador. Se comienza a titular agregando desde la micropipeta solución de EDTA en cantidad equivalente al 70% de la cantidad requerida. Se cubre la cubeta con un film, Parafilm M, y se agita manualmente por 10 segundos, se realiza la lectura espectrofotométrica de absorbancia a 414 nm. Se continúa la titulación agregando cada vez volúmenes de 15 ml y agitando después de cada adición hasta viraje del indicador y algunos ml en exceso para

completar la curva de titulación. Este método tiene una sensibilidad de 0,02 mg/l o menor y un rango óptimo de concentración de 0,05 a 2 mg/l de Zn.

- La demanda química de oxígeno (DQO) se determinó mediante el método SM 5220 D/07 que es por titulación tras una digestión química de la muestra preparando estándares, controles de concentración bajo y alto, se preparó blancos, luego se tomó 2.5 ml de agua ultrapura el cual adicionamos en un tubo de digestión, se adiciona 1.5 ml de solución de digestión y 3.5 ml de ácido sulfúrico dispensando cuidadosamente por la pared del tubo de digestión para evitar una reacción violenta, se tapa herméticamente y se agita con cuidado, se colocó a digerir los blancos en el microdigestor precalentado a 150 ºC y se deja en digestión por 2 horas después de este tiempo sacamos los tubos en una gradilla y se deja enfriar a temperatura ambiente, posterior a ello los datos obtenidos se expresó en mg O2/l.

3.6.12. Análisis microbiológicos del agua de riego

- Los Coliformes Totales (CT) son un grupo de bacterias que se manejan como indicadores de la eficacia microbiológica en el agua, se detectaron y cuantificaron por el método SM 9222 B/28 mediante filtración en membrana y métodos de cultivo en placa y esto se expresa en NMP/100 ml.

- ***Escherichia coli (E. coli)*** es la bacteria específica que indica la contaminación fecal, determinado por el método SM 9222 B H/30 esta se detectó y cuantificó mediante métodos similares a los utilizados para los coliformes totales, a partir de los tubos positivos de caldo EC, los cuales se siembran por agotamiento en medios selectivos y diferenciales, posteriormente se realizó las pruebas bioquímicas básicas (IMViC) a las colonias típicas, expresado en NMP/100 ml.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de resultados de los análisis de agua

4.1.1. Análisis físicos del agua de riego

4.1.2. Conductividad eléctrica

Es un parámetro que evalúa la capacidad del agua para conducir electricidad, y esto guarda una estrecha relación con la presencia de iones en el agua.

Tabla 4

Parámetro	**Reservorio N°3**	**Canal de Riego**	**Criterio de Calidad**
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	114.5 uS/cm	73.8 uS/cm	3000 uS/cm
Incertidumbre (%)	±8%	±8%	

Nota: uS/cm: Microsiemens por centímetro, una unidad de conductividad eléctrica.

Análisis e interpretación:

El análisis de la conductividad eléctrica del agua realizado por AQLAP es esencial para determinar la cantidad de sales disueltas, crucial para los sistemas de riego. En el reservorio número 3 de la parroquia Santiago, donde se encontró una conductividad de 114.5 uS/cm con una incertidumbre del ±8%, lo que indica un nivel moderado de sales disueltas. Este nivel puede influir en la eficacia del riego y la salud de las plantas, por lo tanto, este debe ser monitoreado frecuentemente para prevenir problemas.

Estos resultados representan una instantánea en el tiempo y la disposición del agua, ya que puede cambiar debido a elementos ambientales y humanos. La calidad de esta influye directamente en la calidad de vida local, por lo que se debe mantener un monitoreo regular para asegurar que los parámetros de estos términos se

mantengan aceptables. En resumen, la aptitud del agua en el reservorio número 3 y el canal de riego de la parroquia Santiago son adecuadas en términos de conductividad eléctrica, pero es esencial continuar con los análisis regulares para mantener esta calidad.

4.1.3. Turbidez

La turbidez es una medida de la luminosidad del agua y se trae como un indicador de la eficacia del agua. Se mide en unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Los valores más altos indican mayor turbidez y, por lo tanto, una menor claridad del agua.

Tabla 5

Ubicación de la muestra	Turbidez (NTU)	Criterio de Calidad
Reservorio Número 3	6.13 NTU	100 NTU
Canal de Riego	<1.00 NTU	
Incertidumbre	±10%	

Análisis e interpretación:

Con base a los resultados de los análisis obtenidos por el laboratorio AQLAP, en el reservorio número 3 de la locación de la parroquia Santiago, la turbidez fue de 6.13 NTU, mientras que, en el canal de riego, la turbidez fue inferior a 1,00 NTU. Esto indica una mayor cantidad de partículas suspendidas en el agua del reservorio en cotejo con el agua del canal del riego.

La tabla 5 muestra las medidas de turbidez en dos ubicaciones de muestreo, el reservorio número 3 y el canal de riego en la locación de la parroquia Santiago. La turbidez en el reservorio 3 demuestra la disposición de la iluminación del agua, y valores más altos indican una menor claridad, por ende, este fue de 6.13 NTU, lo que indica una mayor cantidad de partículas suspendidas en comparación con el canal de riego. En el canal de riego la turbidez fue inferior a 1,00 NTU. Esta diferencia puede sugerir una variación en la calidad del agua entre las dos ubicaciones, lo que puede ser motivo de una investigación más a fondo. Es esencial

continuar monitoreando la turbidez para mantener la eficacia del agua.

Esta turbidez puede ser causada por una diversidad de partículas suspendidas, conteniendo sedimentos, algas, microorganismos y desechos orgánicos. Estos contaminantes pueden tener una serie de fuentes, incluyendo la erosión del suelo, las descargas de aguas excedentes y la escorrentía agrícola. El nivel más alto de turbidez en el reservorio puede sugerir una mayor cantidad de estas partículas suspendidas, lo que podría ser indicativo de una mayor contaminación del agua.

El valor de turbidez en el canal de riego fue bastante bajo debido a que el agua está relativamente clara y libre de partículas suspendidas, lo que es una señal positiva para la eficacia del agua en este lugar. Es importante tener en cuenta que la turbidez no solo afecta a la calidad del agua, sino también a la vida acuática. La alta turbidez puede bloquear esta luz solar, lo que puede afectar a la vida acuática y a los microorganismos que dependen de la fotosíntesis.

4.1.4. Los sólidos totales

Los sólidos totales desleídos (TDS) como una medida del conjunto total de sustancias disueltas en el agua, incluye cualquier sal mineral, metal o sal inorgánica que esté presente en el agua y pueda ser filtrada.

Tabla 6

Ubicación de la muestra	Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	Criterio de Calidad
Reservorio Número 3	75.9 mg/L	130 mg/L
Canal de Riego	49.0 mg/L	
Incertidumbre	±8%	

Análisis e interpretación:

Las lecturas de TDS de las muestras tomadas del reservorio número 3 y del canal de riego en la locación de la parroquia Santiago fueron de 75,9 mg/L y 49,0 mg/L, individualmente. Estos valores demuestran que están dentro de estos límites aceptables para la mayoría de las rutinas del agua, incluyendo del riego y la vida

acuática.

El contenido de TDS en el agua es un indicador de la aptitud general del agua. Un nivel alto de TDS indicaría el aspecto de contaminantes potencialmente dañinos, mientras que un nivel bajo puede indicar agua pura. En el contexto de la agricultura, el nivel de TDS puede afectar la capacidad de plantas para absorber agua. Los niveles altos de TDS pueden provocar la conservación de agua en el suelo, lo que puede llevar a la deshidratación de las plantas, además, indican la presencia de sales dañinas que pueden afectar el incremento de las plantas. Por otro lado, las alturas bajas de TDS indican una baja concentración de sales.

La tabla muestra las medidas de los sólidos totales disueltos (TDS) en dos ubicaciones diferentes. Las lecturas de TDS de las muestras tomadas del reservorio número 3 y del canal de riego en la locación de la parroquia Santiago fueron de 75,9 mg/L y 49,0 mg/L, correspondientemente, lo que indica que estas aguas están dentro de los límites aceptables para la mayoría de las modas del agua, incluyendo el riego y la vida acuática.

4.1.5. Análisis Químicos del agua de riego

4.1.6. El potencial hidrógeno

Se trata de un valor utilizado con el objetivo de medir la alcalinidad (base) o acidez de una determinada sustancia, indicando el porcentaje de hidrógeno que encontramos en ella, midiendo la cantidad de iones ácidos (H+).

Tabla 7

Ubicación de la muestra	***pH***	**Criterio de Calidad**
Reservorio Número 3	7.39	6 - 9
Canal de Riego	7.44	6 – 9
Incertidumbre	±0,05%	

Análisis e interpretación:

La tabla muestra las medidas del *pH* tomadas en dos ubicaciones diferentes. Las

muestras del reservorio número 3 y del canal de riego en la locación de la parroquia Santiago mostraron un *pH* de 7.39 y 7.44 respectivamente, este hallazgo indica que estas aguas son neutras y que, por lo tanto, son consideradas seguras para el consumo humano, el riego y la proliferación de vida acuática. No obstante, es esencial tener en cuenta que el pH es solo uno de los muchos parámetros que se evalúan en la calidad del agua, y la presencia de otros contaminantes aún debe ser considerada.

Es importante destacar que, aunque un pH neutro es un indicador positivo en términos de calidad del agua, no puede considerarse por sí solo como una garantía de que el agua esté libre de contaminantes; para detectar la presencia de contaminantes específicos en el agua, se requiere realizar otras pruebas y análisis, y que la medición del pH proporciona una visión general de las condiciones químicas del agua, pero es solo una parte integral de la evaluación de la calidad del agua.

4.1.7. Dureza total del agua

Es determinada principalmente en función del calcio (Ca2+) y magnesio (Mg2+) presentes en el agua. Las variaciones en este parámetro pueden tener un impacto significativo en la eficacia del riego y la salud de las plantas, ya que su dureza es un factor crítico en este sentido, ya que puede influir tanto en la disponibilidad de nutrientes.

Tabla 8

Parámetro	**Reservorio N°3**	**Canal de Riego**	**Criterio de Calidad**
Dureza Total del Agua (mg/L de CaCO3)	94.12 mg/L	54.90 mg/L	500 mg/L

Nota: mg/L de *CaCO3*: miligramos por litro de carbonato de calcio, una unidad de medida común para la dureza del agua.

Análisis e interpretación:

Este análisis es relevante para evaluar la capacidad del agua para crear depósitos o interferir con la eficacia de los detergentes. En el caso del reservorio número 3 en la zona de la Parroquia Santiago, los resultados del análisis de dureza total indicaron un valor de 94.12 mg/L de carbonato de calcio (CaCO3). Este valor se clasifica como una dureza moderada, lo que sugiere que el agua puede generar ciertos depósitos en los sistemas de riego, pero es poco probable que cause problemas significativos en este aspecto.

Es fundamental tener en cuenta que la dureza del agua también puede influir en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, por lo que es un factor importante a considerar en la agricultura de riego. En este contexto, una dureza moderada puede ser beneficiosa, ya que aporta calcio y magnesio, dos nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. En el análisis del agua del canal de riego en la zona de la Parroquia Santiago, se registró una dureza total de 54.90 mg/L de carbonato de calcio (CaCO3). Este valor indica una dureza que va desde suave hasta moderada, lo cual es ideal para una variedad de aplicaciones, incluyendo el riego agrícola.

Es importante tener en cuenta que, aunque los resultados de la dureza total son alentadores, este es solo uno de los muchos parámetros que se deben considerar al valorar la calidad del agua. Además, estos efectos son instantáneas de calidad del agua en el momento de la toma de muestras y pueden variar con el tiempo.

En el caso específico de los análisis realizados en el reservorio número 3 y el canal de riego de la locación de la parroquia Santiago, los resultados indican que la calidad del agua en términos de dureza total es adecuada. No obstante, es imperativo llevar a cabo análisis periódicos para asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los límites seguros y óptimos para el riego agrícola.

4.1.8. Dureza cálcica

Es la que posee una mayor concentración de sales de magnesio y calcio. De forma natural, el agua corriente contiene estos minerales diluidos, aunque su alta o baja presencia determina si el agua es calcificada o de tipo blando.

Tabla 9

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego
Dureza Cálcica (mg/L de CaCO3)	68.00 mg/L	30.00 mg/L

Nota: mg/L de *CaCO3*: miligramos por medida de carbonato de calcio, una unidad de medida común para la dureza del agua.

Análisis e interpretación:

En el reservorio número 3 de la locación de la parroquia Santiago, se ha medido la dureza cálcica y se ha obtenido un valor de 68.00 mg/L de carbonato de calcio (CaCO3). Este valor indica una concentración significativa, lo cual puede ser beneficioso para el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que este nutriente es esencial para ellas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que un nivel elevado de dureza cálcica también puede sugerir la posibilidad de formación de incrustaciones en los sistemas de riego, aunque este riesgo puede variar según otros factores, como la presencia de iones bicarbonato. En este caso, el nivel de dureza cálcica no es excesivamente alto, lo que sugiere que el riesgo de incrustaciones y capacidad de interacción con otros compuestos químicos podría ser moderado.

En cuanto a la muestra del agua del tubo de riego de la locación de la parroquia Santiago, la dureza cálcica fue de 30.00 mg/L de CaCO3. Este nivel más bajo sugiere una menor concentración de iones de calcio, lo que puede reducir aún más el riesgo de formación de incrustaciones. Al mismo tiempo, este nivel más bajo de dureza cálcica todavía proporciona una cantidad significativa de calcio para las plantas, lo cual es beneficioso. La disponibilidad de calcio es especialmente importante para el desarrollo de las raíces y la formación de paredes celulares.

Es fundamental tener en cuenta que los resultados de la dureza cálcica representan una instantánea de la calidad del agua en el momento de la toma de muestras y pueden estar sujetos a cambios con el tiempo, por lo tanto, es esencial llevar a cabo un monitoreo regular de la calidad del agua para obtener una comprensión completa de su calidad a lo largo del tiempo.

4.1.9. Dureza magnésica

El análisis de la dureza magnésica, realizado por AQLAP, proporciona información sobre la concentración de iones de magnesio en el agua y se expresa en términos de carbonato de calcio (CaCO3), aunque el magnesio es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, su exceso en el agua puede contribuir a la dureza del agua y potencialmente causar problemas como la formación de incrustaciones en los sistemas de riego, por lo tanto, es importante evaluar la concentración de dureza magnésica para determinar su impacto en la calidad del agua utilizada para riego.

Tabla 10

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego
Dureza Magnésica (mg/L de CaCO3)	26.12 mg/L	24.90 mg/L

Nota: mg/L de CaCO3: miligramos por litro de carbonato de calcio, una unidad de medida común para la dureza del agua.

Análisis e interpretación:

Para la primera muestra tomada del reservorio número 3 de la parroquia Santiago, el análisis mostró una dureza magnésica de 26,12 mg/L de *CaCO3*, esta cantidad indica una presencia significativa de magnesio en el agua. Si bien esto puede ser beneficioso para las plantas, también puede representar un riesgo de incrustaciones en los equipos de riego, aunque este riesgo puede ser moderado dada la concentración obtenida, ya que, el nivel de dureza magnésica es un factor importante que puede influir en la calidad del agua utilizada para el riego y su interacción con los suelos y las plantas. Mantener un equilibrio adecuado de magnesio en el agua es esencial para promover un desarrollo saludable de las plantas, ya que este elemento desempeña un papel crucial en procesos como la fotosíntesis y la formación de clorofila, por lo tanto, es importante considerar el nivel de dureza magnésica al evaluar la calidad del agua utilizada en la agricultura y el riego.

Por otro lado, la segunda muestra obtenida del agua del canal de riego en la

parroquia Santiago, reveló una concentración de dureza magnésica de 24,90 mg/L de CaCO3, este valor es muy cercano al obtenido en la primera muestra, lo que indica una consistencia en la calidad del agua en diferentes puntos del sistema de riego, lo cual lo hace relevante al señalar que aunque el magnesio es un elemento esencial para las plantas, un exceso de este elemento puede interferir con la disponibilidad de otros nutrientes cruciales, como el calcio y el potasio, por lo tanto, mantener un equilibrio adecuado es fundamental para promover el crecimiento saludable de las plantas.

También es importante tener en cuenta que estos resultados representan un punto específico en el tiempo en cuanto a la calidad del agua en el momento de la recolección de muestras ya que, los niveles de dureza magnésica pueden variar debido a una variedad de factores, por lo que es esencial llevar a cabo un monitoreo constante.

4.1.10. Los sulfatos

Están presentes en aguas naturales, debido a que es uno de los principales constituyentes de la corteza terrestre exterior, además, provienen de la descomposición del material orgánico, efluentes derivados de las actividades agrícolas, industriales y mineras.

Tabla 11

Ubicación de la muestra	Sulfatos (mg/L)	Criterio de Calidad
Reservorio Número 3	<20.00 mg/L	250 mg/L
Canal de Riego	<20.00 mg/L	250 mg/L
Incertidumbre	±19%	

Análisis e interpretación:

Los datos en la tabla representan los niveles de sulfatos en dos ubicaciones diferentes, el reservorio número 3 y el canal de riego en la parroquia Santiago, ambos registraron niveles de sulfatos por debajo de 20,00 mg/L, muy por debajo del límite recomendado de 250 mg/L propuesto por la EPA. Los bajos niveles de

sulfatos son beneficiosos para la salud humana, la vida acuática, el riego y el mantenimiento de la infraestructura hídrica, sin embargo, es importante seguir monitoreando regularmente estos niveles, ya que pueden variar con el tiempo y en puesto de las actividades humanas en la región.

El aspecto de sulfatos en el agua puede impresionar tanto a la calidad del agua como a su uso en altas concentraciones, los sulfatos pueden darle un sabor amargo al agua y pueden tener efectos laxantes en humanos y animales. En la agricultura, niveles altos de sal en el agua de riego logran afectar la disponibilidad de ciertos nutrientes para las plantas, además, los sulfatos pueden contribuir a la corrosión de las tuberías y equipos de agua, especialmente cuando están presentes junto con entradas de concentraciones de cloruro y magnesio, por lo tanto, las alturas bajas de sulfatos encontrados en estas muestras de agua son beneficiosos para la conservación de la infraestructura hídrica.

4.1.11. Los nitratos

Los nitratos son una parte esencial de la ecología de las aguas, pues son un nutriente esencial para las plantas, sin embargo, los niveles elevados de nitratos en las aguas pueden ser un problema ya que pueden llevar a la eutrofización y la proliferación de algas, lo que puede ser perjudicial para los ambientes acuáticos y la calidad del agua.

Tabla 12

Ubicación de la muestra	Concentración de Nitratos (mg/L)	Criterio de Calidad
Reservorio Número 3	<1.00 mg/L	1,0 mg/L
Canal de Riego	<1.00 mg/L	1,0 mg/L

Análisis e interpretación:

La tabla muestra la reunión de nitratos, medida en mg/L, en dos ubicaciones de muestreo diferentes, los niveles de nitratos en ambas muestras estuvieron por debajo de 1.00 mg/L, lo cual está dentro de los límites seguros y no representan una

preocupación para la eutrofización ni para la salud humana y animal.

Las muestras tomadas del reservorio número 3 y del canal de riego en la locación de la parroquia Santiago arrojaron niveles de nitratos menores a 1,00 mg/L, esto es positivo, pues indica que el agua está por debajo del límite de preocupación para los nitratos, dicha concentración indica que es poco probable que el agua contribuya a problemas de eutrofización o a una proliferación excesiva de algas.

4.1.12. El hierro

El hierro es uno de los componentes químicos que se evalúa en un análisis del agua debido a su capacidad para influir en la calidad del agua y su idoneidad para diversos usos. Aunque es necesario en pequeñas cantidades para la salud humana y el crecimiento de las plantas, niveles elevados pueden dar lugar a un sabor metálico en el agua y causar la coloración de los sedimentos y las incrustaciones.

Tabla 13

Ubicación de la muestra	**Concentración de Hierro (mg/L)**	**Criterio de Calidad**
Reservorio Número 3	<0.20 mg/L	5,0 mg/L
Canal de Riego	<0.20 mg/L	5,0 mg/L
Incertidumbre	±26%	

Nota: La tabla muestra la concentración de hierro, medida en mg/L, para dos ubicaciones de muestra diferentes.

Análisis e interpretación:

Las concentraciones de hierro en ambas muestras estuvieron por debajo de 0.20 mg/L, lo cual está muy por debajo del término de 5.0 mg/L determinado por las directrices de calidad del agua.

Las mediciones realizadas muestran que los niveles de hierro en el agua están significativamente por debajo del umbral de 0,20 mg/L, lo cual es considerablemente inferior al límite máximo permitido de 5,0 mg/L establecido en

las normativas de calidad del agua, este hallazgo es prometedor, indicando que el agua de estas regiones es adecuada para uso en riego, en términos de su contenido de hierro, además, la escasa incidencia en las muestras de agua sugiere una baja probabilidad de enfrentar problemas estéticos típicamente asociados con altos niveles de hierro, como pueden ser las manchas rojizas en tuberías y sistemas de riego, esto representa una ventaja al reducir potencialmente los gastos de mantenimiento relacionados con tales inconvenientes, sin embargo, es crucial tener en cuenta que la calidad del agua podría variar con el tiempo y las condiciones ambientales cambiantes, por lo que es esencial continuar con un seguimiento constante para garantizar que la calidad del agua se mantenga.

4.1.13. El zinc

Si bien es un elemento esencial para las plantas en altas concentraciones el zinc puede ser calificado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y fertilidad del suelo.

Tabla 14

Ubicación de la muestra	Zinc (mg/L)	Calidad de Zinc
Reservorio Número 3	<0.10 mg/L	2,0 mg/L
Canal de Riego	<0.10 mg/L	2,0 mg/L
Incertidumbre	±21%	

Análisis e interpretación:

Según los datos proporcionados, las concentraciones de zinc en ambas muestras de agua (del reservorio número 3 y del canal de riego) en la parroquia Santiago fueron inferiores a 0,10 mg/L, muy por debajo del límite de 2,0 mg/L, lo que indica que las fuentes de agua están relativamente libres de contaminación por zinc.

La tabla muestra los niveles de zinc en dos ubicaciones de muestreo diferentes, el reservorio número 3 y el canal de riego en la parroquia Santiago, ambas ubicaciones registraron niveles de zinc inferiores a 0.10 mg/L, muy por debajo del límite recomendado de 2.0 mg/L. La escasez de zinc en el agua sugiere que está

considerablemente libre de contaminación por este metal, lo que resulta favorable tanto para la salud humana como para los organismos acuáticos.

4.1.14. Cromo hexavalente

Se encuentra en grandes cantidades en el aire, el agua, la tierra y los alimentos. Los compuestos de cromo hexavalente son un grupo de sustancias químicas que tiene propiedades beneficiosas, como resistencia a la corrosión, durabilidad y dureza. En los ambientes acuáticos está presente predominantemente en una forma soluble.

Tabla 15

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego	Criterio de Calidad
Cromo hexavalente (mg/L)	Menor a 0.05 mg/L	Menor a 0.05 mg/L	0,1 mg/L
Incertidumbre (%)	±17%	±17%	

Nota: mg/L: Miligramos por litro.

Análisis e interpretación:

El análisis de cromo hexavalente realizado por AQLAP en el reservorio número 3 y el canal de riego de la parroquia Santiago es vital para valorar la calidad del agua, en ambos casos; se encontró una concentración de menos de 0.05 mg/L, con una incertidumbre del ±17%, este nivel bajo es positivo, considerando que altas concentraciones de cromo hexavalente pueden ser dañinas para la salud humana y los ecosistemas acuáticos, a pesar de la incertidumbre del ±17%, que implica que la concentración real podría variar ligeramente, los resultados están por debajo del límite permitido y sugieren que el agua es segura en términos de cromo hexavalente, esto es fundamental para la seguridad en el agua utilizada del riego.

Resulta crucial tener presente que el cromo hexavalente constituye apenas uno de los múltiples factores relevantes en la evaluación de la calidad del agua, a pesar de que los hallazgos actuales son positivos, es imprescindible analizar otros indicadores para obtener una valoración integral.

4.1.15. Concentración de cobre

La evaluación de la cantidad de cobre en el agua, es de gran importancia dado que altos niveles de este metal pueden ser nocivos para la salud humana y el ambiente, mientras que, en cantidades apropiadas, es un nutriente vital para el crecimiento vegetal.

Tabla 16

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego	Criterio de Calidad
Concentración de Cobre (mg/L)	<0.22 mg/L	<0.22 mg/L	0,2 mg/L
Incertidumbre (%)	±24%	±24%	

Nota: mg/L: miligramos por litro, una unidad de concentración.

Análisis e interpretación:

En el caso específico del reservorio número 3 de la ubicación la parroquia Santiago, el resultado reveló una concentración de cobre inferior a 0.22 mg/L, con una variabilidad estimada en ±24%, este hallazgo indica que la cantidad de cobre presente en el agua de dicho reservorio es relativamente baja, lo cual es un indicativo favorable.

No obstante, es relevante recordar que la incertidumbre de ±24% significa que los resultados reales podrían variar dentro de este rango, por lo tanto, aunque la concentración de cobre reportada es baja, el valor real podría ser ligeramente mayor o menor. El análisis el agua del tubo de riego de la parroquia Santiago también mostró una concentración de cobre de menos de 0.22 mg/L, con la misma incertidumbre del ±24%, esto es alentador, ya que indica que el agua manejada para el riego también posee una baja concentración de cobre.

La cuestión de la incertidumbre, que es de ±24% en este contexto, debe ser tenida en cuenta igualmente, aunque el valor registrado es bajo, la concentración real de cobre podría variar, siendo un poco más alta o más baja debido a esta incertidumbre,

es crucial subrayar que el cobre representa solo uno entre muchos indicadores críticos en la evaluación de la calidad del agua, a pesar de que los resultados obtenidos para este parámetro son alentadores, es esencial considerar los resultados de otros indicadores para tener una comprensión completa de la calidad del agua en su conjunto.

No obstante, es de suma importancia continuar con evaluaciones periódicas para asegurarse de que la calidad del agua permanezca dentro de los estándares de seguridad.

4.1.16. Demanda química de oxígeno

Es un parámetro de calidad del agua, utilizado para evaluar el contenido de materia que puede ser oxidada por un oxidante químico, generalmente dicromato potásico en medio ácido.

Tabla 17

Parámetro	**Reservorio N°3**	**Canal de Riego**	**Criterio de Calidad**
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	<2,5 mg/L	<2,5 mg/L	2,5 mg/L
Incertidumbre (%)	±16%	±16%	

Nota: mg/L: miligramos por litro, una unidad de concentración.

Análisis e interpretación:

En el reservorio número 3 de la parroquia Santiago, los resultados mostraron una DQO de menos de 25 mg/L, con una variabilidad posible de ±16%, esto implica que la concentración de material orgánico en el agua de este reservorio parece ser reducida, un aspecto positivo para la calidad del agua.

No obstante, es vital tener en cuenta que la incertidumbre del ±16% implica que la cifra real podría oscilar dentro de este margen, por lo tanto, a pesar de que la DQO

reportada es baja, su valor exacto podría ser algo mayor o menor, de manera similar, el análisis del agua del canal de riego en la misma locación también registró una DQO de menos de 25 mg/L, con la misma incertidumbre del ±16%, este dato es esperanzador, ya que sugiere que el agua utilizada para riego también posee una baja demanda química de oxígeno.

Es esencial considerar esta incertidumbre en la evaluación, aunque los valores registrados son bajos, la DQO real podría diferir ligeramente debido a esta variabilidad del ±16%. La evaluación realizada por AQLAP de la demanda química de oxígeno (DQO) es un indicador clave del contenido de material orgánico en el agua, ya que determina el oxígeno total requerido para oxidar dicho material, los niveles elevados de DQO pueden señalar una alta presencia de contaminantes orgánicos.

En síntesis, los resultados obtenidos indican que la calidad del agua en el reservorio número 3 y en el canal de riego de la parroquia Santiago es favorable respecto a la demanda química de oxígeno.

4.1.17. Análisis microbiológicos del agua de riego

4.1.18. Coliformes totales

Son microorganismos que se pueden encontrar en el ambiente, aunque su presencia no indica necesariamente contaminación fecal, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias (agua superficial, sistema séptico, desechos animales, etc.)

Tabla 18

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego	Criterio de Calidad
Coliformes totales (ufc/100ml)	Menor a 2 ufc/100ml	Menor a 2 ufc/100ml	1000 ufc/100ml
Incertidumbre (%)	±29%	±29%	

Nota: Es importante tener en cuenta que los valores de la media, la asimetría y el coeficiente de

variación no pueden ser determinados con la información proporcionada. Tampoco es posible calcular los porcentajes a partir de esta información, ya que no se proporciona un total del cual los valores puedan ser una proporción.

Análisis e interpretación:

La evaluación de AQLAP sobre los aspectos físicos, químicos y microbiológicos proporciona una visión esencial de la calidad del agua en el canal de riego y el reservorio número 3 de la parroquia Santiago, tiene un enfoque particular en los coliformes totales, que son un indicador crítico de la calidad del agua, los resultados indican una mínima posibilidad de contaminación fecal, esto tiene implicaciones positivas tanto para la salud humana como para la eficiencia en la producción agrícola.

En el reservorio número 3, se detectó que el nivel de coliformes totales era menor a 2 unidades formadoras de colonias (ufc) por 100 mililitros, aunque con una incertidumbre del ±29%. A pesar de esta variabilidad, el bajo nivel registrado es un indicador favorable de la calidad microbiológica del agua, de manera similar, en el canal de riego, se observó que los coliformes totales también estaban por debajo de 2 ufc/100 ml, lo que sugiere una buena calidad del agua.

Es importante reconocer que, aunque estos resultados son positivos, representan únicamente la situación en el momento específico de la toma de muestras, esta condición puede cambiar debido a influencias ambientales y actividades humanas, haciendo esencial un monitoreo continuo. Estos análisis indican que la calidad del agua en ambas locaciones es buena respecto a los coliformes totales, pero es necesario considerar otros parámetros para mantener preservación de esta calidad.

4.1.19. Escherichia coli (E. coli)

Es una bacteria que se encuentra en los intestinos de las personas y los animales, en el medioambiente y, a veces, también en los alimentos y el agua sin tratar.

Tabla 19

Ubicación de la muestra	Unidades Formadoras de Colonias (UFC) de E. coli por 100mL	Criterio de Calidad
Reservorio Número 3	<2 ufc/100ml	1000 ufc/100ml
Canal de Riego	<2 ufc/100ml	

Nota: La tabla muestra el recuento de ***E. coli***, medido en unidades creadoras de colonias (UFC) por 100mL de agua, para dos ubicaciones de muestra diferentes.

Análisis e interpretación:

El análisis de ***Escherichia coli (E. coli)*** es crucial para valorar la calidad del agua, siendo un indicador de corrupción fecal y presencia de patógenos intestinales peligrosos para humanos y animales. Un recuento de UFC de <2 indica que la presencia de ***E. coli*** en ambas muestras fue extremadamente baja, ya que, en las muestras analizadas, el nivel de ***E. coli*** fue menor a 2 ufc/100 mL, lo cual está dentro de los límites aceptables según normativas ecuatorianas e internacionales.

Este resultado positivo sugiere que el reservorio número 3 y el canal de riego de la parroquia Santiago probablemente no estén contaminados con materia fecal, lo que es beneficioso para el riego, pero se somete al riesgo de transmisión de enfermedades en bajo impacto. Cabe destacar que estos hallazgos representan un momento específico, y la calidad del agua puede cambiar con el tiempo por factores como el clima y la escorrentía superficial.

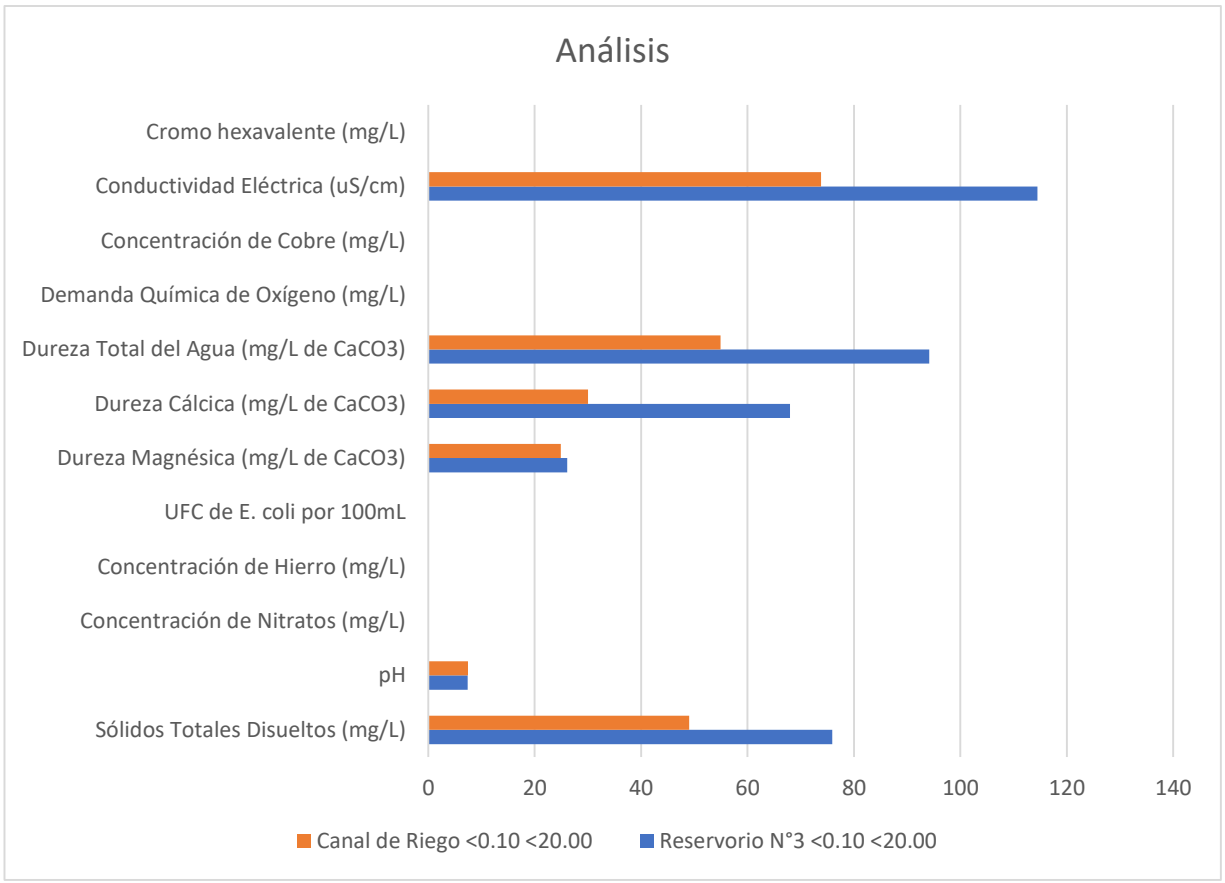
Tabla general

Tabla 20

Parámetro	Reservorio N°3	Canal de Riego
Zinc (mg/L)	<0.10 mg/L	<0.10 mg/L
Turbidez	6,13 NTU	<1.00 NTU
Sulfatos (mg/L)	<20.00 mg/L	<20.00 mg/L
Sólidos Totales Disueltos (mg/L)	75.9 mg/L	49 mg/L
Ph	7.39	7.44
Concentración de Nitratos (mg/L)	<1.00 mg/L	<1.00 mg/L
Concentración de Hierro (mg/L)	<0.20 mg/L	<0.20 mg/L
UFC de E. coli por 100Ml	<2 ufc/100ml	<2 ufc/100ml
Dureza Magnésica (mg/L de CaCO3)	26.12 mg/L	24.9 mg/L
Dureza Cálcica (mg/L de CaCO3)	68 mg/L	30 mg/L
Dureza Total del Agua (mg/L de CaCO3)	94.12 mg/L	54.9 mg/L
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	<25 mg/L	<25 mg/L
Concentración de Cobre (mg/L)	<0.22 mg/L	<0.22 mg/L
Conductividad Eléctrica (uS/cm)	114.5 uS/cm	73.8 uS/cm
Cromo hexavalente (mg/L)	Menor a 0.05 mg/L	Menor a 0.05 mg/L
Coliformes totales	<2 ufc/100ml	<2 ufc/100ml

Ilustración 2

Distribución de la muestra



CAPITULO V

5. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez concluida la investigación de acuerdo a la hipótesis planteada, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna siendo esta **H1:** Las características físicas, químicas y biológicas en disposición del agua para el sistema de riego y consumo humano en los transectos, dependerá de los sitios de muestreo.

En este contexto, las consecuencias de los análisis de agua de diferentes transectos y sitios revelan una consistencia en los parámetros claves para determinar la calidad de agua, ya que, en características como la turbidez, dureza, niveles microbiológicos, concentración de minerales indican la claridad del agua y el aspecto de partículas suspendidas, mostrando niveles similares a lo largo de los diferentes puntos de muestreo, pero no iguales. Esto sugiere que las fuentes contaminantes y fluctuación de resultados en este proceso, afectan proporcionalmente la pureza y condición del agua, las condiciones geológicas, la erosión del suelo, la escorrentía agrícola y la acción humana; estos con mínimas incidencias en toda el área estudiada.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El estudio de las diversas propiedades del agua, tanto en el reservorio N°3 como en el canal de riego de la parroquia Santiago, suministra una visión detallada de la calidad del agua en ambos lugares. Los resultados varían entre las dos ubicaciones, lo que indica diferentes condiciones y posibles fuentes de contaminación. En general, el agua en el canal de riego tiene una calidad superior, con niveles más bajos de turbidez, hierro, zinc, y dureza, así como una ausencia significativa de ***Echerichia coli.***

Los niveles de turbidez, en particular, reflejan una diferencia sustancial en el reservorio número 3, ya que muestra una turbidez considerablemente más alta en comparación del agua del canal de riego, lo que indica una mayor cantidad de partículas suspendidas. Estas partículas pueden provenir de una serie de fuentes, incluyendo la depresión del suelo, las descargas de aguas excedentes y la escorrentía campesina, lo que afecta a la eficacia general y a su capacidad para diversos usos.

Los niveles de dureza, calcio y magnesio también difieren significativamente entre las dos muestras; el agua del reservorio tiene niveles más altos, en comparación con el agua canal de riego. Esto afecta en el uso del agua para ciertos propósitos, como el riego, ya que esto afecta negativamente el suelo y la salud de las plantas. Finalmente, los niveles bajos de nitratos y sulfatos en ambas muestras son similares y alentadores, ya que, estos compuestos pueden ser dañinos para la salud humana y el medio ambiente en grandes concentraciones, sin embargo, es importante seguir monitorizando estos niveles para certificar que se mantengan dentro de límites seguros.

6.2. Recomendaciones

En cuanto a la investigación realizada en este estudio podemos dar las siguientes recomendaciones para mejoras del método de riego en la parroquia:

Implementar sistemas de filtración de agua con la finalidad de optimizar la calidad del agua en el canal de riego, que logre reducir eficazmente los contaminantes químicos y microbiológicos. Los filtros de arena, por ejemplo, pueden ser una solución asequible y eficaz, además, es posible la utilización de tecnologías más avanzadas como filtros de ósmosis inversa o de carbón activado, dependiendo del tipo de contaminantes presentes.

Monitorear regularmente el agua ya que, la frecuencia de las pruebas y el monitoreo deben incrementarse para identificar tempranamente cualquier variación en la disposición del agua, esto facilitará en la toma de decisiones oportunas a la implementación de medidas correctoras antes de que los problemas se vuelvan graves.

Educar y concientizar a la colectividad local sobre la importancia de proteger de los recursos hídricos, brindando cursos y talleres enfocados en enseñar prácticas sostenibles, como el correcto desecho de los residuos y la minimización del uso de productos químicos dañinos que puedan contaminar el agua.

Cooperar de manera intersectorial para lograr mejoras significativas comunales, se requiere un esfuerzo conjunto entre los distintos sectores involucrados, incluyendo la agricultura, la industria y las autoridades de gestión, con subactividades como, crear un diálogo constante y constructivo entre estos involucrados para que puedan llevar a cabo soluciones innovadoras y sostenibles para mejorar la calidad del agua.

BIBLIOGRAFÍA

Arrascue y Cotrina. (2021). *REPOSITORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA.* Obtenido de https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3828/52356.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Broncano, R. (2019). *ULADECH CATOLICA.* Obtenido de https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/14131?show=full

Baños, J. J., Bojórquez-Sánchez, C., Bergés-Tiznado, M. E., Páez-Osuna, F., & Torres-Rojas, Y. E. (2023). Concentración de oligoelementos metálicos (cobre y zinc) en músculo e hígado del cazón picudo del Atlántico (Rhizoprionodon terraenovae), capturado en el litoral de Campeche, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, *94*. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532023000100305&script=sci_arttext

Benítez, M., Abafos Rodríguez, A., Rodríguez Pérez, S., & Ramírez Vives, F. (2020). Co-digestión anaerobia de la fracción orgánica de residuos sólidos urbanos y su lixiviado. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *22*(2), 70-81.

Bernice Paola, G. T. (2022). *Evaluación de la calidad de agua para riego en unidades productivas agrícolas en el departamento de Sucre, Colombia* [Trabajo de grado - Maestría, Corporación Universidad de la Costa]. https://hdl.handle.net/1 1323/9226

Calero, A. (2017). *HANNA INSTRUMENTS.* Obtenido de https://www.hannacolombia.com/blog/post/115/guia-para-el-analisis-la-demanda-quimica-oxigeno-dqo

Castilla et al. (2021). Obtenido de https://www.scielo.cl/pdf/infotec/v32n1/0718-0764-infotec-32-01-113.pdf

Cardozo, I. J. (2020). *Validación de los métodos analíticos para la determinación volumétrica de dureza total y dureza cálcica en agua potable, natural y*

residual en el Laboratorio de Aguas de la Universidad de Córdoba. https://core.ac.uk/ download/pdf/336856949.pdf

Casillas, R. (2020). Migración internacional y cambio climático: Conexiones y desconexiones entre México y Centroamérica. *URVIO Revista Latinoamerican a de Estudios de Seguridad, 26*, 73-92.

Ccente, A. E., & Huayllani, I. N. (2021). eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno en la planta de tratamiento de aguas residuales de filtro percolador del distrito de paucará. https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4175

Celestino Espinoza, J. K. (2018). Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Lucma progresivas (1+000 al 2+000), del caserío de Lucma, Distrito de Tarica, Provincia de Huaraz, Departamento Áncash—2018. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. https://repositorio.ulade ch.edu.pe/handle/20.500.13032/5369

Cotrina Sánchez, Y. V., & Arrascue Barragan, C. A. (2021). Determinación de los niveles de mercurio, cadmio, aluminio y plomo en las aguas de riego del Fundo Santa Rosa – 2019. *Repositorio Institucional - UNS*. http://repositorio.uns. edu.pe/handle/UNS/3828

Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). *Algunas propiedades del suelo que condionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica*. EEA Bariloc he. https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/7709

Cuvi Vásquez, M. A., & Ruiz Hernández, D. A. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022.* http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8544

Cotrina, Y. (2021). Obtenido de https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/3828/52356.

pdf?sequence=1&isAllowed=y

Diaz, D. (2019). *ULADECH CATOLICA.* Obtenido de https://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/13818/CANAL_CONCRETO_LAZARO_DIAZ_DIEGO_ALFREDO.pdf?sequence=1

Escuela Politecnica Nacional. (2018). *Escuela Politécnica Nacional.* Obtenido de Escuela Politecnica Nacional

Espinoza, J. (2018). *ULADECH CATOLICA.* Obtenido de https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/5369

Enrique, E., Adriano, C. G., Suni, A. G., & Alfaro, D. C. (2021). Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú). *South Sustainability*, *2*(2), e036-e036.

Escandón, C. G., & Cáceres, M. E. (2022). *Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo* [B.S. thesis]. https://dspace.ups. edu.ec/handle/123456789/21649

Escobar-Arrieta, S., Albuja, A., & Andueza-Leal, F. D. (2021). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Colta. Chimborazo. Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, *11*(1), Article 1. https://doi.org/10.29166/revfig.v11i1.3135

Espana, I. T. G. de. (1996). *IV Simposio sobre el Agua en Andalucía: Almería, diciembre 1996*. IGME.

Estepa Guato, A. R. (2022). *Proyecto de acreditación del Departamento de Control de Calidad del Agua – EPMAPS en muestreo de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito*. http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/26530

Flores, J. C. (Septiembre de 2017). El zinc en las plantas. *Revista Ciencia*, 3. Obtenido de https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/68_3/PDF/zinc_pla

ntas.pdf

Ferragut, P., Goldenberg, F., Correa, C., & Gischler, C. (2022). *Hidrógeno verde y el potencial para Uruguay: Insumos para la elaboración de la Hoja de Ruta de Hidrógeno Verde de Uruguay*. https://policycommons.net/artifacts/3336695 /hidrogeno-verde-y-el-potencial-para-uruguay/4135560/

Fragoso-Castilla, P. J., Rubiano, L. A., Kerguelen, J. J., Fragoso-Castilla, P. J., Rubiano, L. A., & Kerguelen, J. J. (2021). Análisis de variables físico-químicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia). *Información tecnológica*, *32*(1), 113-122. https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100113

Garcia, K. (2021). *RENATI.* Obtenido de https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3341792

Garcia, K. (2022). Obtenido de https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3341792

Giraldo y Vasquez . (2021). Obtenido de https://es.scribd.com/document/536824240/Ic-Tesis-Giraldo-Giraldo-Vasquez-Reyes-2

Godoy et al. (2021). *Alfa Publicaciones.* Obtenido de https://alfapublicaciones.com/index.php/alfapublicaciones/article/view/102/337

Galvez Rodriguez, E. L. (2019). Determinación y Evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Pariacaca Pampamarca entre las progresivas 0+400 Km – 1+400 Km del caserío de Pariacaca, distrito y provincia de Carhuaz, departamento de Ancash—2019. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/13891

Gamarra, Y. A. (2022). *Manejo nutricional del manganeso (Mn) y el zinc (Zn) para aumentar el desarrollo y rendimiento de la palma de aceite en el municipio*

de Codazzi-Cesar. https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/12 535

García, M. del C., Valle-Castillo, G. A., & Hernández-Cortés, L. M. (2023). Antigenotoxicidad de la isoflavona de soya genisteína en ratones expuestos a compuestos cancerígenos del cromo hexavalente. *Nutrición Hospitalaria*, *40*(1), 151-159.

García Ramos, K. M. (2022). Evaluación del comportamiento fisicoquímico para determinar la calidad del agua, usada para regadío, consumo humano y bebida de animales, proveniente del canal Biaggio Arbulú, Castilla – Piura. *Universidad Nacional de Piura*. http://repositorio.unp.edu.pe/handle/ 20.500.12676/3660

González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H. M., Yáñez-Morales, M. J., Rodríguez-Guillén, A., González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H. M., Yáñez-Morales, M. J., & Rodríguez-Guillén, A. (2019). Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac. *Tecnología y ciencias del agua*, *10*(1), 30-51. https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-02

Graciano, F., Vásquez Mori, J., & Reyes-Avalos, W. (2022). La dureza total del agua afecta la muda, calcificación, crecimiento y supervivencia de Cryphiops caementarius (Palaemonidae). *Acta Biológica Colombiana*, *27*(1), 88-96.

Gutierrez Cuestas, L. D. P. (2021). Mejoramiento hidráulico de un canal de riego aplicando revestimiento de concreto, Cospán, Cajamarca, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74456

Herrera-Morales, G., Chávez-Cadena, M., & Jiménez-Gutiérrez, M. (2022). Medición de calidad del agua en río Chambo (Ecuador) en un programa educativo experiencial. *Información tecnológica*.

INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEREOLOGIA YESTUDIOS AMBIENTALES. (12 de 12 de 2017). *IDEAM*. Obtenido de

http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Qu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno..pdf/20030922-4f81-4e8f-841c-c124b9ab5adb

INTAGRI, E. E. (2022). *Intagri.* Obtenido de https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/el-cobre-en-la-nutricion-vegetal

Lázaro Díaz, D. A. (2019). Determinación y evaluación de las patologías del concreto en el canal de riego Cayac – Ichic Huishca, ubicado en el distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Áncash – 2019. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/ 20.500.13032/13818

Lopez, A. (2019). *iagua*. Obtenido de https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-redondo/interpretacion-analisis-agua-riego

López, M. A. M. (2019). *Interpretación de un análisis de agua para riego* [Text]. iAgua; iAgua. https://www.iagua.es/blogs/miguel-angel-monge-López/interpre tacion-analisis-agua-riego

Machaca, D. C. (2018). Análisis de la clorofila-a en el agua con técnicas de teledetección en lago Titicaca (Lago Menor): Daniel Callisaya Machaca. *Apthapi*, *4*(3), 1250-1262.

Mayorga, E., & Villacrés, D. (2015). Diseño de reactores microbiológicos para tratamiento de aguas de canales de riego. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE*, *10*(1), Article 1. https://doi.org/10.24133/cctespe.v10i1.25

Monge, A. W., & González, A. M. R. (2021). Análisis de la calidad de aguas de vertido en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque (DRAT). *Ingeniería*, *31*(2), Article 2. https://doi.org/10.15517/ri.v31i2.44123

Naula Aucanshala, R. M. (2021). *Diseño de una pequeña central hidroeléctrica en el canal de riego Ambato – Huachi – Pelileo en la provincia de Tungurahua desde el tramo +0.00 km hasta +4.24 km*.

https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/ handle/123456789/33585

Ortiz Córdova, R. (2018). Determinación y evaluación de patologías del concreto en el canal de riego Ishinca entre las progresivas 3+000 al 4+000 en, distrito de Tarica, provincia Huaraz, departamento Ancash, Junio – 2018. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*. https://repositorio.uladech.edu.pe /handle/20.500.13032/5490

Ponce, S. C. G., García, J. C. G., Chimbolema, J. G. L., & Hidalgo, E. D. C. (2021). Evaluación de la capacidad de reacción de coliformes de aguas residuales a la fotocatálisis con técnicas de recubrimiento por inmersión. *AlfaPublicaciones*, *3*(3.1), Article 3.1. https://doi.org/10.33262/ap.v3i3.1.102

Ramos, R. L. (2022). *Evaluación del tiempo de retención hidráulica y dureza inicial mediante intercambiador iónico para remoción de dureza sintética en aguas*. http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/5788

Reyes y Giraldo. (2021). *SCRIBD.* Obtenido de https://es.scribd.com/document/536824240/Ic-Tesis-Giraldo-Giraldo-Vasquez-Reyes-2

Rodriguez et al. (2019). *Universidad Nacional Agraria LA MOLINA.* Obtenido de https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/927

Rodríguez, S. C., Elvira, M. de las M. Y., & Fogar, L. S. (2019). Caracterización del agua de riego en explotaciones hortícolas de Saladas, provincia de Corrientes, República Argentina. *Anales Científicos*, *80*(1), 111-121.

Rojas, M., & Agüero, R. (1996). Malezas asociadas a canales de riego y terrenos colindantes de arroz anegado en Finca El Cerrito, Guanacaste, Costa Rica. *Agronomy Mesoamerican*, 9-19. https://doi.org/10.15517/am.v7i1.24783

Rossel, L. J., Bernedo, R., Alberth, L., Mayhua, F., Ferro Gonzales, A. L., & Zapana Quispe, R. R. (2020). Radiación ultravioleta-c para desinfección bacteriana (coliformes totales y termotolerantes) en el tratamiento de agua potable.

Revista de Investigaciones Altoandinas, *22*(1), 68-77.

Velásquez, G., Estay, H., Vela, I., Salvi, S., & Pablo, M. (2020). Metal-selective processing from the Los Sulfatos Porphyry-Type Deposit in Chile: Co, Au, and Re recovery workflows based on advanced geochemical characterization. *Minerals*, *10*(6), 531.

Rosales Villegas, M. Á. (julio de 2020). *La contaminación por nitratos en la agricultura y sus efectos en la salud humana: beneficio de una fertilización en cloruro.* Obtenido de Digital.CSIC: http://hdl.handle.net/10261/216086

Venturo, P. (2021). *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion.* Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/2276?mode=full

Walter, C., & Elizabeth, R. (2022). *Concentración de los nitratos del suelo para cultivos de maíz, centro poblado Mayhuasi, distrito de Bambamarca, Provincia de Hualgayoc-Cajamarca 2021*. http://190.12.84.13/handle/20.500.13084/ 5847

Wong Monge, A., & Rojas González, A. M. (2021). Análisis de la calidad de aguas de vertido en el Distrito de Riego Arenal-Tempisque (DRAT). *Ingeniería, vol.31(2), pp.57-79.* https://doi.org/10.15517/RI.V31I2.44123

Ynofuente, L., & Flores, M. (2020). *Uso de coagulantes naturales como alternativas de reducción de la turbidez. Una revisión*. https://repositorio.upeu.edu.pe /handle/20.500.12840/3297

Rosales Villegas, M. Á. (2020). *La contaminación por nitratos en la agricultura y sus efectos en la salud humana: beneficio de una fertilización en cloruro.* Obtenido de Digital.CSIC: http://hdl.handle.net/10261/216086

ANEXOS

Anexo Nº 1. Ubicación geográfica (GPS) del proyecto



Fuente: Google Earth 2024

Anexo Nº 2. Resultados de los análisis de laboratorio

Aqlab
Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación Nº SAE LEN 14-009
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO Nº 18 761 b

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE Coca, 11 de mayo de 2023

Empresa:	GONZALEZ DAVILA DANIEL ALEJANDRO.			
Solicitado por:	Ing. Daniel Gonzalez.	Dirección:	Guaranda.	
Toma de muestra:	Ing. Daniel Gonzalez.	Fecha y Hora:	01/05/2023	13:00
Identificación de la muestra:	Agua de Reservorio # 03, Locación Santiago.			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	02/05/2023	9:21
Fecha Final de Análisis:	11/05/2023	

Condiciones Ambientales	T max: 32◦C
	T min: 22◦C

Coordenadas UTM 18M	X: 722108
	Y: 9812321

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
Coliformes Totales	SM 9222 B / 28	**	ucf /100 ml	< 2	± 29%
Cromo Hexavalente	SM 5220 D, 3500-Cr / 37	**	mg/L	< 0,05	± 17 %
Conductividad eléctrica	SM 2510 B / 02	**	uS/cm	114,5	± 8%
Cobre	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,2	mg/L	< 0,22	± 24 %
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	**	mg/L	< 25	± 16 %
*Dureza Total	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	94,12	~
*Dureza Cálcica	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	68,00	~
*Dureza Magnésica	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	26,12	~
Echerichia coli	SM 9222 B H / 30	**	ufc/100 mL	< 2	± 22 %
Hierro	SM 3030B, 3111 B / 33	5,0	mg/L	< 0,20	± 26%
*Nitratos (NO3)	HACH 8039 / 17	**	mg/L	< 1,00	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6 - 9	~	7,39	± 0,05
Solidos Totales disueltos	SM 2510 B / 02	**	mg/L	75,9	± 8 %
Sulfatos	EPA 9038 / 11	250	mg/L	< 20,00	± 19 %
Turbidez	SM 2130 B / 22	**	NTU	6,13	± 10%
*Zinc	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	< 0,10	± 21%

Fuente: Acuerdo Ministerial Nº 097-A 04 Noviembre 2015. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua.
Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.
**No establecida en la Tabla.

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Los resultados solo se refieren a la muestra sometida a ensayo, "la misma que ha sido suministrada por el cliente".

Cuando la muestra es tomada por el personal de AQLAB, las condiciones de toma de muestra son controladas según el ITO-AQLAB-01, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

AQLAB LABORATORIOS ACOSTA Y COMPAÑIA
Aqlab
Orellana - Ecuador

Ing. Armando Melendrez.
DIRECCION TECNICA
AUTORIZADO

18 761 b

Laboratorios de Análisis y Evaluación Ambiental

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO
Acreditación N° SAE LEN 14-009
LABORATORIO DE ENSAYOS

INFORME DE ENSAYO N° 18 761 a

INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR EL CLIENTE

Coca, 11 de mayo de 2023

Empresa:	**GONZALEZ DAVILA DANIEL ALEJANDRO.**			
Solicitado por:	Ing. Daniel Gonzalez.	Dirección:	Guaranda.	
Toma de muestra:	Ing. Daniel Gonzalez.	Fecha y Hora:	01/05/2023	14:00
Identificación de la muestra:	Agua de Canal de Riego Captación, Locación Santiago.			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO

Fecha y hora ingreso al Laboratorio:	02/05/2023	9:21
Fecha Final de Análisis:	11/05/2023	

Condiciones Ambientales	T max: 32°C
	T min: 22°C

Coordenadas UTM 18M	X: 728829
	Y: 9805718

PARÁMETROS, MÉTODO / REFERENCIA y RESULTADOS

Parámetros / Análisis Solicitado	Método de Referencia ITE-AQLAB	Límite Permitido ®	Unidad	Resultado	Incertidumbre (k=2)
Coliformes Totales	SM 9222 B / 28	**	ucf /100 ml	< 2	± 29%
Cromo Hexavalente	SM 5220 D, 3500-Cr / 37	**	mg/L	< 0,05	± 17 %
Conductividad eléctrica	SM 2510 B / 02	**	uS/cm	73,8	± 8%
Cobre	SM 3030 B, 3111 B / 33	0,2	mg/L	< 0,22	± 24 %
Demanda química de Oxígeno	SM 5220 D / 07	**	mg/L	< 25	± 16 %
*Dureza Total	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	54,90	~
*Dureza Cálcica	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	30,00	~
*Dureza Magnésica	SM 2340 B, C / 19	**	mg/L $CaCO_3$	24,90	~
Echerichia coli	SM 9222 B H / 30	**	ufc/100 mL	< 2	± 22 %
Hierro	SM 3030B, 3111 B / 33	5,0	mg/L	< 0,20	± 26%
*Nitratos (NO3)	HACH 8039 / 17	**	mg/L	< 1,00	~
Potencial hidrógeno	SM 4500-H+B / 01	6 - 9	~	7,44	± 0,05
Solidos Totales disueltos	SM 2510 B / 02	**	mg/L	49,0	± 8 %
Sulfatos	EPA 9038 / 11	250	mg/L	< 20,00	± 19 %
Turbidez	SM 2130 B / 22	**	NTU	< 1,00	± 10 %
*Zinc	SM 3030 B, 3111 B / 33	2,0	mg/L	< 0,10	± 21%

Fuente: Acuerdo Ministerial Nº 097-A 04 Noviembre 2015. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua. Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para riego agricola.
**No establecida en la Tabla.

REFERENCIA Y OBSERVACIONES:

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por El cliente.

Los límites permisibles de las Normativas (®) y los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

Los resultados solo se refieren a la muestra sometida a ensayo, "la misma que ha sido suministrada por el cliente".

Cuando la muestra es tomada por el personal de AQLAB, las condiciones de toma de muestra son controladas según el ITO-AQLAB-01, éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe

El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos relacionados a la muestra son conforme lo solicitado por el cliente.

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin el permiso escrito del laboratorio

AQLAB LABORATORIO SERVICIO Y CALIDAD
Aqlab Orellana - Ecuador

Ing. Armando Melendrez.
DIRECTOR TECNICO AUTORIZADO

18 761 a

Anexo N °3. Base de datos

N °	Parámetros	Reservorio			C de riego		
		Lím	Resul	Incert	Lím	Resul	Incert
1	C totales	**	< 2 ucf/100ml	± 29%	**	< 2 ucf/100ml	± 29%
2	C Hexava	**	<0,05 mg/l	± 17%	**	<0,05 mg/l	± 17%
3	C eléctrica	**	114,5 uS/cm	± 8%	**	73,8 uS/cm	± 8%
4	Cobre	0,2	<0,22 mg/l	±24%	0,2	<0,22 mg/l	±24%
5	D Q oxígeno	**	<25 mg/l	±16%	**	<25 mg/l	±16%
6	D total	**	94,12 mg/l		**	54,90 mg/l	
7	D cálcica	**	68 mg/l		**	30 mg/l	
8	D Magnésica	**	26,12 mg/l		**	24,90 mg/l	
9	E Coli	**	<2 ufc/100ml	±22%	**	<2 ufc/100ml	±22%
10	Hierro	5	<0,20 mg/l	±26%	5	<0,20 mg/l	±26%
11	Nitratos	**	<1 mg/l		**	<1 mg/l	
12	P hidrógeno	6 a 9	7,39	±0,05%	6 a 9	7,44	±0,05%
13	S T disueltos	**	75,9 mg/l	±8%	**	49 mg/l	±8%
14	Sulfatos	250	<20 mg/l	±19%	250	<20 mg/l	±19%
15	Turbidez	**	6,13 NTU	±10%	**	<1 NTU	±10%
16	Zinc	2	<0,10 mg/l	±21%	2	<0,10 mg/l	±21%

Anexo N °4. Fotografías del trabajo en campo

En el reservorio #3 toma de muestras





Toma de muestra en captación de la parroquia Santiago





Etiquetado de los frascos con muestras físicas, químicas y biológicas



Manejo del espectrofotómetro de absorción atómica y autoclave





Anexo N° 5. Glosario de términos

Alcalinidad: Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar los ácidos. Esto se conoce como la capacidad amortiguadora del agua.

Caballón: Lomo de tierra, como el que queda entre surco y surco al arar un terreno o el que se levanta con la azada.

Captación: Es el proceso de obtención del agua de la fuente natural, las más habituales son las aguas subterráneas (pozos) y las aguas superficiales (ríos y lagos, regulados a menudo por embalses y presas).

Coliformes: Se le designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Conductividad eléctrica: Se define como la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos.

Densidad: Magnitud que expresa la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo, y cuya unidad en el sistema internacional es el kilogramo por metro cúbico (kilogramo(s) por metro cúbico).

Demanda química: Representa la cantidad de oxígeno necesario para descontaminar el agua procedente de grandes ciudades, de viviendas individuales, de aguas pluviales, del alcantarillado, de fosas sépticas o para riego.

Dureza: Es un indicador relacionado con los minerales que contiene, es más dura cuanto mayor sea la cantidad de minerales disueltos en ella, y por lo tanto, las aguas blandas están casi libres de ellos.

Edáficas: Perteneciente o relativo al suelo, especialmente en lo que respecta a las plantas.

Escorrentía: Corriente de agua que se vierte al rebasar su depósito o cauce naturales o artificiales.

Eutrofización: Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces de lagos y embalses, que provoca un exceso de fitoplancton.

Fitoplancton: Plancton marino o de agua dulce, constituido predominantemente por organismos vegetales, como ciertas algas microscópicas.

Fluctuación: Son aquellas que modifican la posición de los muestreadores reales (RS) con respecto a la superficie del agua y de los potenciales (PS) con respecto al fondo.

Idoneidad: Aptitud, buena disposición o capacidad que algo o alguien tiene para un fin determinado.

Intergubernamental: Que afecta a varios Gobiernos o se desarrolla entre ellos.

Iones: Átomo o agrupación de átomos que por pérdida o ganancia de uno o más electrones adquiere carga eléctrica.

Muestreo: Es una pequeña cantidad de agua tomada de un ambiente (por ejemplo, un río, un lago, una planta industrial o un edificio de viviendas) en un momento y lugar determinados.

Nitratos: Es una sal química derivada del nitrógeno que, en concentraciones bajas, se encuentra de forma natural en el agua y el suelo.

Partículas suspendidas: Son materia sólida o líquida microscópica que se encuentra en suspensión en la atmósfera de la Tierra o en líquidos, en el término aerosol normalmente se refiere a la mezcla de partículas/aire, a diferencia de las partículas por sí solas.

Ph: Es el potencial de hidrógeno, considerado como un índice utilizado ampliamente en química, que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa.

Ppm: Partes por millón

Sedimento: Materia que, habiendo estado suspensa en un líquido, se deposita en el fondo por su mayor peso. Usado también en sentido figurado.

Sólidos disueltos: Se define como el residuo que queda después de evaporar a una muestra previamente filtrada a través de un filtro con un tamaño de poro nominal de 2.0 µm o menor.

Sulfatos: Son componentes químicos que suelen ser sales solubles en agua, por lo que se distribuyen ampliamente en la naturaleza y pueden presentarse en las aguas naturales en un amplio intervalo de concentraciones.

Transecto: Es un rectángulo situado en un lugar para medir ciertos parámetros de un de- terminado tipo de vegetación.

Turbidez: Es una propiedad óptica que provoca que la luz se disperse y absorba, en lugar de ser transmitida, donde la dispersión de la luz que atraviesa un líquido es provocada principalmente por los sólidos suspendidos.

Vulnerabilidad: Implica fragilidad, una situación de amenaza o posibilidad de sufrir daño.