



UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

Carrera de Agronomía

TEMA:

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL
AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO SAN LORENZO, CANTÓN
GUARANDA.**

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:

Pablo Francisco Alarcón Aguay

Tutor:

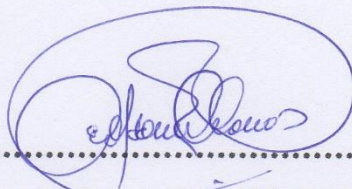
Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc.

GUARANDA – ECUADOR

2023

**VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL
AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO SAN LORENZO, CANTÓN
GUARANDA.**

REVISADO Y APROBADO POR:



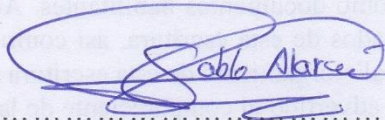
.....
Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc.

TUTOR

**CERTIFICACIÓN DE AUTORIA DEL PROYECTO DE
INVESTIGACIÓN**

Yo, Pablo Francisco Alarcón Aguay, con cédula de identidad número 0202471678, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor (es).

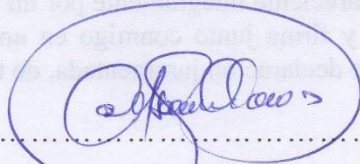
La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.



Pablo Francisco Alarcón Aguay

AUTOR

CI: 0202471678



Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc.

TUTOR

CI: 0201089836





DRA. MSc. GINA CLAVIJO CARRION
Notaria Cuarta del Cantón Guaranda.

ESCRITURA N° 20230201004P00107

DECLARACIÓN JURAMENTADA

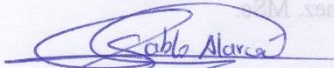
OTORGA:

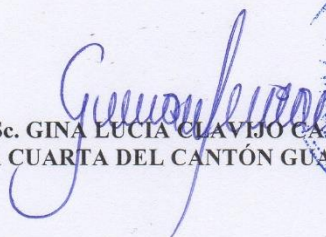
PABLO FRANCISCO ALARCON AGUAY.

CUANTÍA: INDETERMINADA

Di 2 COPIA

En el Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, República del Ecuador, hoy jueves a los veintitrés días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, ante mí **DOCTORA. MSC. GINA LUCIA CLAVIJO CARRIÓN, NOTARIA CUARTA DEL CANTÓN GUARANDA** comparece con plena capacidad, libertad y conocimiento, a la celebración de la presente escritura, el señor **PABLO FRANCISO ALARCON AGUAY**, de estado civil soltero, por sus propios y personales derechos. El compareciente declara ser de nacionalidad ecuatoriana, mayor de edad, de estados civil soltero, de ocupación estudiante, domiciliado en la parroquia Gabriel Ignacio Veintimilla, cantón Guaranda, Provincia de Bolívar, con teléfono celular número cero nueve nueve siete cuatro ocho cuatro uno siete dos con correo electrónico pablo20alarcon@gmail.com, hábil en derecho para contratar y contraer obligaciones, a quien de conocer doy fe, en virtud de haberme exhibido sus documentos de identificación, en base a la cual obtengo la certificación de datos biométricos del Registro Civil, mismo que 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, advertido el compareciente de la obligación de decir la verdad y conocedora de la penas de perjurio declara: Yo, **PABLO FRANCISO ALARCON AGUAY**, de estado civil soltero, portador de la cedula de ciudadanía cero dos cero dos cuatro siete uno seis siete guion ocho; declaro bajo juramento que: los criterios e ideas emitidos en el presente trabajo de investigación titulado **VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO SAN LORENZO, CANTÓN GUARANDA**. En el 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. Autorizo a la Universidad Estatal de Bolívar hacer uso de todos los contenidos que permanecen o parte de los que contiene esta obra, con fines estrictamente académico o de investigación. Para su celebración y otorgamiento se observaron los preceptos de ley que el caso requiere; y, leída que fue al compareciente íntegramente por mí la Notaria, aquel se ratifica en la aceptación de su total contenido y firma junto conmigo en unidad de acto, incorporándose al protocolo de esta Notaria, la presente declaración juramentada, de todo lo cual doy Fe.-----


SR. PABLO FRANCISCO ALARCÓN AGUAY
C.C. 0202471678


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



Inicio x [Original] 8% de similitud - p... x D158378536 - PROYECTO DE INVESTI... x

https://secure.orkund.com/oid/view/151209781-776356-425333#629CgJ8DAIgd9l6kPz3H7FkGQZUL7l5HfH4cMwC5jPe59t...

URKUND

Documento [PROYECTO DE INVESTIGACIÓN- PABLO ALARCON.pdf](#) (D158378536)

Presentado 2023-02-10 15:51 (-05:00)

Presentado por pablo20alarcon@gmail.com

Recibido nmonar.ueb@analysis.orkund.com

Mensaje PROYECTO DE INVESTIGACIÓN- PABLO ALARCON [Mostrar el mensaje completo](#)

7% de estas 49 páginas, se componen de texto presente en 13 fuentes.

Lista de fuentes

Bloques
UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR / D39922104
https://www.uec.edu.ec/portal/51511/GRABAR%20EN%20CD.pdf
Universidad Nacional de Ucayali / D109470878
Universidad Nacional Federico Villarreal / D152631285
Universidad Técnica Particular de Loja / D130388717
https://www.urct.es/~minarees/analisis_aguas.pdf
https://lma.gob.ar/sites/default/files/escrit-tmo-protocolo-de-muestreo-de-aguas-inta.pdf

1. Advertisencias

Reiniciar Compartir

UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente
 SISTEMA DE AGRONOMIA TEMA: VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL
 SISTEMA DE RIEGO SAN LORENZO, CANTÓN GUARANDA. 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: Pablo Francisco
 Alarcón Aguay Tutor: Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc. GUARANDA – ECUADOR 2023

II VALORACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA, QUÍMICA Y BIOLÓGICA DEL AGUA EN EL SISTEMA DE RIEGO SAN
 LORENZO, CANTÓN GUARANDA. REVISADO Y APROBADO POR:
 Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc. TUTOR

III CERTIFICACIÓN DE AUTORIA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Yo, Pablo Francisco Alarcón Aguay, con
 cédula de identidad número 0202471678, declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe,
 no han sido previamente presentados para 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 o correspondientes a este trabajo, según lo
 establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.
 Pablo Francisco Alarcón Aguay AUTOR CI: 0202471678
 Ing. Nelson Arturo Monar Gavilanez. MSc. TUTOR CI:
 0201089836

IV DEDICATORIA Este trabajo de investigación se lo dedico a mis abuelitos Jorge Azuay, Elisa Vargas, América

ING. NELSON MONAR GAVILANEZ M-SC
 TUTOR

937 22/02/2023 ESP

Buscar

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación se lo dedico a mis abuelitos Jorge Aguay, Elisa Vargas, América García, quienes con su gran amor y apoyo emocional hicieron posible que cumpliera una meta más en mi vida y también de manera especial a Luis Alarcón quien desde el cielo me cuida y me protege cada día.

A mi madre, Mirian Aguay quien ha sido un eje importante en toda mi formación profesional, quien me educó con mucho amor y fue quien me inculcó los valores de respeto, puntualidad, responsabilidad, humildad, perseverancia y amor, para de esta manera alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A mi padre, Omar Alarcón por ser quien me supo guiar y forjarme para la construcción de mi vida profesional, quien sentó en mí las bases de responsabilidad y deseos de superación, quien me brindó sus conocimientos y experiencias para ser un buen profesional.

A toda mi familia que de una u otra manera me apoyaron y aportaron con un granito de arena para poder culminar una meta más en mi vida.

Pablo Francisco Alarcón Aguay

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por bendecirme y darme fuerzas todos los días de mi vida para superar obstáculos que se presentaron durante todos estos años de estudio.

Quiero expresar mis agradecimientos a la Universidad Estatal de Bolívar, en especial a la Carrera de Agronomía por acogerme y llenarme de conocimiento a través de estos maravillosos años, en especial a mis profesores: Dr. Fernando Veloz, Ing. José Sánchez, Ing. Rodrigo Yáñez, Ing. Marcelo Rojas, Ing. Washington Donato, Ing. Sonia Fierro, Ing. Kleber Espinoza, Ing. David Silva, quienes con sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer como profesional día a día.

De igual manera, mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Nelson Monar, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este trabajo.

Agradezco a mis padres Omar Alarcón y Mirian Aguay, quienes han sido mis formadores, personas de gran sabiduría los cuales se han esforzado por ayudarme, guiarme y dando sus consejos para ser una mejor persona, superarme cada día más y cumplir con las metas que me proponga.

A mi hermano Felipe por siempre estar apoyándome y dándome fuerzas para siempre salir adelante.

Por último, un agradecimiento especial y no menos importante a Nicole Miranda, por ser la motivadora en toda esta etapa, estar presente en todo los buenos y malos momentos y ayudarme en todo lo que estuvo a su alcance.

Pablo Francisco Alarcón Aguay

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO	PAG.
CAPÍTULO I.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. PROBLEMA	3
CAPÍTULO II	4
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Agua de riego	4
2.1.1. Definición.....	4
2.1.2. Importancia del agua de riego	4
2.1.3. Uso agrícola del agua	4
2.1.4. Agua de riego en el Ecuador	5
2.1.5. Fuentes de agua para riego.....	5
2.1.6. Calidad del agua con fines de riego	6
2.1.7. Efectos del agua de riego contaminada.....	7
2.1.8. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego	8
2.1.9. Muestreo de aguas.....	10
2.1.10. Tipos de muestra	10
2.1.10.1. Muestra simple o puntual.....	10
2.1.10.2. Muestras compuestas	10
2.1.11. Protocolo de muestreo de aguas.....	11
2.1.12. Análisis de agua de riego	12
2.1.13. Análisis físico-químico	12
2.1.14. Análisis biológico.....	12
2.1.15. Parámetros para análisis físico, químico y biológico.....	12
2.1.15.1. Parámetros físicos.....	12
2.1.15.2. Parámetros químicos.....	14
2.1.15.3. Parámetros biológicos.....	20
2.1.16. Marco legal.....	21
2.1.16.1. Constitución de la República del Ecuador	21
2.1.16.2. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)	22

2.1.16.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA).....	22
2.2. Canal de riego	23
2.2.1. Definición.....	23
2.2.2. Importancia del canal de riego	24
2.2.3. Tipos de canales	24
2.2.3.1. Según la visibilidad del agua	24
2.2.3.2. Según el material	25
2.2.3.3. Según la sección	25
2.2.4. Partes de un canal de riego.....	26
2.2.5. Clases de canales de riego.....	27
2.2.6. Elementos geométricos del canal de riego	28
2.2.7. Tipos de flujos de un canal.....	29
2.2.8. Construcción y manejo de canales	30
2.2.8.1. Consideraciones para tener en cuenta	30
2.2.8.2. Medición de caudal.....	31
2.2.8.3. Mantenimiento de un canal.....	31
2.3. Sistema de riego San Lorenzo.....	32
2.3.1. Antecedentes	32
2.3.2. Características del sistema de riego San Lorenzo	33
CAPÍTULO III	34
3. MARCO METODOLÓGICO	34
3.1. Materiales.....	34
3.1.1. Localización de la investigación	34
3.1.2. Situación geográfica y climática	34
3.1.3. Zona de vida.....	34
3.1.4. Material experimental	34
3.1.5. Materiales de campo	34
3.1.6. Materiales de laboratorio.....	35
3.1.6.1. Materiales	35
3.1.6.2. Equipos.....	35
3.1.7. Materiales de oficina	36
3.2. Métodos.....	36

3.2.1. Tipo de análisis	36
3.3. Métodos de evaluación y datos tomados.....	37
3.3.1. Parámetros físicos	37
3.3.1.1. Conductividad eléctrica (CE).....	37
3.3.1.2. Turbidez (T)	37
3.3.1.3. Sólidos Disueltos Totales (SDT)	37
3.3.1.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST).....	37
3.3.2. Parámetros químicos	37
3.3.2.1. Potencial de hidrógeno (pH).....	37
3.3.2.2. Dureza total (DT)	38
3.3.2.3. Sulfatos (SO ₄).....	38
3.3.2.4. Nitratos (NO ₃)	38
3.3.2.5. Hierro (Fe).....	38
3.3.2.6. Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶).....	38
3.3.2.7. Cobre (Cu).....	39
3.3.2.8. Zinc (Zn)	39
3.3.2.9. Demanda química de oxígeno (DQO ₂)	39
3.3.2.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)	39
3.3.2.11. Arsénico total (As)	39
3.3.2.12. Aluminio (Al ³⁺)	40
3.3.2.13. Bario (Ba).....	40
3.3.2.14. Boro total (B).....	40
3.3.2.15. Cianuro total (CN).....	40
3.3.2.16. Cloruros (Cl).....	40
3.3.2.17. Fluoruros (F).....	41
3.3.2.18. Fósforo total (PO ₄).....	41
3.3.2.19. Manganeseo (Mn ²⁺).....	41
3.3.2.20. Níquel (Ni)	41
3.3.2.21. Plomo (Pb ²⁺).....	41
3.3.2.22. Selenio (Se)	41
3.3.3. Parámetros biológicos	42
3.3.3.1. Coliformes totales (CT)	42
3.3.3.2. <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	42
3.4. Manejo de la investigación.....	42
3.4.1. Fase de campo.....	42

3.4.1.1. Identificación de la zona.....	42
3.4.1.2. Selección de sitios de estudio	42
3.4.1.3. Toma de muestras.....	43
3.4.1.4. Traslado de muestras	43
3.4.2. Fase de laboratorio	43
3.4.2.1. Ingreso de muestras	44
3.4.2.2. Procesos analíticos.....	44
CAPÍTULO IV.....	46
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1.1. Análisis de parámetros físicos.....	46
4.1.1.1. Determinación de conductividad eléctrica	46
4.1.1.2. Determinación de turbidez.....	47
4.1.1.3. Determinación de sólidos disueltos totales	48
4.1.1.4. Determinación de sólidos suspendidos totales	49
4.1.2. Análisis de parámetros químicos	50
4.1.2.1. Determinación de potencial de hidrógeno (pH)	50
4.1.2.2. Determinación de dureza total	51
4.1.2.3. Determinación de sulfatos	52
4.1.2.4. Determinación de nitratos.....	53
4.1.2.5. Determinación de hierro	54
4.1.2.6. Determinación de cromo hexavalente.....	55
4.1.2.7. Determinación de cobre.....	56
4.1.2.8. Determinación de zinc	57
4.1.2.9. Determinación de demanda química de oxígeno	58
4.1.2.10. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno	59
4.1.2.11. Determinación de arsénico total.....	60
4.1.2.12. Determinación de aluminio.....	61
4.1.2.13. Determinación de bario.....	62
4.1.2.14. Determinación de boro total	63
4.1.2.15. Determinación de cianuro total.....	64
4.1.2.16. Determinación de cloruros.....	65
4.1.2.17. Determinación de fluoruros	66
4.1.2.18. Determinación de fósforo total	67
4.1.2.19. Determinación de manganeso.....	68
4.1.2.20. Determinación de níquel.....	69

4.1.2.21. Determinación de plomo.....	70
4.1.2.22. Determinación de selenio	71
4.1.3. Análisis de parámetros biológicos	72
4.1.3.1. Determinación de coliformes totales.....	72
4.1.3.2. Determinación de <i>Escherichia coli</i>	73
4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	74
4.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
4.3.1. Conclusiones	75
4.3.2. Recomendaciones.....	77
BIBLIOGRAFÍA.....	78
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

N° Tabla	Pag.
1. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola	9
2. Características del sistema de riego San Lorenzo	33
3. Esquema de muestreo.....	43
4. Etiqueta empleada en la investigación	44
5. Parámetros para el análisis de las muestras del agua de riego	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Nº Figura	Pag.
1. Conductividad eléctrica.....	46
2. Turbidez	47
3. Sólidos disueltos totales	48
4. Sólidos suspendidos totales.....	49
5. Potencial de hidrógeno (pH)	50
6. Dureza total	51
7. Sulfatos.....	52
8. Nitratos.....	53
9. Hierro	54
10. Cromo hexavalente.....	55
11. Cobre	56
12. Zinc	57
13. Demanda química de oxígeno.....	58
14. Demanda bioquímica de oxígeno.....	59
15. Arsénico total	60
16. Aluminio	61
17. Bario.....	62
18. Boro total.....	63
19. Cianuro total.....	64
20. Cloruros.....	65
21. Fluoruros	66
22. Fósforo total	67
23. Manganeseo	68
24. Níquel.....	69
25. Plomo	70
26. Selenio.....	71
27. Coliformes totales	72
28. <i>Escherichia coli</i>	73

ÍNDICE DE ANEXOS

N° Anexo

1. Mapa de ubicación de la investigación
2. Mapa del Sistema de riego San Lorenzo y los puntos de muestreo
3. Base de datos
4. Resultados de los análisis EMAPA-G
5. Formato de ficha de recolección de datos
6. Fotografías
7. Glosario de términos técnicos

RESUMEN

El agua es un recurso natural único e indispensable para la vida en la tierra; tiene funciones ecológicas fundamentales que influyen en el ciclo de vida de todos los seres vivos. El Ecuador cuenta con 31 sistemas hidrográficos y con un área potencial de riego de 3.1 millones de ha, pero existen problemas tanto en su distribución como en su gestión. La Provincia Bolívar es privilegiada en disponibilidad de recurso hídrico, a pesar de esto existen algunas zonas de la geografía provincial con graves problemas de abastecimiento. La calidad de algunas fuentes de agua puede variar significativamente de acuerdo a la época del año (como en una época seca/época de lluvias). Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y microbiológicas. El trabajo investigativo titulado Valoración de la calidad física, química y biológica del agua en el sistema de riego San Lorenzo, cantón Guaranda se desarrolló en la parroquia San Lorenzo. Los objetivos planteados fueron: 1) Evaluar la calidad del agua en el sistema de riego de la parroquia San Lorenzo en función de las características físicas y químicas. 2) Determinar las características biológicas presentes en el agua del sistema de riego de la parroquia San Lorenzo. 3) Comparar los parámetros que sobrepasan o exceden los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundario del Ministerio del Ambiente (TULSMA). La investigación se efectuó bajo un muestreo aleatorio estratificado. Se dividió en 3 secciones, parte alta, media y baja, donde se tomaron muestras de agua y se determinaron los parámetros de calidad. De las muestras analizadas dentro de los parámetros físicos: SST de 240.18 a 268.27 mg/l, mientras que en los parámetros químicos son: Fe de 23.19 a 24.36 mg/l, Cu de 4.00 a 5.00 mg/l, DQO₂ de 251 a 270 mg O₂/l, DBO₅ de 111 a 156 mg O₂/l, Ba de 4.48 a 4.74 mg/l, B de 2.13 a 2.24 mg/l, F de 3.67 a 3.76 mg/l, P de 16.01 a 16.98 mg/l y Mn de 5.39 a 6.14 mg/l, en relación a los parámetros biológicos: CT de 4150 a 4500 NMP/100 ml y *E. coli* de 3000 a 3500 NMP/100 ml, exceden el límite máximo permisible establecido en el TULSMA. El incremento de las actividades antropogénicas en las zonas altas provoca la contaminación del sistema de riego, generando cambios en las concentraciones de los parámetros de calidad del agua. El exceso de hierro, cobre, manganeso, entre otros elementos detectados en el agua del sistema de riego San Lorenzo, produce una serie de efectos negativos para los cultivos, como limitaciones al crecimiento de las plantas, produce malformación de las hojas, causa clorosis y necrosis, aumenta la presencia de moho y marchitez, e inhibe la germinación y el crecimiento del polen, con pérdidas significativas para el sector agrícola. Por lo cual se puede afirmar que el agua no es apta para riego en la parroquia San Lorenzo a pesar de que la mayoría de parámetros evaluados estén por debajo del límite máximo permisible establecido en la normativa vigente.

Palabras Claves: Calidad de agua, sistema de riego, límite máximo permisible

SUMMARY

Water is a unique and indispensable natural resource for life on earth; It has fundamental ecological functions that influence the life cycle of all living things. Ecuador has 31 hydrographic systems and a potential irrigation area of 3.1 million ha, but there are problems both in its distribution and in its management. The Bolivar Province is privileged in availability of water resources, despite this, there are some areas of the provincial geography with serious supply problems. The quality of some water sources can vary significantly according to the time of year (such as in a dry season/rainy season). The parameters that determine the quality of irrigation water are divided into three categories: chemical, physical and microbiological. The research work entitled Assessment of the physical, chemical and biological quality of water in the San Lorenzo irrigation system, Guaranda canton was developed in the parish of San Lorenzo. The objectives were: 1) Evaluate the quality of water in the irrigation system of San Lorenzo parish based on physical and chemical characteristics. 2) Determine the biological characteristics present in the water of the irrigation system of the parish of San Lorenzo. 3) Compare the parameters that exceed or exceed the permissible limits established in the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of Environment (TULSMA). The research was conducted under stratified random sampling. It was divided into 3 sections, upper, middle and lower, where water samples were taken and quality parameters were determined. Of the samples analyzed within the physical parameters: SST from 240.18 to 268.27 mg/l, while in the chemical parameters are: Fe from 23.19 to 24.36 mg/l, Cu from 4.00 to 5.00 mg/l, DQO₂ from 251 to 270 mg O₂/l, DBO₅ from 111 to 156 mg O₂/l, Ba from 4.48 to 4.74 mg/l, B from 2.13 to 2.24 mg/l, F from 3.67 to 3.76 mg/l, P from 16.01 to 16.98 mg/l y Mn from 5.39 to 6.14 mg/l, in relation to biological parameters: CT from 4150 to 4500 NMP/100 ml and *E. coli* from 3000 to 3500 NMP/100 ml, exceed the maximum permissible limit established in the TULSMA. The increase in anthropogenic activities in the highlands causes pollution of the irrigation system, generating changes in the concentrations of water quality parameters. The excess of iron, copper, manganese, among other elements detected in the water of the San Lorenzo irrigation system, produces a number of negative effects for crops, such as limitations on plant growth, produces malformation of the leaves, causes chlorosis and necrosis, increases the presence of mold and wilt, and inhibits pollen germination and growth, with significant losses for the agricultural sector. Therefore, it can be said that the water is not suitable for irrigation in the parish of San Lorenzo despite the fact that most of the parameters evaluated are below the maximum permissible limit established in current regulations.

Keywords: Water quality, irrigation system, maximum permissible limit

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural único e indispensable para la vida en la tierra; tiene funciones ecológicas fundamentales que influyen en el ciclo de vida de todos los seres vivos. Sus fuentes de provisión son escasas y su capacidad de renovación es limitada. Por ello hay que tener en cuenta que tan, solo un pequeño porcentaje (3%) del agua en la tierra está disponible para las actividades del ser humano.

Es uno de los factores de producción más importantes para la agricultura, ya que garantiza la soberanía alimentaria, comercialización y rentabilidad económica. De esta manera el 40% de los alimentos que consume la humanidad se producen bajo riego, siendo la mayor parte de estos, sistemas a gravedad con eficiencias bajas que no superan el 30%. (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo, 2015)

El Ecuador cuenta con 31 sistemas hidrográficos y con un área potencial de riego de 3.1 millones de ha, pero existen problemas tanto en su distribución como en su gestión, debido a que la mayor parte del agua de riego está en manos de propiedades dedicadas a la producción agrícola industrial y/o en grandes haciendas, como resultado de un manejo ineficiente de la parte administrativa, esto ha generado problemas en la distribución equitativa tanto en el consenso de caudales como en el número de usuarios, pues la distribución del agua de riego ha estado obligado a seguir procesos políticos y no técnicos como se debería. (Gornes, 2010)

La Provincia Bolívar es privilegiada en disponibilidad de recurso hídrico, a pesar de esto existen algunas zonas de la geografía provincial con graves problemas de abastecimiento, debido a una explotación irracional, las demandas de concesión del derecho de aprovechamiento superan la capacidad de las fuentes, la ninguna labor de conservación y protección de las sub cuencas y micro cuencas, la contaminación, la deforestación, erosión, ampliación de la frontera agrícola, entre otros, son factores que han incidido directamente, ocasionando el deterioro y disminución del recurso hídrico. (Recalde, 2015)

San Lorenzo por su parte cuenta con recursos hídricos que forman parte de la cuenca del Río Guayas, la cual tiene una extensión de 53299 km² y es una de las más grandes riquezas potenciales con que cuenta el Ecuador; puesto que se trata de la mayor cuenca hidrográfica de la costa del Pacífico de América del Sur. La Parroquia se encuentra en la Sub-cuenca del Río Babahoyo-Milagro. (GADP San Lorenzo, 2015)

Tanto la calidad del agua de riego como su manejo adecuado son esenciales para tener una producción agrícola óptima. La calidad del agua de riego afecta tanto al desarrollo de los cultivos como a las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

La calidad de algunas fuentes de agua puede variar significativamente de acuerdo a la época del año (como en una época seca / época de lluvias). Los parámetros que determinan la calidad del agua de riego se dividen en tres categorías: químicos, físicos y microbiológicas. (Puyol & Razo, 2016)

En la presente investigación se plantearon los siguientes objetivos:

- Evaluar la calidad del agua en el sistema de riego de la parroquia San Lorenzo en función de las características físicas y químicas.
- Determinar las características biológicas presentes en el agua del sistema de riego de la parroquia San Lorenzo.
- Comparar los parámetros que sobrepasan o exceden los límites permisibles establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundario del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

1.2. PROBLEMA

El conocimiento de la calidad de agua del canal de riego de la parroquia San Lorenzo constituye una necesidad de los sectores sociales que se encuentran involucrados en el sistema, puesto que ello permitirá implementar actividades de conservación del canal de riego, labores de saneamiento e incorporación de planes y programas de manejo, enmarcado en un ámbito participativo en donde sean los mismos actores sociales quienes en base a los estudios realizados, determinen las mejores alternativas de manejo.

El uso eficiente del agua de riego en el campo es uno de los principales factores que pueden garantizar una buena producción alimentaria y el trabajo de las familias vinculadas con el sector agrícola. Sin embargo, la utilización de forma eficiente del agua de riego por parte de los productores requiere de una concientización previa en su uso, el intercambio de conocimientos con los extensionistas, ingenieros y científicos.

Es muy importante considerar aspectos como los niveles de patógeno y la aportación de nutrientes. Las aguas residuales, procedentes de toda actividad humana, al ser vertidas al suelo y/o cuerpos de agua, generan un impacto negativo al ambiente, el uso de esta agua en la agricultura puede ocasionar la acumulación de metales pesados en los suelos, afectando de esta manera a los cultivos en su rendimiento y crecimiento, al actuar sobre las cadenas tróficas pueden perjudicar a la salud humana, debido a la ingestión de alimentos.

La determinación de la calidad del agua es primordial para definir la idoneidad de su uso. La descripción de la calidad del agua puede realizarse por la medición de parámetros, concentraciones, especificaciones y aspectos físicos, químicos y biológicos de sustancias orgánicas e inorgánicas, establecidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULSMA); o utilizando el Índice de Calidad del Agua (ICA). Es necesario señalar que la calidad del agua puede presentar variaciones espaciales y temporales debidos a factores internos y externos del cuerpo de agua.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agua de riego

2.1.1. Definición

El agua para la irrigación en la agricultura se denomina “agua de riego” se obtiene de diferentes fuentes como ríos, lagos o corrientes continuas de aguas naturales y hasta por procesos de desalinización del agua de mar. (Junta de riego de Chambo, 2018)

2.1.2. Importancia del agua de riego

La agricultura es una de las actividades en la que se consume grandes cantidades de agua, es un insumo imprescindible en la producción de alimentos; tanto la cantidad y calidad de las cosechas dependen de gran medida de la calidad y disponibilidad del agua. Los cultivos necesitan ser regados con agua diariamente para que se desarrollen, crezcan y sean un producto final de calidad de ahí es donde parte la importancia del agua de riego, ya que los alimentos obtenidos finalmente serán consumidos por los seres humanos. En las actividades agrícolas los usos de los recursos de agua dulce son sobreexplotados, además, cuando industrias o centros urbanos descargan efluentes contaminados a los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos crean un serio problema al transformar aguas de buena calidad a aguas de calidad no óptimas e inaceptables para sus distintos usos. (Cantuña, 2017)

2.1.3. Uso agrícola del agua

El agua está en el centro del desarrollo social y económico, según la ONU y el Banco Mundial, el mundo no será capaz de superar los desafíos del siglo XXI sino mejora el manejo de los recursos hídricos y asegura el acceso de la gente al agua. El vínculo entre la agricultura y la alimentación es esencial. Los granos y el ganado necesitan agua en grandes cantidades para desarrollarse, pero se estima que solo el

20% del consumo anual de agua en la agricultura, que asciende a 7130 km³, proviene del agua azul; es decir, de lagos, ríos y agua subterránea de irrigación. A pesar de ello, la agricultura de riego tiene un papel crucial, pues produce más del 40% de la producción mundial de alimentos.

El agua es, cada vez más, un recurso escaso, distribuido inequitativamente y cuya capacidad de renovación se ve amenazada ante las situaciones generadas por el cambio climático y el calentamiento global, pero sobre todo por la contaminación y despilfarro que caracterizan su uso, especialmente en las industrias extractivas (minerías, petroleras, madereras). Estas, además de competir en términos desiguales, restringen la posibilidad del uso de agua –tanto en volumen como en calidad– a las poblaciones que las necesitan para su vida y producción. Este contexto, muy actual en las zonas rurales de América Latina. (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2017)

2.1.4. Agua de riego en el Ecuador

La mayor parte del consumo de agua del Ecuador se destina al riego, estimándose su uso en un 80 % del consumo total; no obstante, las pérdidas en la captación, conducciones primarias, secundarias y terciarias y en el ámbito de parcela, hacen que las eficiencias varíen entre el 15 % y 25 %.

Pese a que es poco lo que se conoce sobre el riego privado, estos sistemas cubrirían aproximadamente 460000 ha (83 %), correspondiendo la diferencia, esto es 108000 ha. a cultivos regados con sistemas públicos. Existe una desigual distribución de la tenencia del agua, que confirma la desigualdad en la distribución de la tenencia de la tierra: el 88 % de los beneficiarios del riego, minifundistas, disponen de entre el 6 y el 20 % de los caudales totales disponibles; en contraste, entre el 1 y 4% del número de beneficiarios, hacendados, disponen del 50 al 60 % de los caudales disponibles. (Puyol & Razo, 2016)

2.1.5. Fuentes de agua para riego

El suministro de agua de riego podrá efectuarse por distintas fuentes que podemos dividir en:

- **Aguas de superficie:** Son aguas provenientes de zonas naturales y artificiales puestas dentro de la explotación o puestas en el exterior de esta. Las fuentes naturales externas más comunes son lagos naturales, lagos artificiales, ríos y cursos de agua.
- **Aguas subterráneas:** Son fuentes hídricas situadas en zonas adyacentes de la explotación, que utilizan agua extraída mediante bombas de pozos o de fuentes hídricas naturales subterráneas.
- **Acueducto:** Son fuentes de distribución artificial y procedente de redes comunes externas a la explotación, diferentes de las aguas de superficie;
- **Aguas residuales depuradas:** Son fuentes hídricas procedentes de sistemas de depuración.
- **Aguas desalinizadas:** Son fuentes hídricas procedentes de embalses salados que, antes de utilizarse en agricultura, se tratan al fin de reducir la concentración de sales.
- **Aguas salobres:** Son aguas procedentes de embalses salados caracterizados por un bajo contenido de sal y que, entonces, pueden utilizarse directamente sin aportar tratamiento de desalinización. (SAB S.p.A., 2020)

2.1.6. Calidad del agua con fines de riego

La calidad del agua obedece siempre a un objetivo de uso potencial que este recurso puede tener para la sociedad. Actualmente se utilizan diversos índices e indicadores agronómicos para evaluar la calidad de agua para riego, en los cuales se ponderan algunos parámetros fisicoquímicos medidos y calculados, tales como sólidos totales disueltos (STD), conductividad eléctrica (CE), bicarbonato (HCO_3^-), cloruro (Cl^-), pH, sodio (Na^+), relación de adsorción de sodio (RAS). (Herrera et al., 2018)

Por lo que el agua natural es un sistema de cierta complejidad, no homogéneo, que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas. La composición química de este sistema en función del uso que se le da, recibe el nombre de calidad del agua. Existe una serie de normas que regulan las concentraciones permisibles que debe poseer cada elemento o indicador de calidad según los diferentes usos. Por tanto, en dependencia de la composición química de

un agua ésta podrá encontrar distintos usos, se hace necesario tener en cuenta algunos aspectos a la hora de la toma, conservación y análisis de la muestra, los cuales podrían alterar el resultado dado. (García, 2015)

2.1.7. Efectos del agua de riego contaminada

El uso de aguas residuales procedentes de toda actividad humana, para el riego de cultivos agrícolas es una práctica que se ha incrementado en los últimos años; sin embargo, su uso prolongado puede causar degradación y contaminación del suelo o cuerpos de agua, generan un impacto negativo al ambiente, el uso de esta agua en la agricultura puede ocasionar la acumulación de metales pesados en los suelos, afectando de esta manera a los cultivos en su rendimiento y crecimiento, al actuar sobre las cadenas tróficas pueden perjudicar a la salud humana, debido a la ingestión de alimentos. (García, 2020)

Las aguas de riego en su mayoría tienen exceso de nitritos y nitratos debido a la utilización de abonos inorgánicos y orgánicos. Al utilizar cantidades excesivas de abonos, estos no son asimilados en su totalidad por los cultivos, siendo arrastrados a acuíferos y llegando así a las aguas de riego y a cultivos posteriores. El gran uso de pesticidas aumenta la predisposición para contraer plagas y provoca acumulación en las plantas, las mismas que eliminan estos excesos a través de los frutos. (Puyol & Razo, 2016)

Los nitratos tienen un alto poder de infiltración y al ser estos parte de los fertilizantes, se pueden encontrar fuentes de agua contaminadas, que en altas concentraciones producen trastornos sanguíneos. Además, los altos niveles de nitratos y fosfatos en el agua estimulan el crecimiento de algas verde-azules, que llevan a la desoxigenación, perjudicando el metabolismo de los organismos que sirven de depuradores, al descomponer materia orgánica. (Pardavé, 2017)

Los metales pesados en pequeñas cantidades son considerados micronutrientes, pero pasado el límite tolerable se consideran elementos perjudiciales para la salud; así el uso de fertilizantes produce contaminación por fosfatos y nitratos además de contener metales pesados; estos producen contaminación del suelo.

El plomo y el cadmio se consideran metales pesados potencialmente tóxicos para el ser humano, principalmente por el cuadro clínico que producen y por su alta acumulación. El plomo podrá estar presente en alimentos como residuo de plaguicidas, su consumo aun en bajas concentraciones durante largos periodos de tiempo de acumulación, la misma que manifiesta sus efectos tóxicos. (García, 2015)

El cadmio es rápidamente absorbido por las plantas y no es Fito tóxicos, sin embargo, es muy tóxico para el hombre y se acumula en el hígado y riñones; de igual manera como elemento traza en aguas de riego puede ser toxico para personas y animales.

Las aguas negras que se evacuan en letrina abiertas, canales de agua o que se esparcen en tierras cultivadas producen enfermedades diarreicas; además que el uso de aguas servidas como fertilizante puede provocar epidemias como el cólera o hepatitis. (Pardavé, 2017)

El consumo de alimentos contaminados, ocasiona la acumulación de toxinas en el cuerpo, las que producen debilidad y mayor disposición a enfermedades. Los productores de alimentos se preocupan por la calidad de agua con que riegan, ya que los productos no deben tener restos de pesticidas, microorganismos, metales pesados u otros elementos perjudiciales para la salud humana. (García, 2015)

2.1.8. Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

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 esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (Tabla 1):

Tabla 1*Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola*

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (Total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (Total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Carbomatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (Total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,005
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (Total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (Totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (Totales)	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sólidos disueltos totales		mg/l	3000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coliformes totales	nmp/100ml		1000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	Cero
Zinc	Zn	mg/l	2

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2017).

2.1.9. Muestreo de aguas

Para determinar las características del agua, será necesario obtener el caudal en los puntos de muestreo, recolectar muestras representativas y analizar las muestras obtenidas. El muestreo de aguas se realizará para obtener muestras que sean representativas, es decir que por su composición caracterizaran el agua del canal de riego. Se debería también definir la ubicación de los puntos de muestreo, el número de muestras y la periodicidad del mismo. En aguas superficiales en movimiento, como ríos, arroyos y canales, la toma de muestra se debe realizar en un lugar en donde la corriente sea normal, se debe evitar recoger material flotante y se deberá sumergir el recipiente con la boca en contra de la corriente. (Pardavé, 2017)

2.1.10. Tipos de muestra

2.1.10.1. Muestra simple o puntual

Son tomadas cuando un cuerpo de agua mantiene sus características o cuando recibe afluentes que desean ser caracterizados a intervalos de tiempos; en el segundo caso estas muestras simples son analizadas por separado para registrar la frecuencia y duración de las variaciones en el cuerpo de agua.

Una muestra simple o puntual representa la composición del agua original para el lugar, tiempo y circunstancias que se realizó el muestreo. Es necesario tomar muestras siempre en envases estériles para analizar parámetros microbiológicos como: coliformes totales. (Pardavé, 2017)

Así también, es necesario determinar en muestras simples e instantáneas parámetros *in-situ*, el pH, debido a que si se mezclan dos o más muestras de agua simple pueden ocurrir reacciones que alterarían el valor del pH. (Puyol & Razo, 2016)

2.1.10.2. Muestras compuestas

Son muestras obtenidas de la combinación de muestras simples y son tomadas en un mismo lugar con intervalos de tiempo determinados e iguales para obtener una muestra uniforme; son utilizadas para determinar concentraciones promedio de

componentes que no sufren alteraciones al momento de tomar la muestra y de ser almacenado. (Puyol & Razo, 2016)

2.1.11. Protocolo de muestreo de aguas

Para la toma de muestras de agua en acequias o canales que conducen aguas para el riego previo al análisis que se hace en el laboratorio; se deben seguir los siguientes pasos:

1. Seleccionar el sitio de muestreo.
2. Utilizar recipientes plásticos, lavados con el agua que se desea muestrear.
3. Enjuagar 2 a 3 veces con la fuente de agua que se va a muestrear, desechando el agua de enjuague.
4. Poner por lo menos un litro en el recipiente, tomando la muestra del agua en movimiento, a unos 5 a 10 cm debajo del espejo de agua. Es conveniente tomar la muestra de la parte media del cauce.
5. Recoger la muestra sin dejar cámara de aire. Se puede dejar un mínimo sin llenar que permita la variación de volumen debida a potenciales diferencias térmicas. Si se le va a agregar algún conservante contemplar el volumen necesario para el mismo.
6. Cerrar el envase asegurando su cierre hermético.
7. Identificar a la muestra básicamente con:
 - Nombre del sitio.
 - Nombre del muestreador.
 - Fecha y hora del muestreo.
 - Coordenadas de la muestra.
8. Guardar la muestra en lugar fresco (interior de un vehículo) o en conservadora si fuera necesario y llevarla al Laboratorio en el menor tiempo posible (se recomienda como tiempo máximo de entrega a Laboratorio de 4 días).
9. Enviar al laboratorio en forma inmediata.

Las muestras de aguas no deben tomarse en zonas estancadas o en lugares donde el agua no fluya con normalidad. (Gallo, Rosas, Zamar, & Basán, 2011)

2.1.12. Análisis de agua de riego

Se trata de un tipo de análisis fundamental en la agricultura, ya que nos permite conocer las características químicas del agua de cara a la correcta preparación de las disoluciones fertilizantes. Además, los análisis de aguas de riego nos darán información sobre el carácter salino, disponibilidad que tendrán los nutrientes en el suelo y de los nutrientes que la propia agua de riego aporta.

Los análisis de aguas de riego se deben realizar antes de comenzar la temporada de riego/fertirrigación. En muchas ocasiones las características químicas del agua van cambiando a lo largo de este período, sobre todo en parámetros de carácter salino. En este último caso se recomienda repetir el análisis de agua periódicamente. (Tadeo, 2020)

2.1.13. Análisis físico-químico

Para valorar la calidad de las aguas para riego se emplean los mismos criterios que para las aguas superficiales o subterráneas, es decir su contenido en elementos potencialmente fitotóxicos como los cloruros y la concentración de metales pesados, nutrientes y compuestos orgánicos. (García, 2015)

2.1.14. Análisis biológico

Las aguas deben estar libres de organismos patógenos, los coliformes se usan como indicadores, a pesar de no ser patógenos están presentes en el tracto intestinal de personas y animales de sangre caliente. (Pardavé, 2017)

2.1.15. Parámetros para análisis físico, químico y biológico

2.1.15.1. Parámetros físicos

Son los que definen las características del agua que responden los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbidez, olor, color, sabor y temperatura. (Puyol & Razo, 2016)

- **Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica de una solución es una medida de la capacidad de la misma para transportar la corriente eléctrica y permite conocer la concentración de especies iónicas presentes en el agua. Como la contribución de cada especie iónica a la conductividad es diferente, su medida da un valor que no está relacionado de manera sencilla con el número total de iones en solución. Depende también de la temperatura. (Universidad Politécnica de Cartagena, 2010)

- **Temperatura**

La temperatura es aquella propiedad física que se ve influenciada básicamente por la radiación solar incidente en el agua. Interviene directamente en los procesos de fotosíntesis, desarrollo o productividad de las plantas, crecimiento de organismos, etc. Determina la solubilidad de gases y minerales, la concentración de oxígeno disuelto y de carbonato de calcio en el agua. Se determina mediante termometría, su medición se realiza en el sitio de muestreo con el propósito de obtener resultados reales y se expresa en grados centígrados °C. (Clavijo y Granja, 2016)

- **Turbidez**

Es un estimador de los sólidos en suspensión. Se aplica a aguas que contienen materia en suspensión tal que interfiere con el paso de la luz a través del agua. A mayor penetración de la luz solar en la columna de agua, menor será la cantidad de sólidos o partículas en suspensión y viceversa. Tiene una relación con el uso actual del suelo, tipos de suelos predominante, cobertura vegetal, entre otros. (Puyol & Razo, 2016)

- **Sólidos disueltos totales**

Es un indicador de las sales disueltas en una muestra de agua después de la remoción de sólidos suspendidos; se define como la cantidad de residuos remanentes después que la evaporación del agua ocurre. Es común observarlos en terrenos agrícolas que han sufrido procesos fuertes de escorrentía. (Álvarez & Acuña, 2015)

- **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos en suspensión son productos de la erosión de los suelos, detritus orgánico y plancton. Los sólidos suspendidos, tales como limo, arena y virus, son generalmente responsables de impurezas visibles. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

2.1.15.2. Parámetros químicos

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materias orgánicas y nutrientes. (Puyol & Razo, 2016)

- **Potencial hidrógeno (pH)**

Es una medida relativa de la acidez o alcalinidad del agua. La acidez natural producida principalmente por el CO_2 y ocurre cuando el pH está entre 8.5 y 4.5. Valores de pH más bajos de 4.5 son debido a la acidez mineral producido por ácidos fuertes como el H_2SO_4 , el HCl o el HNO_3 . Por otro lado, la alcalinidad natural es producida por carbonatos y bicarbonatos y puede llevar el pH hasta valores de 8,3. Valores fuertes como el NaOH o el $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Un aumento o disminución significativos de este parámetro en las fuentes de agua puede causar pérdida de biota nativa. Cambios en este parámetro afectan las funciones fisiológicas (enzimas, procesos de membrana) de la biota y conducen a efectos tóxicos en la misma a través de cambios de la toxicidad de varios contaminantes. (Puyol & Razo, 2016)

- **Nitrógeno**

Está en forma de nitrato y nitrito, son los compuestos que llegan al agua mediante precipitación, escorrentía y por afluentes de industrias alimenticias, aguas residuales domésticas y agrícolas. Las fuentes de nitratos se obtienen de aguas de desechos con un mal tratamiento de drenaje y sistemas sépticos en mal

funcionamiento. Un exceso de este elemento puede generar una alteración en el crecimiento normal de las plantas. (Álvarez & Acuña, 2015)

- **Cobre**

Elemento traza esencial requerido por la mayoría de los organismos acuáticos, acumulado por las plantas y bioconcentrado por organismos como: fitoplancton, zooplancton, macrófitas, macroinvertebrados y peces. Los efectos tóxicos ocurren cuando la tasa de ingesta excede la tasa de detoxificación fisiológica o bioquímica y excreción. Inversamente, la toxicidad del cobre para invertebrados, algas y peces se incrementa si la salinidad del agua disminuye. Elevadas concentraciones de cobre interfieren en el transporte del oxígeno y el metabolismo de la energía. Este metal esencial puede bioacumular en los organismos acuáticos, pero puede ser regulado por los mismos. (Pardavé, 2017)

- **Fosfato**

El fósforo es un elemento imprescindible para la vida ya sea vegetal o animal. A partir del fósforo se forma el ion sulfato y se encuentran mayoritariamente en las rocas portadoras de fósforo (fosfatadas), localizadas en suelos y mares. Además, los fosfatos están presentes en fertilizantes, detergentes o limpiadores del hogar y pueden llegar al agua como consecuencia de los desechos industriales, agrícolas y descargas de aguas residuales domésticas. El fosfato orgánico es parte de las plantas y los animales que se adhieren a la materia orgánica, siendo los responsables de la presencia de algas y plantas acuáticas grandes. El exceso de fosfato ocasiona el proceso de eutrofización (enriquecimiento en nutrientes de un ecosistema). El arrastre de tierras cultivadas con compuesto a base de fósforo, y los vertidos de aguas servidas domésticas son la base del fosfato en los ríos. (Cantuña, 2017)

- **Dureza**

La dureza es causada por la presencia de iones metálicos polivalentes disueltos en el agua, este parámetro afecta la osmorregulación de los peces. Por otro lado, en agua dulce en la medida que aumenta la dureza, la toxicidad de los metales pesados

disminuye, los iones Ca^2 y Mg^2 para la toma por parte de los organismos. (Puyol & Razo, 2016)

- **Demanda química de oxígeno (DQO₂)**

Por medio de este parámetro se determina la cantidad total de oxígeno requerida para oxidar toda la materia orgánica a dióxido de carbono en el agua. El mismo no diferencia entre materia orgánica disponible biológicamente e inerte; un valor alto en el parámetro en mención refleja altas demandas y consecuente disminución del oxígeno disponible para los organismos, ocasionando pérdida de peces y otra importante biota acuática. (Cantuña, 2017)

- **Cromo**

El cromo es un metal pesado presente en el medio ambiente que se deposita en el suelo y agua, pudiéndose acumular en los cultivos y en organismos terrestres y acuáticos. Como consecuencia, en el último eslabón de la cadena trófica, se transmite a las personas a través del consumo de agua y de alimentos de origen animal y vegetal con alto contenido del metal pesado. (Organización Mundial de la Salud, 2021)

- **Hierro**

Es un catión muy importante desde el punto de vista de contaminación, aparece en dos formas: ion ferroso, Fe^{++} , o más oxidado como ion férrico, Fe^{+++} . La estabilidad y aparición en una forma u otra depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc. Afecta a la potabilidad de las aguas y es un inconveniente en los procesos industriales por provocar incrustaciones. Por todo lo anterior, las aguas subterráneas sólo contienen el ion ferroso disuelto, que suele aparecer con contenidos entre 0 y 10 ppm, pero al airear el agua se precipita el hidróxido férrico de color pardo-rojizo, y se reduce el contenido a menos de 0,5 ppm. Para que parezcan contenidos de hierro de varias docenas de ppm hacen falta que el medio sea ácido. (Payeras, 2017)

- **Zinc**

El zinc en aguas naturales ocurre en forma de partículas disueltas o suspendidas. El zinc disuelto asume varias formas químicas diferentes en varios complejos orgánicos e inorgánicos. El zinc se presenta como Zn^{+2} en aguas ácidas y como $ZnOH^+$ en aguas blandas. Es un elemento esencial para el crecimiento de las plantas. El crecimiento de las plantas puede sufrir desde carencia de zinc en suelos deficientes hasta niveles excesivos en los suelos, que son tóxicos para las plantas y los organismos en el suelo. (Biasi, Messina, & Gómez, 2020)

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)**

Representa la materia orgánica biodegradable. Es la más usada para determinar la eficiencia de los tratamientos que se aplican a los líquidos residuales. Se da cuando ciertas sustancias presentes en las aguas residuales, al verterse a un curso de agua, captan el oxígeno existente debido a la presencia de sustancias químicas reductoras. Es una medida de la estimación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral como el hierro, nitrito, amoníaco, cloruro, y otros. (Cantuña, 2017)

- **Arsénico total**

El arsénico es un elemento distribuido extensamente por toda la corteza terrestre, en su mayoría en forma de sulfuro de arsénico o de arseniatos y arseniuros metálicos. En ciertas regiones, las fuentes de agua de consumo, particularmente las aguas subterráneas, pueden contener concentraciones altas de arsénico. Con frecuencia, su concentración está estrechamente relacionada con la profundidad del pozo. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

- **Aluminio**

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra, y constituye aproximadamente el 8% de la superficie terrestre. Casi todas las rocas contienen aluminio en forma. El agua de lluvia puede disolver el aluminio del suelo y las rocas, y se puede encontrar disuelto en ciertos lagos, arroyos y ríos, hallándose de

forma natural en concentraciones de hasta 2mg/l. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

- **Bario**

El bario es un oligoelemento presente en las rocas ígneas y sedimentarias, pero el bario presente en el agua proviene principalmente de fuentes naturales. Aunque no se encuentra libre en la naturaleza, se presenta en una cantidad de compuesto. Su sal más común es el sulfato de bario (barita) y la menos común el carbonato de bario. El bario en el agua proviene de fuentes naturales. La solubilidad de los compuestos del bario se incrementa cuando los niveles de pH descienden. (Álvarez & Acuña, 2015)

- **Boro total**

El boro se encuentra de forma natural en aguas subterráneas, pero su presencia en aguas superficiales con frecuencia es consecuencia del vertido en aguas superficiales de efluentes de aguas residuales tratadas (a las que accede por su utilización en ciertos detergentes). (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

- **Cianuro total**

Sustancias de alto poder contaminante general y en medios hídricos en particular, provenientes casi exclusivamente de la actividad industrial. en el término cianuro se incluyen diferentes compuestos cianurados. Como cianuros se incluyen una serie de diversos compuestos orgánicos caracterizados por el grupo $-C\equiv N$. (Jayora, 2010)

- **Cloruros**

Este ión no es absorbido ni tampoco que da en el suelo, sino que es atrapado por la planta y se acumula en las hojas de la misma; si el nivel de cloruro en el agua de riego excede la tolerancia de la planta se dan síntomas como por ejemplo hojas quemadas o tejidos de estas muy secos. (Cantuña, 2017)

- **Fluoruros**

El ion fluoruro corresponde a sales de solubilidad muy limitada, suele encontrarse en cantidades superiores a 1 ppm, alrededor de dicha concentración puede resultar beneficioso. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

- **Fósforo total**

El fósforo forma la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. (Puyol & Razo, 2016)

- **Manganeso**

El ion manganeso se comporta en la mayoría de los casos muy parecido al ión hierro, además de poder ser bivalente y trivalente positivo puede también presentarse con valencia +4 formando el MnO_2 que es insoluble. Rara vez el agua contiene más de 1 ppm y requiere un pH ácido. (Cantuña, 2017)

- **Níquel**

Varias sales de este elemento son bastante solubles en agua, pero en general, los niveles medios de Ni en aguas superficiales no superan los 5-10 $\mu g/l$. Sin embargo, se pueden medir concentraciones del orden de 1 mg/l en algunos casos. En aguas subterráneas, las concentraciones pueden ser más altas. Es conocido que las plantas acumulan níquel y como resultado la toma de níquel de los vegetales será eminente. (Álvarez & Acuña, 2015)

- **Plomo**

Se halla en la naturaleza fundamentalmente como sulfuro y carbonato. El Pb metálico expuesto al aire, se oxida primero por el O_2 de éste (formando hidróxido) y posteriormente es atacado por el CO_2 con lo que se generaría $PbCO_3$ de carácter pasivante. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

- **Selenio**

Elemento fisiológicamente "esencial", se encuentra difundido en la naturaleza en pequeñas cantidades, asociado a cobre y azufre puros o combinados, y a compuestos de boro. En suelos de carácter volcánico es especialmente abundante. Se halla disuelto en el agua, en dos estados de oxidación Se^{4+} y Se^{6+} así como dimetilselenio. (Ecofluidos Ingenieros S.A., 2012)

2.1.15.3. Parámetros biológicos

El agua es un medio donde literalmente miles de especies microbiológicas habitan y llevan a cabo su ciclo vital. El rango de los organismos acuáticos en tamaño y en complejidad puede ser unicelulares. Los microbiológicos a menudo utilizan la diversidad de especies como parámetro cualitativo en río y lagos. (Puyol & Razo, 2016)

- **Coliformes totales**

Los coliformes son bacterias Gram negativas, de forma bacilar, no forman esporas, de respiración aerobia o anaerobia facultativa. Estas bacterias tienen la capacidad de fermentar lactosa generando gas luego de 24 - 48h de incubación a $35^{\circ}C$ - $37^{\circ}C$. La mayoría de las veces estos microorganismos indicadores pertenecen al intestino de personas y animales; sin embargo, hay coliformes que forman parte del medio ambiente. Dentro del grupo de coliformes totales está el grupo de coliformes fecales y dentro de este último la bacteria *Escherichia coli*. (Puente, 2015)

- ***Escherichia coli***

Escherichia coli (*E. coli*) son bacterias Gram-negativo y son un tipo de bacterias coliformes fecales que se encuentran comúnmente en los intestinos de los animales y los seres humanos. *E. coli* son tan pequeños que no se pueden ver sin un microscopio, sin embargo, su crecimiento puede verse como colonias en medios de agar (como gelatina) en condiciones especiales. La presencia de *E. coli* en el agua es una fuerte indicación de una reciente contaminación de aguas residuales o contaminación de residuos de animales. Es importante tener en cuenta que *E. coli*

y los residuos de animales/humanos pueden entrar en nuestra agua de muchas maneras diferentes. Por ejemplo, durante la lluvia y derretimiento de la nieve, *E. coli* se puede lavar en los ríos, arroyos, lagos o aguas subterráneas, de la superficie de la tierra. Otras formas son la fauna silvestre, fosas sépticas defectuosas, actividades recreativas y prácticas locales de uso del suelo (por ejemplo, estiércol utilizado como fertilizante y ganado). (Rock & Rivera, 2014)

2.1.16. Marco legal

El marco legal del riego se refiere a todas las normas creadas por el Estado ecuatoriano para regular y orientar la administración del riego. A continuación, se presentan las normas legales establecidas las siguientes entidades públicas.

2.1.16.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución del Ecuador se manifiesta en la importancia del agua y prioriza su uso dentro del ámbito agrícola.

- **Art 3.** El estado garantizará sin discriminación el derecho al agua a sus habitantes.
- **Art 12.** El derecho al agua, ya que el agua es un patrimonio nacional y de uso público.
- **Art 74.** El derecho y acceso libre de recurso agua para las comunidades y los pueblos.
- **Art 83.** Respeto y uso del agua de forma racional, sustentable y sostenible.
- **Art 263. Numeral 3.** Los Gobiernos Provinciales junto con los Gobiernos Regionales deberán encargarse de las obras de cuencas y micro-cuencas.
- **Art 263. Numeral 5.** Los Gobiernos Provinciales tendrán la competencia exclusiva de planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego.
- **Art 281. Numeral 4.** El Estado promoverá políticas redistributivas que permitan el acceso del campesino al agua.
- **Art 282.** El Estado prohibirá el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes. (Constitución de la Republica del Ecuador, 2008)

2.1.16.2. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)

El COOTAD incluye las funciones de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD's) para el agua de riego.

- **Art 42.** Los Gobiernos Provinciales son los encargados de planificar, construir, operar y mantener los sistemas de riego.
- **Art 133.** La elaboración y ejecución de planes de riego locales utilizando las políticas de desarrollo rural territorial es responsabilidad de los GAD's, además se establece que los planes de riego se deberán cumplir de acuerdo a las políticas, disponibilidad hídrica y regularización técnica.
- **Art 146.** Los GAD's parroquiales rurales promoverán la organización de recintos, comunidades y demás asentamientos rurales estableciendo niveles de coordinación con las juntas administradoras de agua potable y riego. (COOTAD, 2010)

2.1.16.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (LORHUyA)

Garantiza el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el buen vivir y los derechos de la naturaleza.

- **Art 4.** Protección y conservación del agua: Se prohíbe la privatización del agua garantizando el derecho al agua, la gestión pública y comunitaria.
- **Art 12.** Protección, recuperación y conservación de fuentes: Se establece que las juntas de riego son responsables de la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos.
- **Art 14.** Cambio de uso de suelo: El estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua para el riego.

- **Art 18.** Competencias y atribuciones de la autoridad única del agua: Las competencias se otorgan a personería jurídica y las juntas administradoras de agua potable, de Riego y drenaje.
- **Art 31.** Trasvases: La construcción de trasvases es permitido siempre y cuando no atente el abastecimiento de agua para riego.
- **Art 32.** Gestión pública o comunitaria del agua: La gestión pública será manejada por el Estado en cuanto a organización, políticas y sanciones, al contrario, la gestión comunitaria será manejada por las comunas, pueblos y juntas de agua de riego, ellos serán los encargados de operar, administrar, proteger y mantener la infraestructura del canal de riego.
- **Art 39.** Servicio público de riego y drenaje: Estos servicios se aplicarán al riego parcelario, riego público y de drenaje.
- **Art 40.** Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje: La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución, participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. (Asamblea Nacional del Ecuador, 2014)

2.2. Canal de riego

2.2.1. Definición

Los canales de riego consisten en conducir el agua desde la presa hasta el campo donde será aplicado a los cultivos. Son obras que deben ser cuidadosamente pensadas para no provocar daños al medio ambiente y para que se gaste la menos cantidad de agua. Están estrechamente vinculadas a las características de la zona donde se crea, por lo general siguen aproximadamente las curvas de nivel de la zona donde se creó, descendiendo suavemente hacia costas más bajas. Un canal es un conducto de perímetro mojado que transporta agua cuya superficie libre se halla en contacto con la atmósfera.

Los canales tienen finalidad de conducir el agua desde la bocatoma hasta el lugar de carga o distribución de las parcelas agrícola. El agua fluye debido al desnivel o diferencia de alturas entre el extremo inicial y el final del canal; sin ninguna presión (solo por gravedad). Los canales de riego tienen la función de conducir el agua

desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

2.2.2. Importancia del canal de riego

Los canales de riego son importantes porque son las estructuras básicas para conducir el agua de riego hacia los puntos de entrega en las parcelas, lotes o chacras y ayudan a administrar la mayor cantidad de agua posible. Los canales pueden utilizarse también para la remoción de los excesos hídricos. En nuestro país tanto los canales de riego como los de drenaje, en general, son canales en tierra. (Moya, 2013)

2.2.3. Tipos de canales

Los canales se pueden clasificar de varias formas, según se considere: visibilidad del agua, material, sección.

2.2.3.1. Según la visibilidad del agua

Los canales pueden ser abiertos o cerrados, pero el agua tanto en unos como en otros siempre circula en continuo contacto con la atmósfera.

- **Canales abiertos:** Son aquellos en los que la lámina de agua en contacto con la atmósfera se encuentra visible. Entre las características principales de estos canales podemos citar:
 - Tienen bajo costo de limpieza.
 - Son necesarias obras singulares, como sifones, acueductos, para cruzar otros elementos lineales como carreteras, caminos, ríos, arroyos.
 - Necesitan un camino de servicio paralelo para limpieza.
 - Crean una barrera artificial que impide el acceso a distintas zonas.
 - Son rápidos de limpiar. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

- **Canales cerrados:** Son aquellos en los que la lámina de agua en contacto con la atmósfera se encuentra sin visibilidad. Las características principales de estos canales son:
 - Tienen costes elevados de limpieza.
 - La mayor parte de estos canales son prefabricados.
 - Tienen que construirse arquetas para realizar la limpieza.
 - Para el paso de otros elementos lineales no suelen ser necesarias obras singulares.
 - Las secciones mínimas vienen limitadas por motivos de limpieza.
 - No es necesario camino de servicio para limpieza de los mismos. (Jiménez, 2013)

2.2.3.2. Según el material

- **Canales de tierra:** Sólo en canales abiertos, tienen un bajo coste de construcción, pero un elevado coste de explotación y grandes pérdidas de agua.
- **Hormigón en masa y hormigón prefabricado:** Válido para canales abiertos.
- **Materiales asfálticos:** Para canales abiertos.
- **Membranas plásticas:** Como PVC, para canales abiertos.
- **Tuberías de hormigón en masa, hormigón armado PVC, polietileno, fibrocemento, acero, poliéster reforzado con fibra de vidrio:** Para canales cerrados. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

2.2.3.3. Según la sección

- **Rectangulares:** Se utiliza en canales construidos con materiales estables, acueductos de madera, canales excavados en roca y revestidos con piedra o cemento debido a que sus lados son verticales. Tienen la forma de un rectángulo.
- **Semicirculares y parabólicas:** Las secciones semicirculares y parabólicas se suelen utilizar en canales abiertos de hormigón en masa o armado

prefabricado, mientras que las rectangulares y trapezoidales en canales abiertos de cualquier tipo de material.

- **Trapezoidales:** Se usa en canales de tierra y revestidos debido a que proporcionan una mayor estabilidad de sus estructuras, es la más difundida. Tienen la forma de un trapecio.
- **Triangulares:** Se usa en canales pequeños para cunetas revestidos en caminos y carreteras. Tienen la forma de un triángulo invertido.
- **Circulares:** Se utilizan generalmente para atravesar cerros o colinas. A estos canales se les considera como la de máxima eficiencia hidráulica. Tienen la forma de círculo. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

2.2.4. Partes de un canal de riego

En el canal de riego se sitúan muchas y variadas estructuras, llamadas “obras de arte”, éstas son:

- **Obras de cruce:** del canal de riego con otras infraestructuras existentes en el terreno, pertenecientes o no al sistema de riego. Estas a su vez pueden ser de:
 - Cruce de canal de riego con un canal de drenaje del mismo sistema de riego.
 - Cruce de un dren natural, con el canal de riego, a una cota mayor que este último.
 - Cruce de canal de riego con una hondonada, o valle.
 - Cruce de canal de riego con una vía. (Jiménez, 2013)
- **Secciones de aforo:** Destinados a medir la cantidad de agua que entra en un determinado canal, en base al cual el usuario del agua pagará por el servicio. Existen diversos tipos de secciones de aforo, alguna muy sencillas: constan de una regla graduada que es leída por el operador a intervalos pre establecidos, hasta sistema complejos, asociados con compuertas autorregulables, que registran el caudal en forma continua y lo transmiten a la central de operaciones computarizadas. (Moya, 2013)

- **Controles de seguridad:** Estos deben funcionar en forma automática, para evitar daños en el sistema, si por cualquier motivo hubiera una falla de operación (alguien decía alguna vez, que no puede ser que, si una vaca decide acostarse en el canal a tomar el fresco, todo el sistema, en cascada se autodestruya), esto que parece una broma es tomado muy en serio por los proyectistas de los sistemas de riego. Existen básicamente dos tipos de controles de seguridad: los vertederos, y los sifones. (Jiménez, 2013)
- **Controles de nivel:** Muchas veces asociadas a las obras de derivación, son destinadas a mantener siempre, en el canal, el nivel de agua dentro de un cierto rango y, especialmente en los puntos terminales, con una inclinación descendente. (Moya, 2013)
- **Obras de derivación:** Que como su nombre lo indica, se usa para derivar el agua (utilizando partidores), desde un canal principal a uno secundario, o de este último hacia un canal terciario, o desde este terciario hacia el canal del campo y el cañón de boquera. Generalmente se construye en hormigón, o en mampostería de piedra, están equipados con compuertas, algunos simples, manuales (también denominados Tabluchos, otros que pueden llegar a ser sofisticados, y manejados por control remoto). (Jiménez, 2013)

2.2.5. Clases de canales de riego

- **Naturales:** Estos canales son los que se forman en las depresiones naturales de los suelos más o menos profundos que se encuentran en colinas, montañas o planicies; como los ríos, riachuelos, quebradas, entre otros.
- **Artificiales:** Estos canales son aquellos construidos por la mano del hombre y tienen por finalidad conducir el agua de riego hacia los cultivos.
- **Por su función:** Los canales de riego por sus diferentes funciones adoptan las siguientes denominaciones:
 - **Canal de primer orden:** Llamado también canal madre o de derivación y se le traza siempre con pendiente mínima, normalmente es usado por un solo lado ya que por el otro lado da con terrenos altos. Se construyen

generalmente en las cabeceras de los terrenos y son los que derivan el agua de ríos, logos, lagunas o manantiales.

- **Canal de segundo orden:** Llamados también laterales, son aquellos que salen del canal madre y el caudal que ingresa a ellos, es repartido hacia los sub-laterales, el área de riego que sirve un lateral se conoce como unidad de riego. Son canales anchos y poco profundos permitiendo conducir mayor cantidad de agua por encima del nivel de los terrenos que se van a regar y experimentan pocas fluctuaciones del tirante hidráulico al momento de la descarga.
- **Canal de tercer orden:** Llamados también sub-laterales y nacen de los canales laterales, el caudal que ingresa a ellos es repartido hacia las propiedades individuales a través de las tomas del solar, el área de riego que sirve un sub-lateral se conoce como unidad de rotación. Generalmente estos canales son profundos que además de repartir el agua, recogen el agua de infiltración y se acercan a la máxima eficiencia hidráulica. (Cevallos, 2012)

2.2.6. Elementos geométricos del canal de riego

Los elementos geométricos son propios de una sección del canal que puede ser definida enteramente por la geometría de la sección y la profundidad del flujo. Estos elementos son:

- **Profundidad del flujo, calado o tirante:** La profundidad del flujo (h) es la distancia vertical del punto más bajo de la sección del canal a la superficie libre.
- **Ancho superior:** El ancho superior (T) es el ancho de la sección del canal en la superficie libre.
- **Área mojada:** El área mojada (A) es el área de la sección transversal del flujo normal a la dirección del flujo.
- **Perímetro mojado:** El perímetro mojado (P) es la longitud de la línea de la intersección de la superficie mojada del canal con la transversal normal a la dirección del flujo.

- **Radio hidráulico:** El radio hidráulico (R) es la relación entre mojado y el perímetro mojado, se expresa: $R=A/P$.
- **Profundidad hidráulica:** La profundidad hidráulica (D) es la relación del área mojada con el ancho superior, se expresa: $D=A/T$.
- **Factor de la sección el factor de la sección (Z):** Para cálculos de escurrimiento o flujo crítico es el producto del área mojada con la raíz cuadrada de la profundidad hidráulica, se expresa como: $Z= A.SQRT (D)$. (Moya, 2013)

2.2.7. Tipos de flujos de un canal

Los canales tienen dos tipos de características que son:

- **Las características hidráulicas:** Se tratan de la profundidad que tiene el agua, su perímetro y área mojada y su radio hidráulico. Resultan relevantes a la rugosidad de las paredes del canal, la cual se obtiene en función del material utilizado para su construcción, así como el mantenimiento que se le ha dado al mismo, depende también de la línea de agua, la cual puede ser o no paralela a la pendiente que tenga el fondo del canal.
- **Las características geométricas:** No son más que la forma que tiene la sección transversal del mismo, así como también sus dimensiones y la pendiente longitudinal que tenga el fondo del canal.
- **Entre los distintos tipos de flujo de un canal, se encuentran los siguientes:**
 - **Flujo permanente:** Es el flujo en que las propiedades fluidas, son constantes en el tiempo, a pesar de que las mismas no lo sean en el espacio.
 - **Flujo transitorio o no permanente:** Es el que presenta cambios en sus características al paso del tiempo, para estudiar el comportamiento del canal.
 - **Flujo sub-crítico o flujo lento:** Es el nivel efectivo del agua en una determinada sección.

- **Flujo uniforme:** Este es el que se da en un canal recto, cuya sección es de pendiente constante, y se encuentra a una distancia considerable de los puntos en que se realizan las mudanzas de sección transversal, puede ser de forma, de rugosidad, cambio de la pendiente o en una variación del caudal.
- **Flujo gradualmente variado:** Cuando la profundidad de flujo cambia a través de la longitud del canal. Este puede ser permanente o no permanente. Se clasifica en rápidamente variado o gradualmente variado, dependiendo de la profundidad del agua. (Arqhys Construcción, 2012)

2.2.8. Construcción y manejo de canales

El canal lleva el agua desde el río o arroyo hasta la chacra. Allí se podrá regar por surcos o por manto. La forma, tamaño y pendiente del canal determinan la cantidad de agua que puede llevar, es decir el caudal, que generalmente se mide en litros por segundo (l/seg). (Jiménez, 2013)

2.2.8.1. Consideraciones para tener en cuenta

- La capacidad o cantidad de agua que va a conducir.
- El tipo de suelo, que determinará la inclinación de las paredes del canal en relación a su base (talud).
- La pendiente del terreno. La pendiente o desnivel depende del tipo de suelo, puede ser mayor en suelos gredosos que en suelos arenosos. La pendiente se expresa como una diferencia de altura por cada 1.000 metros de longitud. Por ejemplo, una pendiente de 1/1000 (uno por mil) significa que el fondo del canal baja 1 metro en 1000 metros de recorrido.
- Excesiva pendiente, aumenta la velocidad del agua y erosiona el fondo del canal.
- Poca pendiente, disminuye la velocidad del agua y se acumulan piedras y tierra en el fondo.

- Si el terreno tiene mucha pendiente, construya saltos con: troncos, piedras, plástico o ramas. Así se disminuye la velocidad del agua y no erosiona el canal. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

2.2.8.2. Medición de caudal

Para medir el caudal de un río, arroyo o un canal, se usa un procedimiento basado en la "geometría de la sección y en la velocidad media del flujo. para aplicar este procedimiento se debe conocer exactamente la geometría de la sección en la cual se efectuará la medición, lo cual permite conocer el área $A(h)$ que corresponde a la altura h , y se debe determinar en la forma más precisa posible:

- El nivel del agua en la sección, h .
- La velocidad media del fluido en la sección, v media.
- Como consecuencia, el caudal Q será igual a: v media * $A(h)$. (Jiménez, 2013)

Una vez conocidas varias parejas de datos ($h - V$ media), se dice que la sección ha sido calibrada, y se puede determinar una formula empírica de transformación de nivel en caudal. A partir de este momento, y mientras la sección no se modifique, se puede estimar el caudal midiendo el nivel del agua en la sección, y utilizando la ecuación de transformación. Las ecuaciones de transformación son más precisas para secciones regulares, cuya geometría sea próxima a la de un rectángulo, un triángulo o un trapecio. Por esa razón, cuando es compatible con los costos, se introducen en los canales, secciones específicas para la medición del caudal. (Moya, 2013)

2.2.8.3. Mantenimiento de un canal

Las obras se deterioran por lo que se precisan acciones para su mantenimiento en buen uso. Son operaciones imprescindibles, aunque no exista tendencia a no emplear en ella los recursos necesarios.

- **Detención de filtraciones:** Las filtraciones son origen de graves problemas (supresión en el recubrimiento, arrastre de materiales que afecta a la

estabilidad) por lo que su detención y eliminación es una labor de máxima importancia.

- **Control de vegetación:** En los alrededores del canal se produce una proliferación de la vegetación debido a la abundancia de agua, sedimentos en el fondo. Esta vegetación debe eliminarse periódicamente. Lo tradicional era limpiar a mano en momentos de secado del canal, otra forma era quemándola después de un periodo de secado. (Universidad Nacional de Cajamarca, 2019)

2.3. Sistema de riego San Lorenzo

2.3.1. Antecedentes

La infraestructura actual de los diferentes sistemas de riego existentes presenta variaciones significativas en lo que respecta a su vida útil. Se ha identificado que existen algunos sistemas antiguos, que fueron construidos hace 20 o 30 años, así como sistemas relativamente nuevos, que han sido construidos durante los últimos 5 años. El primer sistema de riego público en la Provincia Bolívar fue el canal de riego Vinchoa, construido por el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hídricos - INERHI en el año 1985. Es durante esa época que el Estado tomó total protagonismo en la gestión de proyectos y sistemas de riego, iniciando la construcción de los canales de riego: San Lorenzo en 1986 y por último el canal de riego Santa Fe en el año 1987.

En el año de 1996 el INERHI termina la construcción de los sistemas de riego estatales de Vinchoa, San Lorenzo y Santa Fe, los cuales cuentan con ramales secundarios y terciarios. Es importante recalcar que las concesiones para el uso y aprovechamiento del agua para riego de los tres sistemas de riego estatales fueron otorgados en el año 1998 y que en la actualidad, el único sistema transferido completamente a la junta de usuarios es el sistema de riego Santa Fe, mientras que los sistemas de Vinchoa y San Lorenzo todavía están a nombre de CEDEGE, por lo que no están totalmente transferidos. (GADPB, 2014)

2.3.2. Características del sistema de riego San Lorenzo

Tabla 2

Características del sistema de riego San Lorenzo

Provincia:	Bolívar
Cantón:	Guaranda
Parroquia:	San Lorenzo
Proyecto:	Sistema de riego San Lorenzo
Longitud del sistema de riego:	10 km
Familias beneficiadas:	390
Usuarios:	160
Organización:	Junta de Riego San Lorenzo
Representante:	Sra. Magaly Herrera
Permiso SENAGUA:	Si
Área regable (ha):	183 ha
Gravedad:	Si
Tipo de riego: Aspersión:	Si
Goteo:	No

Fuente: (GADPB, 2014 & SENAGUA, 2019)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Materiales

3.1.1. Localización de la investigación

Provincia	Bolívar
Cantón	Guaranda
Parroquia	San Lorenzo

3.1.2. Situación geográfica y climática

Altitud:	2632 msnm
Latitud:	01°41'52'' S
Longitud:	78°59'00'' W
Temperatura máxima:	22°C
Temperatura mínima:	7°C
Temperatura media anual:	14.5°C
Heliofanía:	900 horas/luz/año
Pluviometría promedio anual:	980 ml
Humedad relativa promedio anual:	70%

Fuente: (Estación meteorológica UEB, 2021)

3.1.3. Zona de vida

De acuerdo con la clasificación de las zonas de vida, realizado por Holdridge, L. (1979); el sitio corresponde a la formación bosque seco Montano Bajo (bs-MB).

3.1.4. Material experimental

- Muestras de agua del canal de riego

3.1.5. Materiales de campo

- Rotuladores

- Botas
- Envases
- Cámara fotográfica
- Libro de campo
- GPS
- Guantes
- Mascarillas

3.1.6. Materiales de laboratorio

3.1.6.1. Materiales

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

3.1.6.2. Equipos

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Estufa
- Incubadora
- Autoclave
- Mechero bunsen

- Cámara de flujo laminar
- Balanza analítica
- Conductímetro
- Potenciómetro para pH
- Turbidímetro

3.1.7. Materiales de oficina

- Lápiz
- Esfero
- Hojas papel bond
- Borrador
- Marcadores
- Resaltadores
- Carpetas
- Calculadora
- Computadora
- Impresora

3.2. Métodos

3.2.1. Tipo de análisis

Se realizó un análisis descriptivo-comparativo, en cada una de las muestras que se tomaron a lo largo del canal de riego, empleando medidas, según el siguiente detalle:

- Media
- Máximos
- Mínimos
- Rango

3.3. Métodos de evaluación y datos tomados

3.3.1. Parámetros físicos

3.3.1.1. Conductividad eléctrica (CE)

Esta variable se evaluó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego con la ayuda de un conductímetro, dándonos un valor de conductividad eléctrica en microSiemens/centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

3.3.1.2. Turbidez (T)

Se determinó con la ayuda de un turbidímetro en las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, las unidades de medida se representaron con las siglas UNT (Unidades Nefelométricas de Turbiedad).

3.3.1.3. Sólidos Disueltos Totales (SDT)

Esta variable se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego mediante la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales, la cual se expresó en mg/l.

3.3.1.4. Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Para esta variable se empleó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) el método gravimétrico, el cual consistió en la retención de las partículas sólidas en un filtro de fibra de vidrio a través del cual se hace pasar una muestra homogénea; el residuo que quedó retenido se seca a $103-105^{\circ}\text{C}$. El incremento en el peso del filtro representó la cantidad de sólidos suspendidos totales expresado en mg/l.

3.3.2. Parámetros químicos

3.3.2.1. Potencial de hidrógeno (pH)

Para su determinación, se empleó el método del potenciómetro en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, el cual fue determinado por la escala de pH con valores de 0 a 14.

3.3.2.2. Dureza total (DT)

Variable que se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego como la suma de las concentraciones de iones calcio y magnesio expresado como carbonato de calcio en mg/l. Se utilizó el método 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.

3.3.2.3. Sulfatos (SO₄)

Para determinar esta variable en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica a 420 nm, siendo la concentración de SO₄²⁻ determinada respecto a una curva de calibración, dato que será expresado en mg/l.

3.3.2.4. Nitratos (NO₃)

Esta variable se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de onda de 220 nm, y se expresó en mg/l.

3.3.2.5. Hierro (Fe)

Para determinar la cantidad de hierro en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, expresado en mg/l, se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de a 510 nm.

3.3.2.6. Cromo hexavalente (Cr⁺⁶)

Esta variable se determinó por el método de espectrofotometría de absorción atómica en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego a una longitud de onda de 540 nm y la absorbancia es proporcional a la concentración de cromo en la muestra, expresada en mg/l.

3.3.2.7. Cobre (Cu)

El cobre se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego por el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA) de llama de aire - acetileno por aspiración directa. 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.

3.3.2.8. Zinc (Zn)

Esta variable se evaluó por el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA) de llama de aire – acetileno por aspiración directa en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego. 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.

3.3.2.9. Demanda química de oxígeno (DQO₂)

Para determinar la demanda química de oxígeno en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, se utilizó el método del dicromato, dato que se expresó en mg O₂/l.

3.3.2.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅)

La demanda bioquímica de oxígeno se determinó mediante el método de dilución en las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego expresado en mg O₂/l, determinándose la diferencia entre el oxígeno inicialmente presente y el que restó a los 5 días.

3.3.2.11. Arsénico total (As)

Para determinar la cantidad de arsénico presente en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, expresado en mg/l, se utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica a una longitud de a 197 nm.

3.3.2.12. Aluminio (Al³⁺)

Esta variable se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica sin llama a una longitud de onda de 309 nm, y se expresó en mg/l.

3.3.2.13. Bario (Ba)

Variable que utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica con llama de óxido nitroso y acetileno en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego a una longitud de onda de 553 nm, expresada en mg/l.

3.3.2.14. Boro total (B)

Esta variable se evaluó por el método de espectrofotometría de absorción atómica basada en medio ácido, el B forma con el ácido carmínico un complejo coloreado susceptible de determinación colorimétrica trabajando a una longitud de onda de 585 nm, expresado en mg/l, en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego.

3.3.2.15. Cianuro total (CN)

Para su determinación, se empleó el método colorimétrico en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, mediante su reacción con Cloramina-T en cloruro de cianógeno, en presencia de ácido barbitúrico genera un compuesto coloreado susceptible de determinación colorimétrica a una longitud de onda de 578 nm, expresado en mg/l.

3.3.2.16. Cloruros (Cl)

Se empleó el método volumétrico en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron en el canal de riego, basado en la reacción de precipitación de los iones Cl⁻ por adición de una disolución valorante de sales de Ag⁺ en medio neutro, dato expresado en mg/l.

3.3.2.17. Fluoruros (F)

Para determinar la cantidad de fluoruros en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, expresado en mg/l, se utilizó la técnica ionométrica, en la cual se usa un electrodo selectivo de fluoruros, cuyo elemento sensible es una membrana de fluoruro de lantano.

3.3.2.18. Fósforo total (PO₄)

El fósforo se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego por el método de espectrofotometría molecular. Este método tiene una onda de longitud de 690 nm, expresado en mg/l.

3.3.2.19. Manganeso (Mn²⁺)

Esta variable se evaluó por el método de espectrofotometría de absorción atómica (EAA) de llama de aire – acetileno en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego. Este método tiene una onda de longitud de 279 nm, dato expresado en mg/l.

3.3.2.20. Níquel (Ni)

Esta variable se determinó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica sin llama a una longitud de onda de 232 nm, y se expresó en mg/l.

3.3.2.21. Plomo (Pb²⁺)

Se determinó con el método de espectrofotometría de absorción atómica en las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego, con una onda de longitud de 283 nm, expresado en mg/l.

3.3.2.22. Selenio (Se)

Variable que utilizó el método de espectrofotometría de absorción atómica en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego a una longitud de onda de 196 nm, expresada en mg/l.

3.3.3. Parámetros biológicos

3.3.3.1. Coliformes totales (CT)

La determinación de microorganismos coliformes totales se realizó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego mediante el método del Número más Probable (NMP), utilizando un medio de cultivo que contenía sales biliares, expresado en NMP/100 ml.

3.3.3.2. *Escherichia coli* (*E. coli*)

La búsqueda de *Escherichia coli* se realizó en cada una de las 3 muestras (4 litros c/u) que fueron tomadas en el canal de riego 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.

3.4. Manejo de la investigación

3.4.1. Fase de campo

Corresponde a la fase inicial del proyecto, en la cual se realizaron las siguientes actividades:

3.4.1.1. Identificación de la zona

Se fundamentó en la observación de la zona mediante un recorrido en el cual se consideró el canal de riego de la parroquia San Lorenzo.

3.4.1.2. Selección de sitios de estudio

Se determinó tres transectos a lo largo de toda la zona de impacto del estudio, uno en la parte alta, otro en la media y finalmente en la parte baja, los mismos que fueron geo-referenciados mediante el uso de GPS con el fin de obtener una ubicación precisa.

3.4.1.3. Toma de muestras

Consistió en un proceso sistemático, en el cual primeramente se fragmentó cada transecto en parte alta, media y baja, mediante el uso de frascos de 4 litros c/u, los cuales se enjuagaron 3 veces con la fuente de agua, desechando el agua de enjuague, se recolectó la muestra de agua en movimiento en cada uno de los transectos, estas se recogieron sin dejar cámara de aire para lo cual el envase se aseguró con un cierre hermético.

Tabla 3

Esquema de muestreo

Transecto	Muestra
1 (ALTA)	1A
2 (MEDIA)	1M
3 (BAJA)	1B

3.4.1.4. Traslado de muestras

Una vez cumplido el proceso anterior se llevó las 3 muestras de agua al laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, lugar en el cual se desarrolló la segunda fase.

3.4.2. Fase de laboratorio



Consistió en la segunda fase de la investigación, proceso en el cual se realizó las siguientes actividades:

3.4.2.1. Ingreso de muestras

Cada una de las muestras extraídas en el sitio de estudio, ingresaron al laboratorio respectivamente codificadas y etiquetadas.

Tabla 4

Etiqueta empleada en la investigación

	Universidad Estatal de Bolívar Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente Carrera de Agronomía	
Tema:		
Valoración de la calidad física, química y biológica del agua en el sistema de riego San Lorenzo, cantón Guaranda		
Sector	El Zapán	
Transecto	1	
Muestra	1A	
Código	UEB.FCA.CA.T1.001	
Altitud	2680 m.s.n.m.	
Latitud	1° 40' 36" S	
Longitud	78° 57' 33" W	
Responsable	Pablo Francisco Alarcón Aguay	
Fecha	31 de agosto de 2022	
Hora	10H57	

3.4.2.2. Procesos analíticos

Los análisis de las muestras recolectadas se realizaron en el laboratorio de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guaranda, en la que el agua fue caracterizada con el fin de determinar los niveles de contaminación que ésta posee al comprobar los principales parámetros permisibles para la evaluación de la calidad de agua para riego, los cuales son:

Tabla 5

Parámetros para el análisis de las muestras del agua de riego

Parámetro	Unidad	Método
Físicos		
Conductividad eléctrica	μS/cm	Potenciómetro
Turbidez	UNT	Turbidímetro
Sólidos disueltos totales	mg/l	Gravimétrico
Sólidos suspendidos totales	mg/l	Gravimétrico
Químicos		
pH		Potenciómetro
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	Titulométrico
Sulfatos	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Nitratos	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Hierro	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Cromo hexavalente	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Cobre	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Zinc	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Demanda química de oxígeno	mg O ₂ /l	Dicromato
Demanda bioquímica de oxígeno	mg O ₂ /l	Dilución
Arsénico total	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Aluminio	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Bario	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Boro total	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Cianuro total	mg/l	Colirimétrico
Cloruros	mg/l	Volumétrico
Fluoruros	mg/l	Ionométrica
Fósforo total	mg/l	Espectrofotometría molecular
Manganeso	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Níquel	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Plomo	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Selenio	mg/l	Espectrofotometría de absorción atómica
Biológicos		
Coliformes totales	NMP/100 ml	Número más Probable
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	Número más Probable

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

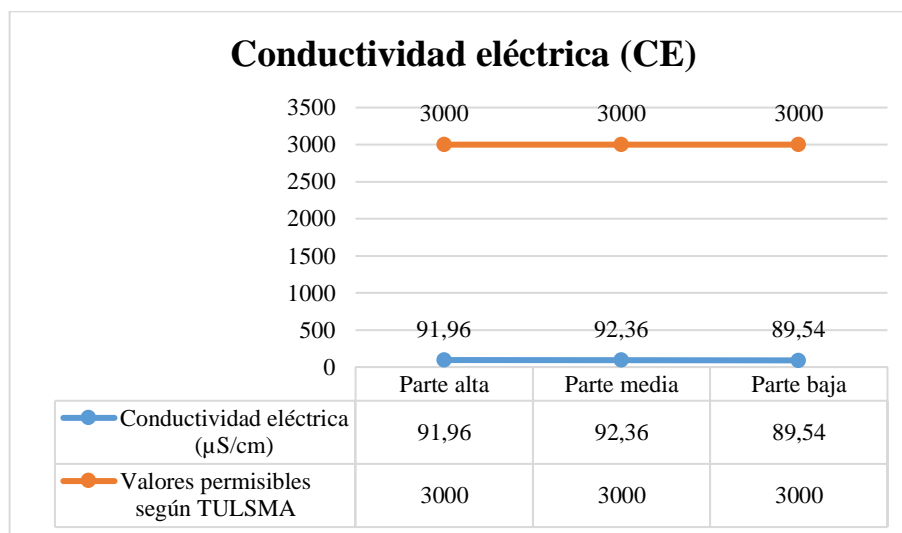
4.1.1. Análisis de parámetros físicos

4.1.1.1. Determinación de conductividad eléctrica

La conductividad es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativa de la presencia de iones. Proviene de una base, un ácido o una sal, disociadas en iones.

Figura 1

Conductividad eléctrica



De los resultados obtenidos para conductividad eléctrica, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 92.36 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte baja (sector Amapolas) con 89.54 $\mu\text{S}/\text{cm}$, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por debajo del límite máximo permisible (3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) establecido en el TULSMA.

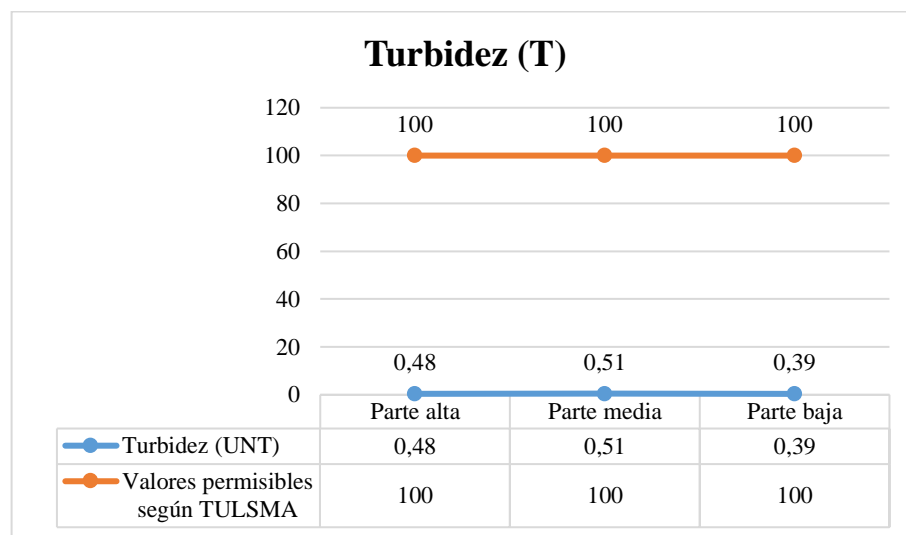
En los tres sectores se obtienen valores bajos, debido a la presencia de compuestos orgánicos (malos conductores de electricidad) que no logran disociarse en el agua.

4.1.1.2. Determinación de turbidez

La turbidez es una medida del grado en el cual el agua pierde su transparencia debido a la presencia de partículas en suspensión. Cuantos más sólidos en suspensión haya en el agua, más sucia parecerá ésta y más alta será la turbidez. La turbidez es considerada una buena medida de la calidad del agua.

Figura 2

Turbidez



Con base a los resultados de los análisis para turbidez, indica que ninguno de los tres sectores evaluados supera el valor máximo (100 UNT) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 0.51 UNT, mientras que la menor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 0.39 UNT.

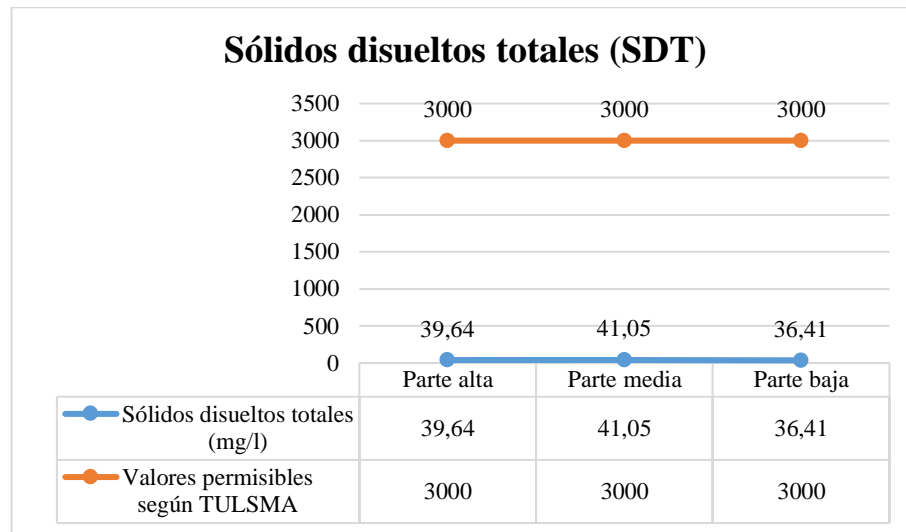
La turbidez en el agua se debe al arrastre de partículas en suspensión como tierra, arcillas provenientes de la toma del canal de riego, la minería (material pétreo) que se realiza en la parte superior a la toma del sistema de riego, así como también, por sedimentos que se encuentran en el lecho del canal.

4.1.1.3. Determinación de sólidos disueltos totales

El término SDT describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua. Son todos los sólidos, que están en solución ionizados. No incluyen los sólidos en suspensión, coloides ni gases disueltos.

Figura 3

Sólidos disueltos totales



Para el parámetro sólidos disueltos totales, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 41.05 mg/l, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte baja (sector Amapolas) con 36.41 mg/l, mostrando de esta forma que los tres sectores evaluados no superan el valor máximo (3000 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

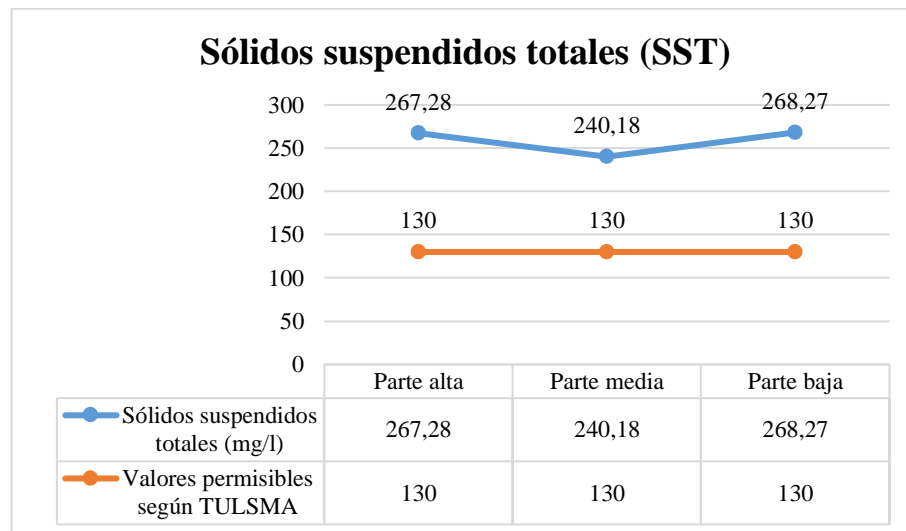
Los valores de sólidos disueltos totales registrados durante el análisis en los tres sectores son bajos, esto corrobora con los datos de conductividad, ya que, se presenta una baja cantidad de cationes y aniones orgánicos o inorgánicos disueltos en el agua.

4.1.1.4. Determinación de sólidos suspendidos totales

Este indicador se refiere a la carga de SST en cuerpos de agua y no a vertimientos. En lenguaje técnico se usa la expresión Carga para señalar el volumen de sólidos suspendidos que corre o alberga un cuerpo de agua durante un periodo determinado. Permite evaluar si un cuerpo de agua cumple con las condiciones exigidas y está disponible para satisfacer necesidades básicas.

Figura 4

Sólidos suspendidos totales



Respecto a los resultados del análisis del parámetro sólidos suspendidos totales, en los tres sectores evaluados, se menciona que se encuentran por encima del límite máximo permisible (130 mg/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 268.27 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 240.18 mg/l.

En los tres sectores se obtienen valores altos, debido a que existe cierto grado de contaminación y concentración de agentes polutantes, como consecuencia de la emanación de impurezas al canal, tales como la granulometría, algas, etc., son causantes de las impurezas más visibles en el sistema de riego.

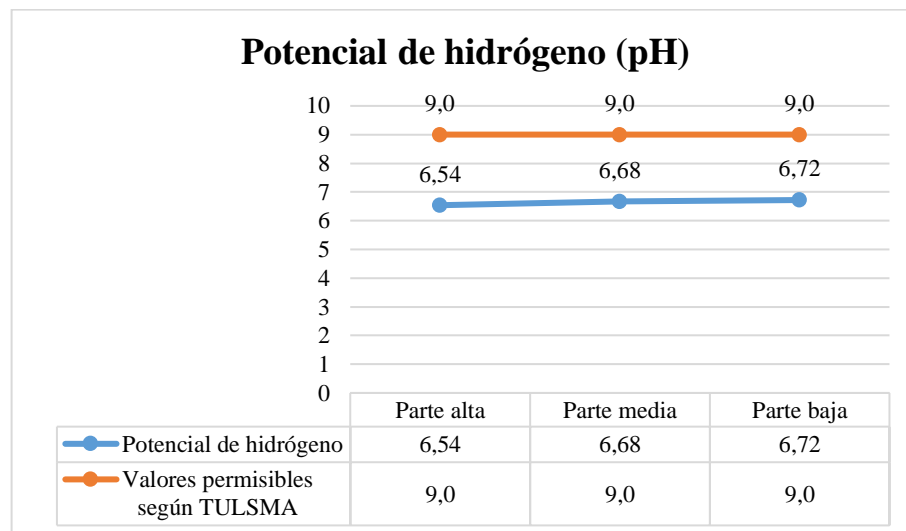
4.1.2. Análisis de parámetros químicos

4.1.2.1. Determinación de potencial de hidrógeno (pH)

El pH es un valor variable entre 0 y 14 que indica la acidez o la alcalinidad de una solución. Y, además, conoce que el mantenimiento del pH apropiado en el flujo del riego ayuda a prevenir reacciones químicas de fertilizantes en las líneas, que un valor de pH elevado puede causar obstrucciones en los diferentes componentes de un sistema de fertirrigación.

Figura 5

Potencial de hidrógeno (pH)



De los resultados obtenidos para potencial de hidrógeno (pH), se observa, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 6.72, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte alta (sector El Zapán) con 6.54, lo cual corresponde a un pH ligeramente ácido con base en la escala de pH, mostrando de esta forma que los que los tres sectores evaluados no superan el rango (6 a 9) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

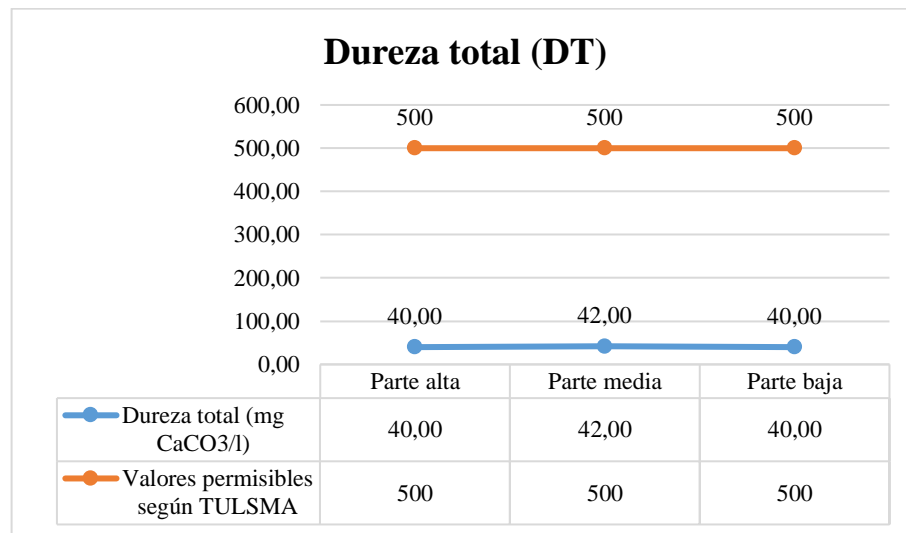
Las variaciones de pH son causadas por la entrada de sustancias ácidas (naturales o sintéticas) al agua, entre las fuentes que aportan a los cambios están las explotaciones de depósitos minerales, descargas de aguas residuales.

4.1.2.2. Determinación de dureza total

La dureza total es determinada principalmente en función del calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) presentes en el agua. Ambos cationes en concentraciones altas pueden causar que las plantas no crezcan o no se desarrollen satisfactoriamente. Además, pueden ocasionar obstrucciones, deterioros y corrosión en los equipos usados para irrigar las plantas cultivadas.

Figura 6

Dureza total



Con base a los resultados de los análisis para dureza total, indica que ninguno de los tres sectores evaluados se encontró por encima del límite máximo permisible (500 mg CaCO_3/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 42.00 mg CaCO_3/l , mientras que las menores concentraciones corresponden a los sectores El Zapán (parte alta) y Amapolas (parte baja) con 40.00 mg CaCO_3/l respectivamente.

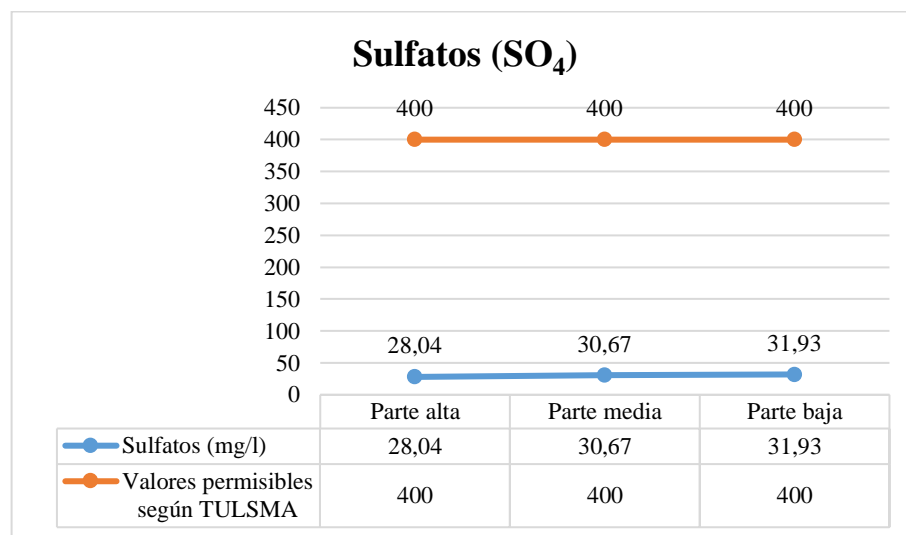
Los valores de dureza total registrados durante el análisis en los tres sectores son bajos, por ende, se afirma que el agua del canal de riego es un agua de tipo blanda o suave la cual puede ser más corrosiva.

4.1.2.3. Determinación de sulfatos

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.

Figura 7

Sulfatos



Para el parámetro sulfatos, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 31.93 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde a la parte alta (sector El Zapán) con 28.04 mg/l, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por debajo del límite máximo permisible (400 mg/l) establecido en el TULSMA.

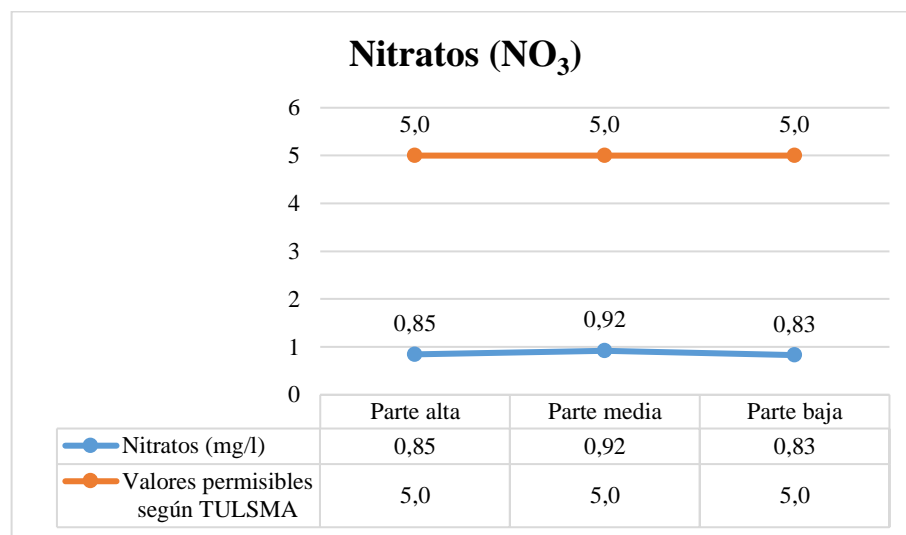
Los sulfatos en altas concentraciones generan problemas en el material por donde atraviesa el agua de riego, generalmente si este es concreto, debido a la corrosión generada por el intercambio iónico entre sulfatos y el calcio, que al combinarse reaccionan formando sulfoaluminato de calcio provocando que este se expanda y se rompa.

4.1.2.4. Determinación de nitratos

El nitrato es una forma de nitrógeno que todas las plantas necesitan para crecer. En los campos, y también en los jardines, se usan los fertilizantes con nitrógeno para enriquecer el suelo. Desafortunadamente, los nitratos pueden contaminar los acuíferos de agua subterránea.

Figura 8

Nitratos



Respecto a los resultados del análisis del parámetro nitratos, en los tres sectores evaluados, se menciona que no supera el valor máximo (5.0 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 0.92 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 0.83 mg/l.

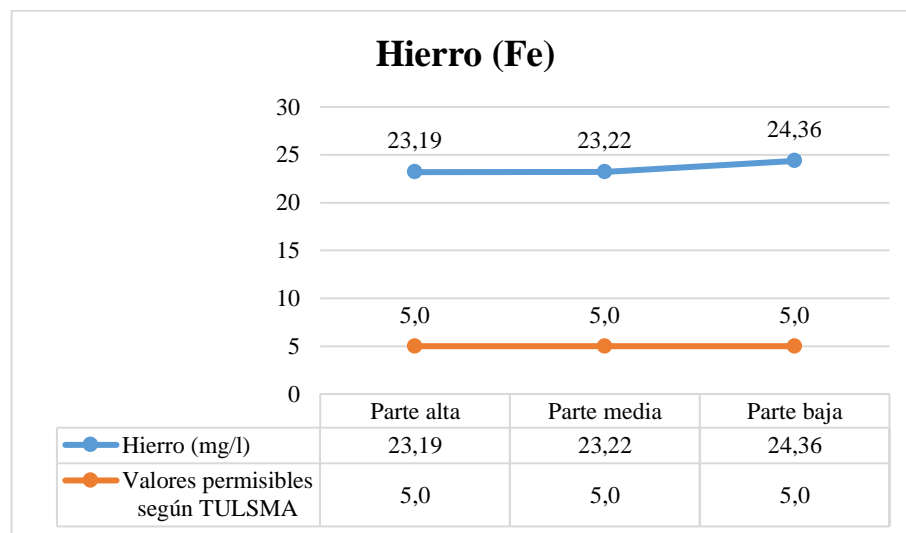
La presencia de nitratos se debe a la existencia de ciertos contaminantes en el agua, entre ellos están principalmente residuos de abonos químicos u orgánicos que provienen de los excrementos de animales localizados en zonas cercanas al canal, así como también a caudales de segundo orden que ingresan al canal.

4.1.2.5. Determinación de hierro

El hierro es un elemento esencial para los cultivos. Las plantas no pueden realizar su ciclo vital sin su ausencia, ya que está involucrado en el metabolismo de la planta de una manera específica. Está involucrado en la síntesis de clorofilas, y participa de un buen número de sistemas enzimáticos importantes para el metabolismo de las plantas.

Figura 9

Hierro



De los resultados obtenidos para hierro, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 24.36 mg/l, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte alta (sector El Zapán) con 23.19 mg/l, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por encima del límite máximo permisible (5.0 mg/l) establecido en el TULSMA.

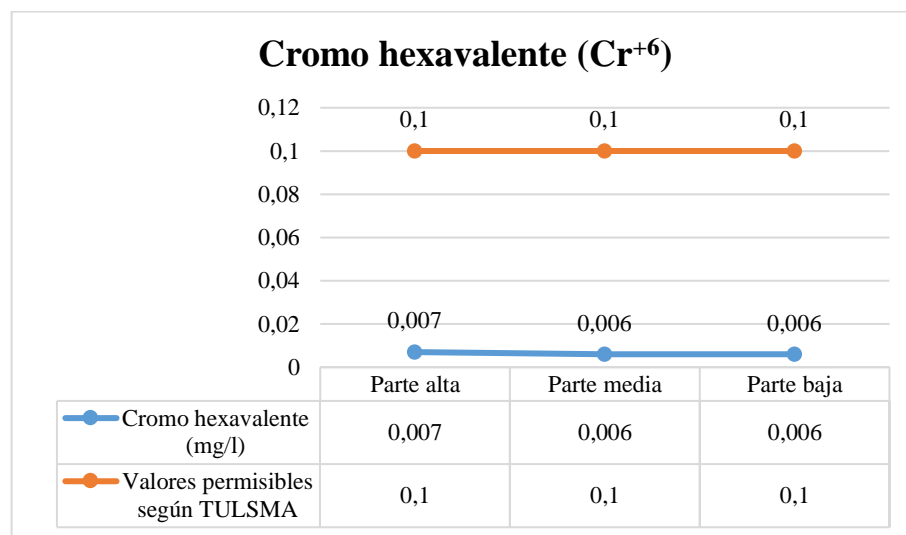
Los valores de hierro total registrados durante el análisis en los tres sectores son altos, debido a las aguas residuales domésticas que se desembocan allí, también, a la acción disolvente del agua al pasar por depósitos de hierro, de la misma manera al impacto de la minería (material pétreo) que se realiza en la parte superior a la toma del sistema de riego.

4.1.2.6. Determinación de cromo hexavalente

En el ambiente existen varios estados de oxidación del cromo, solo las formas trivalentes y hexavalentes son consideradas como de importancia biológica. En los ambientes acuáticos el cromo estará presente predominantemente en una forma soluble.

Figura 10

Cromo hexavalente



Con base a los resultados de los análisis para cromo hexavalente, indica que ninguno de los tres sectores evaluados supera el valor máximo (0.1 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 0.007 mg/l, mientras que las menores concentraciones corresponden a los sectores Sauce Alto (parte media) y Amapolas (parte baja) con 0.006 mg/l respectivamente.

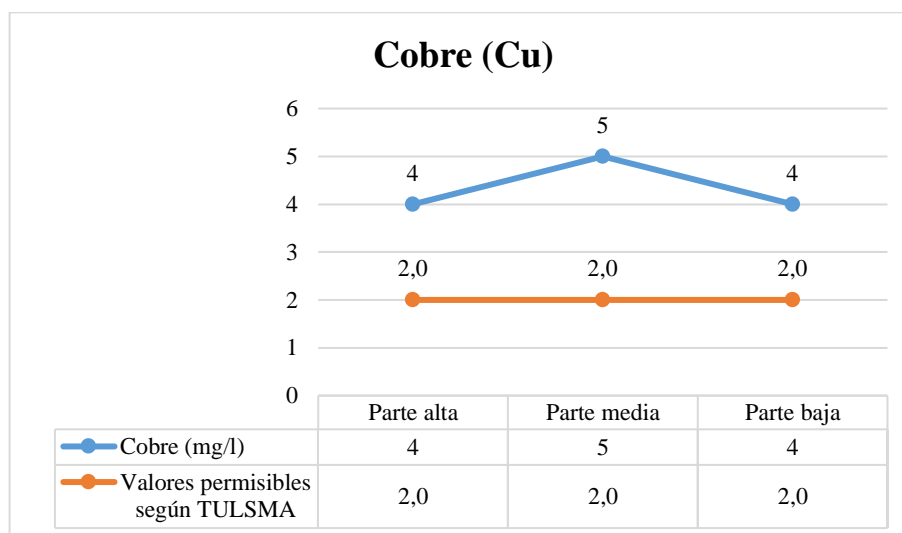
La presencia de cromo hexavalente en agua es poco común, atribuyéndole su presencia en este caso a procesos de erosión del suelo.

4.1.2.7. Determinación de cobre

El cobre puede existir en aguas naturales ya sea en su forma disuelta como el Ion cúprico (+2) o complejoado con aniones inorgánicas o ligandos orgánicos (carbonatos, cloruros, ácidos húmico y fúlvico).

Figura 11

Cobre



Para el parámetro cobre, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 5.00 mg/l, mientras que las menores concentraciones corresponden a la parte alta (El Zapán) y parte baja (sector Amapolas) con 4.00 mg/l, mostrando de esta forma que los tres sectores evaluados superan el valor máximo (2.0 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

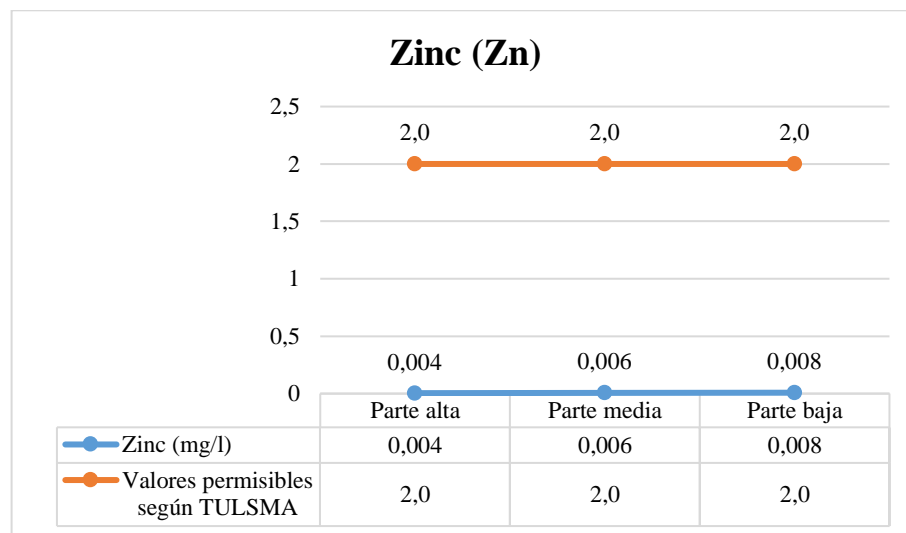
El cobre se encuentra presente en el agua por numerosos factores y procesos, siendo una por actividades humanas (mal manejo del sistema de riego, minería de material pétreo) y otra por procesos naturales (concentración de iones inorgánicos con los cuales el Cu puede formar complejos inorgánicos: Fe, Al y Mn).

4.1.2.8. Determinación de zinc

Aunque sea un elemento esencial para las plantas en altas concentraciones el zinc puede ser considerado como fitotóxico, afectando directamente la producción de cultivos y fertilidad del suelo.

Figura 12

Zinc



Respecto a los resultados del análisis del parámetro zinc, en los tres sectores evaluados, se menciona que se encuentran por debajo del límite máximo permisible (2.0 mg/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 0.008 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 0.004 mg/l.

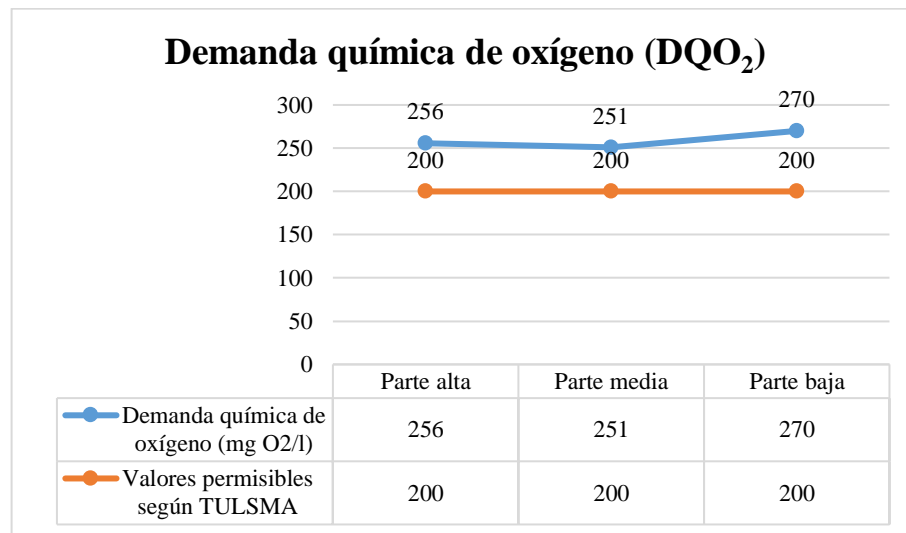
En los tres sectores se obtienen valores bajos, debido a que no existe la presencia de ciertos contaminantes en el agua, entre ellos están principalmente residuos de productos químicos como fungicidas e insecticidas.

4.1.2.9. Determinación de demanda química de oxígeno

La demanda química de oxígeno es un parámetro que cuantifica la cantidad de sustancias que pueden ser oxidadas de forma química, mediante la adhesión de un oxidante fuerte como es el dicromato de potasio en ácido sulfúrico a altas temperaturas, las cuales oxidan sustancias que se encuentran disueltas o suspendidas en el agua.

Figura 13

Demanda química de oxígeno



De los resultados obtenidos para demanda química de oxígeno, se observa, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 270 mg O₂/l, mientras que la menor concentración corresponde a la parte media (sector Sauce Alto) con 251 mg O₂/l, mostrando de esta forma que los tres sectores evaluados superan el valor máximo (200 mg O₂/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

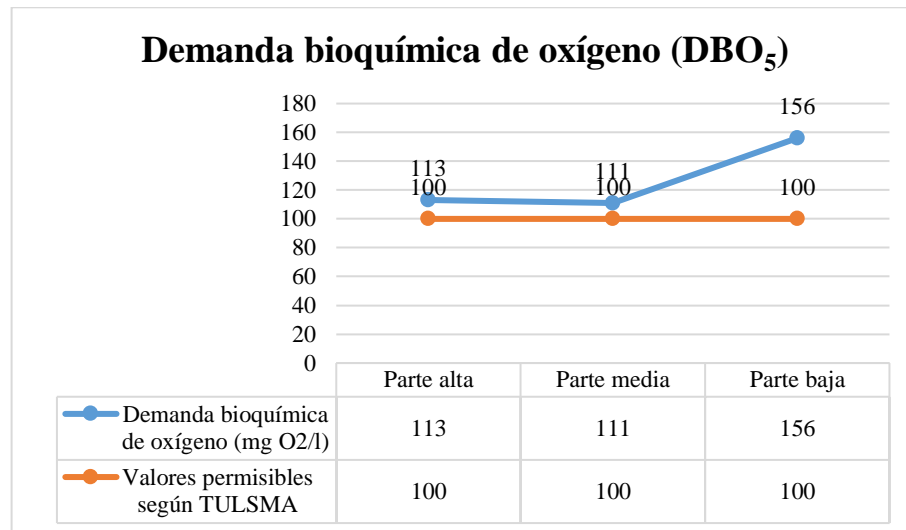
La DQO₂ registrada en los tres sectores tienen valores altos, debido al arrastre de materiales orgánicos hacia el canal o debido a posibles vertidos orgánicos provenientes de corrales ubicados cerca del sitio de muestreo.

4.1.2.10. Determinación de demanda bioquímica de oxígeno

La DBO₅ de una muestra de agua expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua.

Figura 14

Demanda bioquímica de oxígeno



Con base a los resultados de los análisis para demanda bioquímica de oxígeno, indica que los tres sectores evaluados se encuentran por encima del límite máximo permisible (100 mg O₂/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 156 mg O₂/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 111 mg O₂/l.

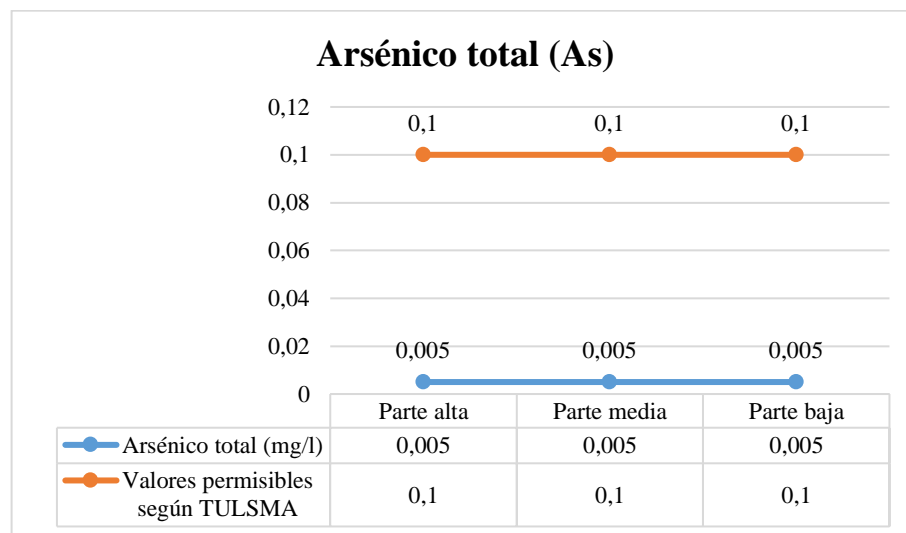
En los tres sectores se obtiene la mayor concentración de DBO₅, dado que cierta materia orgánica degradable ingresa al agua en forma natural, también se debe a que efluentes residuales se descargan al cuerpo de agua.

4.1.2.11. Determinación de arsénico total

Este elemento está presente en el agua debido principalmente a la actividad minera y muy rara vez por causas naturales, aunque en concentraciones muy bajas; también se encuentra en ciertos insecticidas y herbicidas, los que pueden contaminar artificialmente las aguas con dicho elemento. La presencia de arsénico se ha detectado, asimismo, como impurezas de otros metales, como el cobre.

Figura 15

Arsénico total



Para el parámetro arsénico total, se observó, que la que las concentraciones son iguales en los tres sectores, con 0.005 mg/l, en la parte alta (El Zapán), parte media (sector Sauce Alto) y parte baja (sector Ampolas), demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por debajo del límite máximo permisible (0.1 mg/l) establecido en el TULSMA.

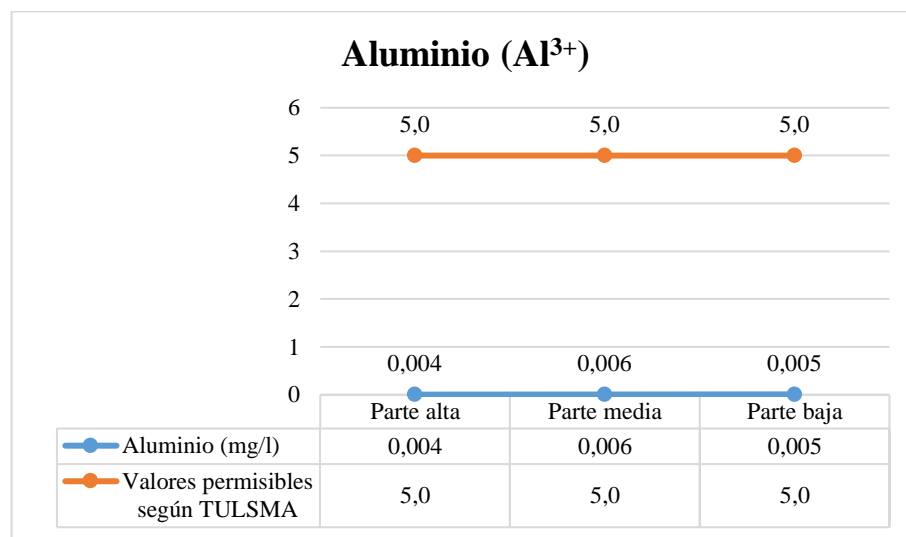
Los valores de arsénico total registrados durante el análisis en los tres sectores son bajos, debido a que no existe la presencia de contaminación por uso de pesticidas en los sectores.

4.1.2.12. Determinación de aluminio

El aluminio es el elemento metálico más abundante en la Tierra, pero nunca se encuentra en forma libre en la naturaleza. Se halla ampliamente distribuido en las plantas y en casi todas las rocas, sobre todo en las ígneas, que contienen aluminio en forma de minerales de aluminio silicato.

Figura 16

Aluminio



Respecto a los resultados del análisis del parámetro aluminio, en los tres sectores evaluados, se menciona que no supera el valor máximo (5.0 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 0.006 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector El Zapán (parte baja) con 0.004 mg/l.

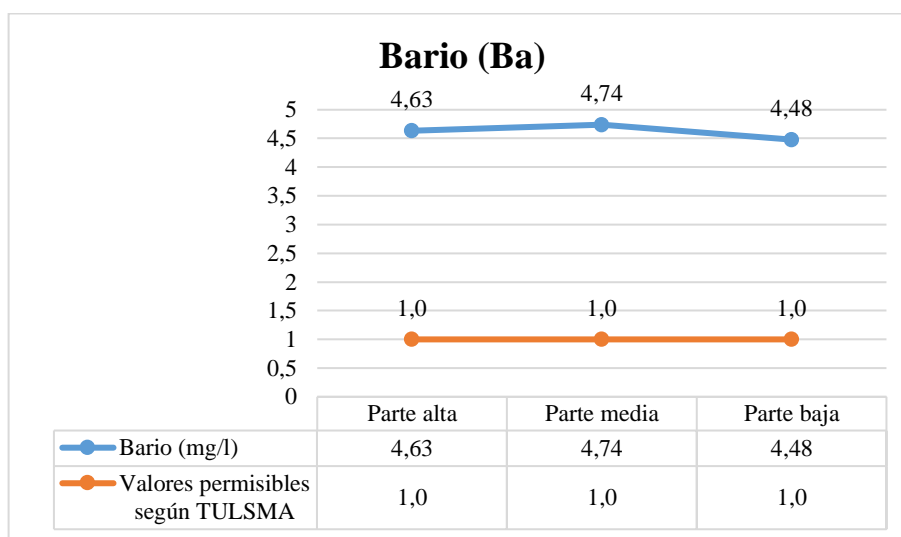
El aluminio se encuentra en el agua, debido al contacto directo con gran cantidad de rocas que contienen minerales y al ser disueltos, se precipita el aluminio en forma de arcillas minerales, hidróxidos de aluminio o ambos componentes.

4.1.2.13. Determinación de bario

El bario en el agua proviene de las fuentes naturales. Los acetatos, nitratos y haluros son solubles en el agua, pero los carbonatos, cromatos, fluoruros, oxalatos y fosfatos lo son en menor concentración. La solubilidad de los compuestos de bario se incrementa cuando los niveles de pH descienden.

Figura 17

Bario



De los resultados obtenidos para bario, se observa, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 4.74 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde a la parte baja (sector Amapolas) con 4.48 mg/l, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por encima del límite máximo permisible (1.0 mg/l) establecido en el TULSMA.

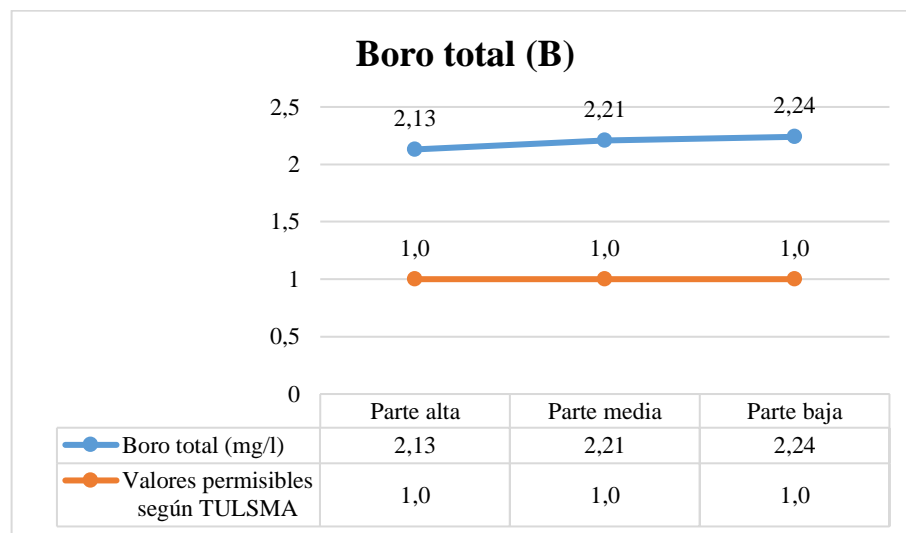
La concentración de iones de bario en los tres sectores es alta, debido a la presencia natural de aniones y posiblemente también por la absorción de estos iones en hidróxidos y óxidos de metales.

4.1.2.14. Determinación de boro total

El boro entra en el medio ambiente sobre todo mediante la meteorización de las rocas, la volatilización de ácido bórico del agua y la actividad volcánica. También se desprende boro de fuentes antropogénicas en menor medida. Entre las fuentes antropogénicas figuran la quema de productos agrícolas, de basuras y de leña, la producción de energía utilizando carbón y petróleo, etc.

Figura 18

Boro total



Con base a los resultados de los análisis para boro total, indica que los tres sectores evaluados supera el valor máximo (1.0 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 2.24 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 2.13 mg/l.

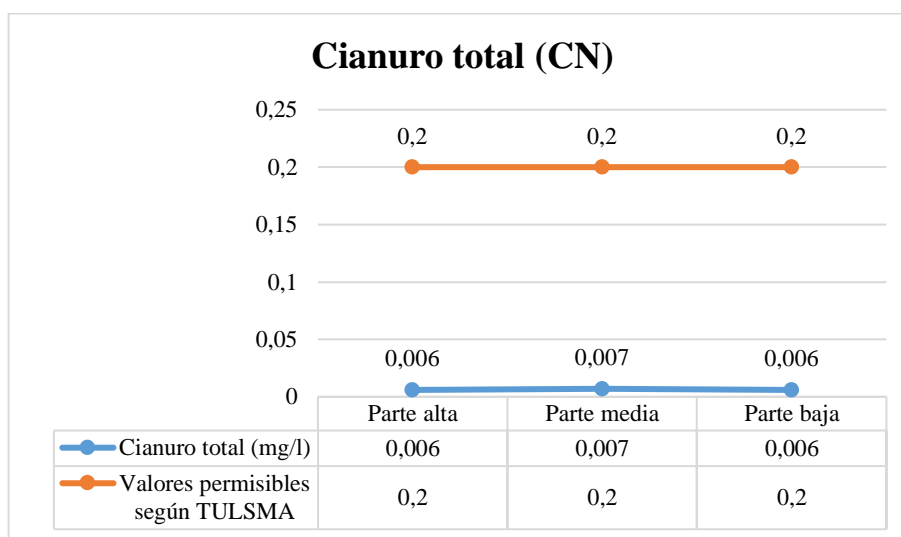
En los tres sectores se obtiene la mayor concentración de boro, esto debido a fuentes naturales, ya que este se localiza en rocas sedimentarias, así como también, a las descargas de aguas residuales domésticas en donde se vierten productos de limpieza como detergentes que contienen boro.

4.1.2.15. Determinación de cianuro total

El cianuro se halla donde halla vida e industria, existen dos formas tanto las inorgánicas como las orgánicas, los cianuros se emplean en múltiples métodos industriales, durante algunos de estos usos se puede producir contaminación del aire y del agua.

Figura 19

Cianuro total



Para el parámetro cianuro total, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 0.007 mg/l, mientras tanto que las menores concentraciones corresponden a la parte alta (sector El Zapán) y la parte baja (sector Amapolas) con 0.006 mg/l respectivamente, mostrando de esta forma que los tres sectores evaluados no superan el valor máximo (0.2 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

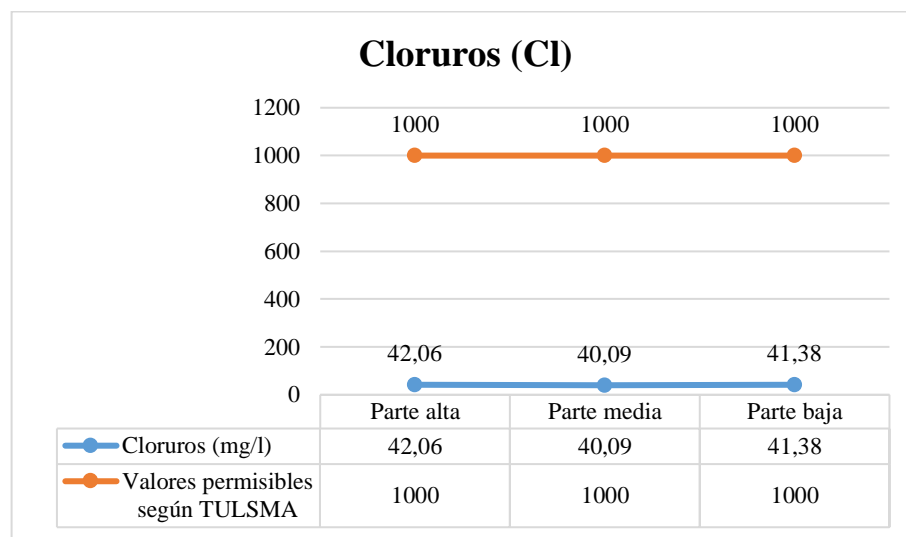
El cianuro total proviene de procesos industriales. Las fuentes principales de cianuro en el agua son las descargas de algunos procesos de minado de minerales. Otras fuentes son el tubo de escape de vehículos, la incineración de basura municipal y el uso de plaguicidas que contienen cianuro. Cantidades más pequeñas de este pueden entrar al canal de riego a través de agua de escorrentía que fluye por caminos donde se han esparcido sales que contienen cianuro.

4.1.2.16. Determinación de cloruros

La presencia de cloruros en las aguas naturales se atribuye a la disolución de depósitos de sal gema, contaminación proveniente de las diversas efluentes de la actividad industrial, aguas excedentarias de riegos agrícolas y sobre todo de las minas de sales potásicas.

Figura 20

Cloruros



Respecto a los resultados del análisis del parámetro cloruros, en los tres sectores evaluados, se menciona que se encuentran por debajo del límite máximo permisible (1000 mg/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 42.06 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 40.09 mg/l.

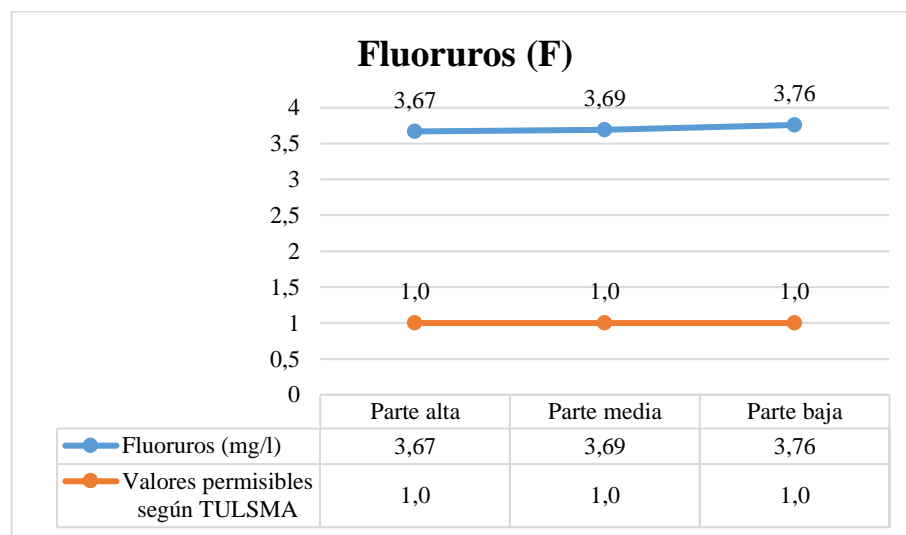
El contenido de este anión inorgánico en el agua es debido principalmente a fuentes antropogénicas como vertidos urbanos, actividades agrícolas y ganaderas, toda vez que cerca del sitio de estudio existen casas, invernaderos, huertos y corrales.

4.1.2.17. Determinación de fluoruros

El flúor se encuentra ampliamente distribuido en la naturaleza. En el medioambiente, los fluoruros están presentes de forma natural debido a la erosión de las rocas y como consecuencia de las actividades humanas como las extracción y uso de rocas fosfatadas.

Figura 21

Fluoruros



De los resultados obtenidos para fluoruros, se observa, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 3.76 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde a la parte alta (sector El Zapán) con 3.67 mg/l, mostrando de esta forma que los que los tres sectores evaluados superan el valor máximo (1.0 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

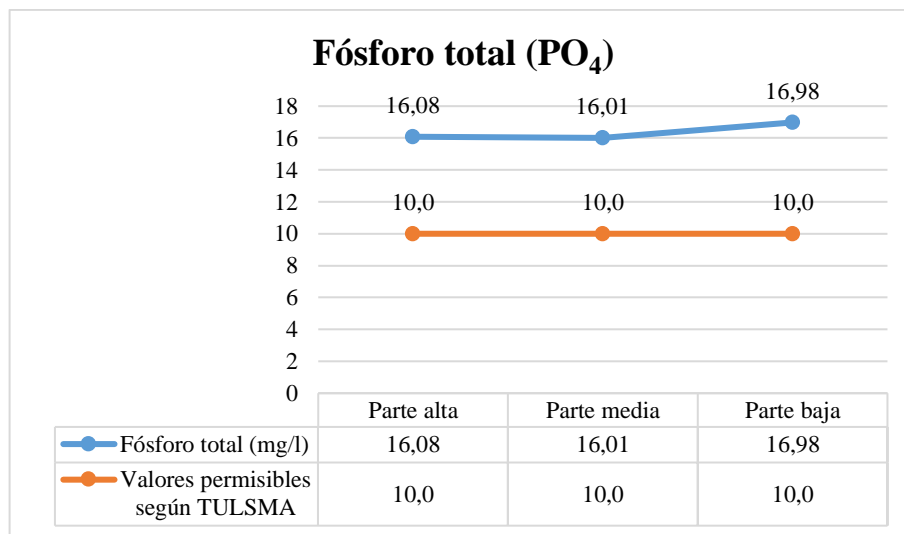
Los fluoruros se encuentran en niveles altos en los tres sectores, debido a la utilización de fertilizantes fosfatados, que contienen hasta un 4% de flúor liberando fluoruro.

4.1.2.18. Determinación de fósforo total

El fósforo es un elemento imprescindible para la vida ya sea vegetal o animal. A partir del fósforo se forma el ion sulfato y se encuentran 11 mayoritariamente en las rocas portadoras de fósforo (fosfatadas), localizadas en suelos y mares. Además, los fosfatos están presentes en fertilizantes, detergentes o limpiadores del hogar y pueden llegar al agua como consecuencia de los desechos industriales, agrícolas y descargas de aguas residuales domésticas.

Figura 22

Fósforo total



Con base a los resultados de los análisis para fósforo total, indica que los tres sectores evaluados se encuentran por encima del límite máximo permisible (10 mg/l) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 16.98 mg/l, menor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 16.01 mg/l.

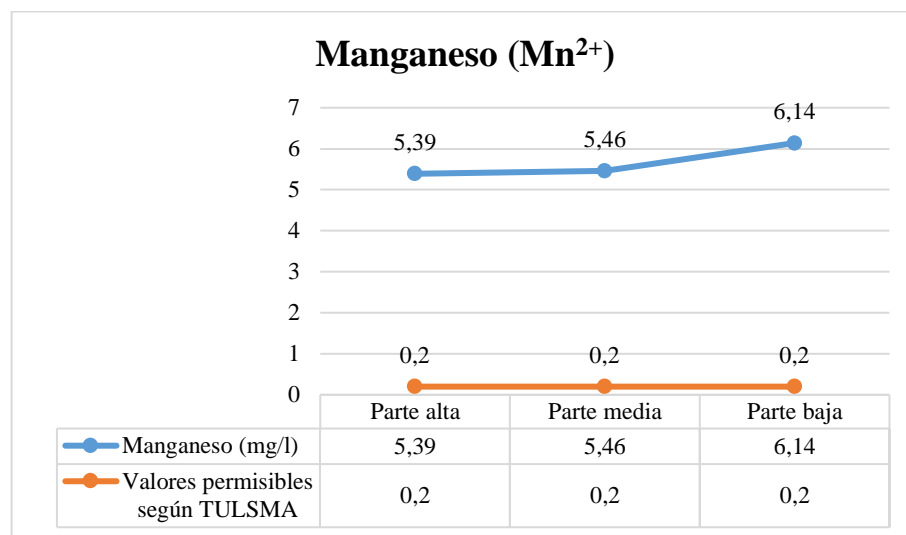
Los resultados registrados en los tres sectores tienen valores altos, debido a efluentes domésticos o, a su vez, por la presencia de fertilizantes que son proporcionados a partir de las actividades agrícolas que se desempeñan en el entorno del sitio de estudio.

4.1.2.19. Determinación de manganeso

Nunca se encuentra en la naturaleza en estado nativo. Debido a su gran afinidad por el oxígeno generalmente se presenta en forma de óxidos y también en la de silicatos y carbonatos. En plantas los iones del Manganeso son transportados hacia las hojas después de ser tomados en el suelo.

Figura 23

Manganeso



Para el parámetro manganeso, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte baja (sector Amapolas) con 6.14 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde a la parte alta (sector El Zapán) con 5.39 mg/l, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por encima del límite máximo permisible (0.2 mg/l) establecido en el TULSMA.

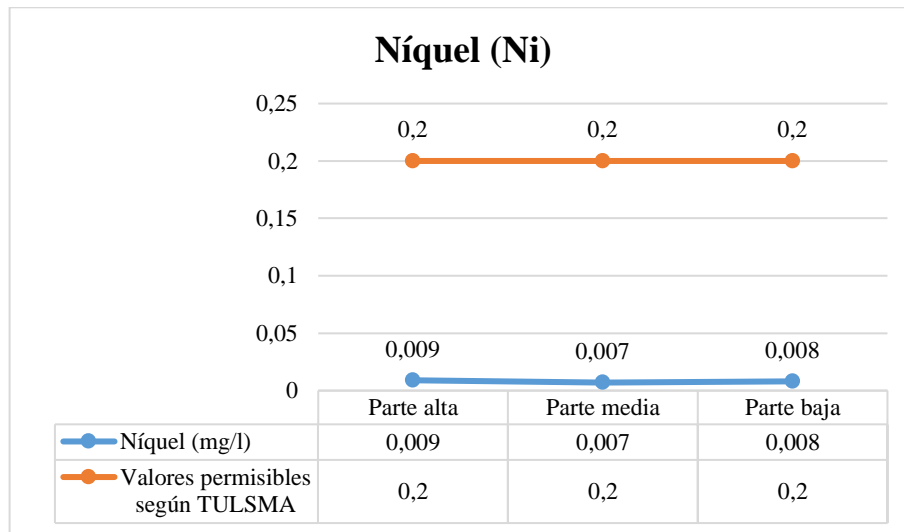
En los tres sectores se obtienen valores altos, debido a la utilización de algunos compuestos orgánicos de manganeso comunes, los cuales incluyen pesticidas, tales como maneb o mancozeb.

4.1.2.20. Determinación de níquel

El níquel es un elemento natural muy abundante, metal duro, maleable y dúctil, que puede presentar un intenso brillo. Tiene propiedades magnéticas por debajo de 345 °C. Aparece bajo cinco formas isotópicas diferentes.

Figura 24

Níquel



Respecto a los resultados del análisis del parámetro níquel, en los tres sectores evaluados, se menciona que no supera el valor máximo (0.2 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 0.009 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector Sauce Alto (parte media) con 0.007 mg/l.

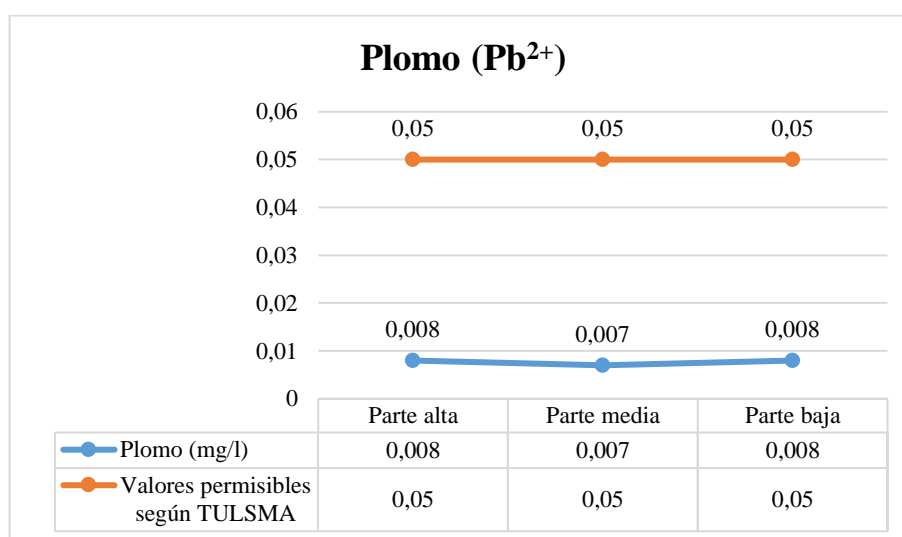
El níquel termina en la superficie del agua del sistema de riego cuando los residuales se descargan al cuerpo de agua, altas concentraciones de este en aguas superficiales pueden disminuir el rango de crecimiento de las algas.

4.1.2.21. Determinación de plomo

Sus fuentes naturales son la erosión del suelo, el desgaste de los depósitos de los minerales de plomo y las emanaciones volcánicas. Cuando el plomo se libera al ambiente tiene un largo tiempo de residencia en comparación con la mayoría de los contaminantes. Como resultado tiende a acumularse en tierra y sedimentos.

Figura 25

Plomo



De los resultados obtenidos para plomo, se observa, que la mayor concentración se encontró en la parte alta (sector Sauce Alto) y parte baja (sector Amapolas) con 0.008 mg/l respectivamente, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte media (sector Sauce Alto) con 0.007 mg/l, demostrando así que los tres sectores evaluados se encuentran por debajo del límite máximo permisible (0.05 μ S/cm) establecido en el TULSMA.

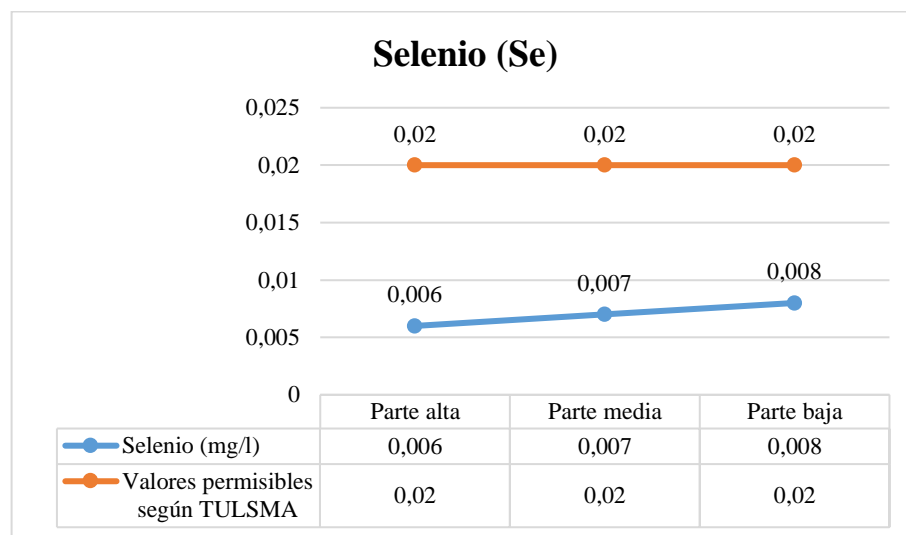
En los tres sectores se obtienen valores bajos, debido a que no existe la presencia de plomo remanente en solución en las aguas (dependiente del pH), ya que este puede inhibir el crecimiento celular de plantas a concentraciones muy altas de lo establecido.

4.1.2.22. Determinación de selenio

Es un metaloide parecido al azufre y un subproducto de la industria del cobre que a temperatura ambiente se presenta como una sustancia sólida, insoluble en agua y en solventes orgánicos. Bajos niveles de selenio pueden terminar en suelos o agua a través de la erosión de las rocas.

Figura 26

Selenio



Con base a los resultados de los análisis para selenio, indica que ninguno de los tres sectores evaluados supera el valor máximo (0.02 mg/l) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA), donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 0.008 mg/l, mientras que la menor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 0.006 mg/l.

La agricultura puede no solo incrementar el contenido de selenio en el suelo; también puede aumentar las concentraciones de selenio en las aguas superficiales. Los bajos niveles de selenio terminan en los suelos o agua a través de la erosión de las rocas.

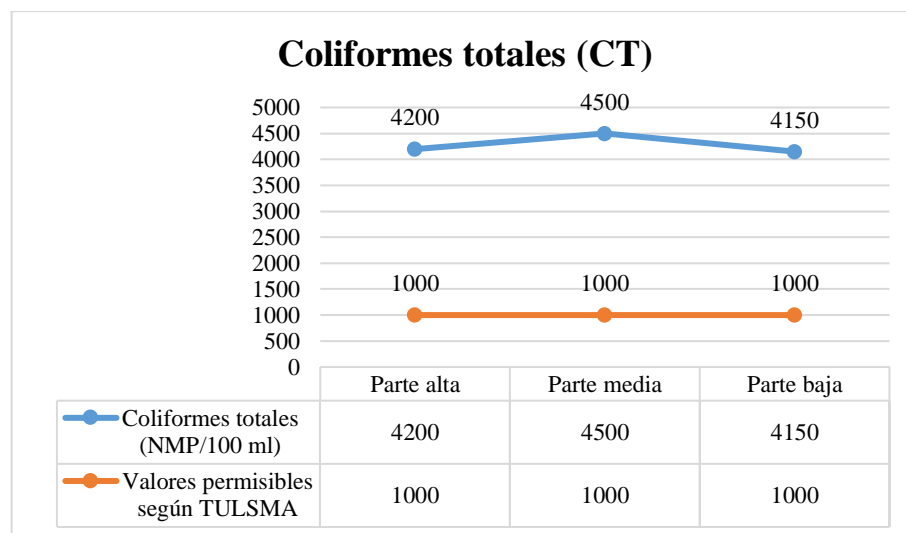
4.1.3. Análisis de parámetros biológicos

4.1.3.1. Determinación de coliformes totales

La presencia de coliformes en aguas superficiales indica contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de las tres fuentes.

Figura 27

Coliformes totales



Para el parámetro coliformes totales, se observó, que la mayor concentración se encontró en la parte media (sector Sauce Alto) con 4500 NMP/100ml, mientras tanto que la menor concentración corresponde a la parte baja (sector Amapolas) con 4150 NMP/100ml, mostrando de esta forma que los tres sectores evaluados superan el valor máximo (1000 NMP/100ml) establecido en la normativa nacional vigente (TULSMA).

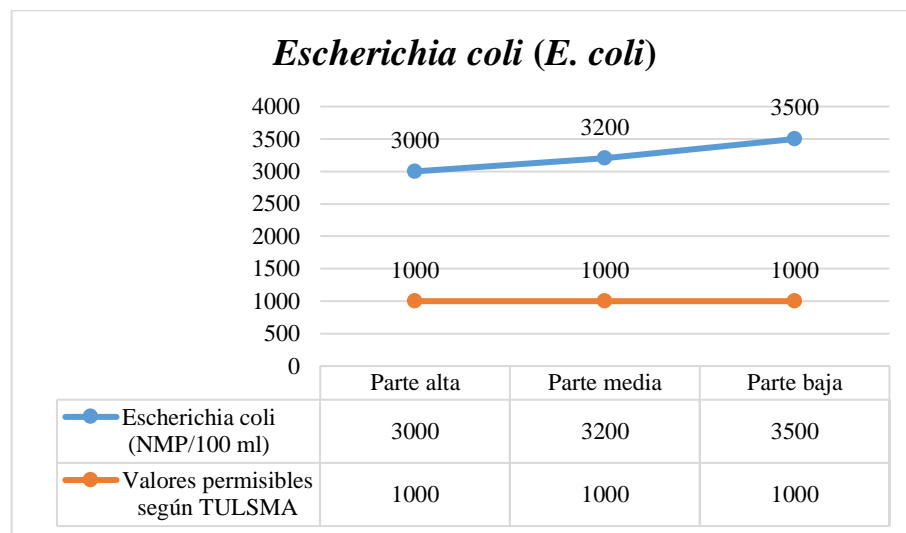
Los coliformes totales se hallan tanto en heces como en el medio ambiente (aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición). La contaminación por microorganismos puede acarrear graves problemas no solamente a la salud de las plantas y animales sino también a la del hombre, consumidor de ellos.

4.1.3.2. Determinación de *Escherichia coli*

Está presente en las heces de origen humano y animal. Se halla en agua residual, en agua y suelos naturales que han sufrido contaminación reciente, ya sea de seres humanos, operaciones agrícolas, animales y de aves salvajes.

Figura 28

Escherichia coli



Respecto a los resultados del análisis del parámetro *Escherichia coli*, en los tres sectores evaluados, se menciona que se encuentran por encima del límite máximo permisible (1000 NMP/100ml) establecido en el TULSMA, donde la mayor concentración corresponde al sector Amapolas (parte baja) con 3500 NMP/100ml, mientras que la menor concentración corresponde al sector El Zapán (parte alta) con 3000 NMP/100ml.

A medida que avanza por el canal de riego el agua se encuentra contaminada, principalmente por las actividades agropecuarias que se desarrollan en el medio circundante, provocando vertidos que contienen excretas de animales que provienen de los ganados o de fertilizantes naturales que contienen materia fecal.

4.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Una vez concluido con la investigación de campo, y, realizado los análisis físicos, químicos y biológicos, se determinó que existen diferencias estadísticas en los tres transectos evaluados, con base a los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, misma que señala: “La calidad física, química y biológica del agua dentro del sistema de riego depende de los transectos y los sitios de muestreo”.

4.3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.3.1. Conclusiones

- De la evaluación de la calidad de agua en el sistema de riego San Lorenzo, en referencia a los análisis físicos se puede decir que de los cuatro parámetros analizados: conductividad eléctrica (89.54 a 92.36 $\mu\text{S}/\text{cm}$), turbidez (0.39 a 0.51 UNT), sólidos disueltos totales (36.41 a 41.05 mg/l) y sólidos suspendidos totales (240.18 a 268.27 mg/l), todos a excepción del último se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el TULSMA.
- Dentro de los análisis químicos se concluye que todos los parámetros a excepción de nueve parámetros, los cuales son: hierro (23.19 a 24.36 mg/l), cobre (4.00 a 5.00 mg/l), demanda química de oxígeno (251 a 270 mg O_2/l), demanda bioquímica de oxígeno (111 a 156 mg O_2/l), bario (4.48 a 4.74 mg/l), boro total (2.13 a 2.24 mg/l), fluoruros (3.67 a 3.76 mg/l), fósforo total (16.01 a 16.98 mg/l) y manganeso (5.39 a 6.14 mg/l), se encuentran dentro del límite máximo permisible establecido en el TULSMA.
- Es importante mencionar que, los valores de DQO_2 serán razonablemente más altos que los de la DBO_5 , puesto que el oxidante utilizado en la determinación es más fuerte que el oxígeno y por tanto oxida a un mayor número de sustancias. La relación de $\text{DBO}_5/\text{DQO}_2$ se utiliza para estimar la biodegradabilidad de un agua.
- En relación al análisis biológico, los parámetros evaluados: coliformes totales (4150 a 4500 NMP/100 ml) y *Escherichia coli* (3000 a 3500 NMP/100 ml), superan el límite máximo permisible establecido en el TULSMA, demostrando así que existe contaminación principalmente por las actividades agropecuarias que se desempeñan en el medio circundante.
- Los resultados del estudio demostraron que el agua del sistema de riego San Lorenzo está contaminado debido al avance de la frontera agrícola,

actividades pecuarias y la deforestación; estas actividades antropogénicas hacen uso de materiales contaminantes (residuos de abonos químicos u orgánicos, fungicidas e insecticidas utilizados en zonas cercanas al canal), los cuales llegan al sistema de riego por diferentes mecanismos, como son: por escorrentías, infiltración y caudales de segunda orden. La contaminación del agua del sistema de riego provoca cambios drásticos en las concentraciones de los parámetros de calidad del agua.

- El exceso de hierro, cobre, manganeso, entre otros elementos detectados en el agua del sistema de riego San Lorenzo, produce una serie de efectos negativos para los cultivos, como limitaciones al crecimiento de las plantas, produce malformación de las hojas, causa clorosis y necrosis, aumenta la presencia de moho y marchitez, e inhibe la germinación y el crecimiento del polen, con pérdidas significativas para el sector agrícola. Por lo cual se puede afirmar que el agua no es apta para riego en la parroquia San Lorenzo a pesar de que la mayoría de parámetros evaluados estén por debajo del límite máximo permisible establecido en la normativa vigente.

4.3.2. Recomendaciones

- Dar a conocer los resultados de este estudio a la junta de riego de la parroquia San Lorenzo, para sensibilizar el uso de esta agua en la agricultura, ya que puede ocasionar la acumulación de metales pesados en los suelos, afectando de esta manera a los cultivos en su rendimiento y crecimiento.
- Se recomienda realizar monitoreos permanentes en el sistema de riego San Lorenzo, o al menos considerar otra época del año para obtener resultados más completos sobre el comportamiento del recurso hídrico en cuanto a su calidad y cantidad.
- Se debe aplicar un programa de mantenimiento al canal de riego (colocación de tubería) para evitar infiltraciones de aguas residuales domiciliarias, también que el directorio del sistema de riego realice un programa de educación dirigido hacia las personas que viven junto al canal con el objetivo de evitar envíen los desperdicios en el canal.
- Llevar a cabo proyectos de investigaciones más profundos en relación a los sistemas de riego en toda la provincia Bolívar para obtener datos válidos los cuales se encuentren dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA para la calidad de agua de riego.
- Que el presente documento sirva como referencia metodológica y práctica para futuros proyectos enmarcados en procesos científicos que ayuden a explorar la calidad de este recurso y comparar los resultados con los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, J., & Acuña, L. (2015). Diagnóstico del agua de consumo humano en el Centro Experimental Académico Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi e implementación de las medidas correctivas
- Arqhys Construcción. (2012). Tipos de flujos de un canal. Obtenido de <https://www.arqhys.com/construccion/tipos-flujos-canal.html>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2014). Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. Registro Oficial Suplemento 305 de 06 de agosto de 2014. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Biasi, A., Messina, G., & Gómez, N. (2020). Determinación de Zinc en muestras de agua de ríos y red de la provincia de San Luis y aguas envasadas. Obtenido de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-7337202000400038&script=sci_arttext&tlng=es
- Cantuña, K. (2017). Caracterización físico, química y microbiológica de las aguas del canal principal de riego de Tumbaco. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19040/1/CD-8437.pdf>
- Cevallos, C. (2012). Canales de riego. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/117455008/Canales-de-Riego>
- Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD). (2010). Registro Oficial Suplemento 303 de 19 de octubre de 2010. Reformas en Registro Oficial Suplemento 31 de diciembre de 2019. Obtenido de <https://www.cpccs.gob.ec/wp-content/uploads/2020/01/cootad.pdf>

Constitución de la Republica del Ecuador. (2008). Registro Oficial 449 de 20 de octubre de 2008. Reformas en Registro Oficial Suplemento 25 de enero de 2021. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

Ecoflufos Ingenieros S.A. (2012). Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurimac y Cusco. Obtenido de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

GADP San Lorenzo. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial. Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0260015010001_DIAGNOSTICO_SAN_LORENZO_27-10-2015_06-28-37.pdf

Gallo, L., Rosas, D., Zamar, S., & Basán, M. (2011). Protocolo de muestreo, transporte y conservación de muestras de agua con fines múltiples (consumo humano, abrevado animal y riego). Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-protocolo_de_muestreo_de_aguas_inta.pdf

García, M., Luna, J., Gallegos, M., Preciado, P., Cervantes, M., & González, U. (2020). Impacto de aguas residuales sobre algunas propiedades y acumulación de metales pesados en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 38(4), 907-916

García, Y. (2015). Calidad del agua con fines de riego. *Revista Digital de Medio Ambiente*, 35

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia Bolívar. (2014). Plan Provincial de Riego Bolívar.

Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Chimborazo. (2015). Plan Provincial de Riego y Drenaje

- Gornes, A. (2010). Mala distribución del agua en Ecuador. Quito, Ecuador: Obtenido de <http://www.noticias.nl/audio/mala-distribuci%C3%B3n-del-aguaen-ecuador>
- Herrera, V., Gutiérrez, N., Córdova, S., Marín, J., Idelfonso, M., Flores, A., & Romero, L. (2018). Calidad del agua subterránea para el riego en el Oasis de Pica, norte de Chile. *IDESIA*, 32, 181–191
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2017). Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. En *Cambió el clima: herramienta para abordar la adaptación al cambio climático desde la extensión* (págs. 18 - 20). Montevideo - Uruguay: Imprenta Boscana S.R.L.
- Jiménez, E. (2013). Canal de riego. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/138633167/Canal-de-Riego>
- Junta de riego de Chambo. (2018). Junta de riego Chambo - Guano Chingazos. Riobamba
- Ministerio del Ambiente. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Pub. L. No. Decreto Ejecutivo 3516, Anexo 1 del libro VI, 407
- Moya, R. (2013). ¿Qué son canales de riego? Obtenido de <https://es.scribd.com/document/147136585/Que-Son-Canales-de-Riego>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). Cromo. Obtenido de <https://seguridadalimentaria.elika.eus/fichas-de-peligros/cromo/>
- Pardavé, T. (2017). Presencia de contaminantes en la hortaliza *Lactuca sativa* (lechuga) por el uso de agua de Riego procedente del río Huallaga en el caserío Culcuy, distrito Santo María del valle, provincia y Departamento Huánuco

- Payeras, A. (2017). Parámetros de calidad de las aguas de riego. Obtenido de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Hierro>
- Puente, M. (2015). Acción microbicida del agua de plata en muestras de agua de riego del río Pachanlica - Provincia Tungurahua. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12130/ACCI%C3%93N%20MICROBICIDA%20DEL%20AGUA%20DE%20PLATA%20EN%20MUESTRAS%20DE%20AGUA%20DE%20RIEGO%20DE%20R%C3%8DO%20PACHANLICA%20-%20PROVINCIA%20DE%20TUNGURAHUA.pdf?sequence=1>
- Puyol, J., & Razo, A. (2016). Determinación de la calidad de agua del sistema de riego “Chi-Pungales” y su incidencia en la producción de maíz de la comunidad Pungal Santa Marianita del cantón Guano. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1491/1/UNACH-EC-IAMB-2016-0006.pdf>
- Recalde, J. (2015). Estudio prospectivo de la gestión del riego en la provincia de Bolívar para el período 2014-2017, aplicando la ley de Newton. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12706/1/T-ESPE-049759.pdf>
- Rock, C., & Rivera, B. (2014). La calidad del agua, *E. coli* y su salud. Obtenido de <https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf>
- SAB S.p.A. (2020). Tipos de fuentes de suministro de agua y parámetros que deben ser objeto de seguimiento. Obtenido de <https://www.sabspa.com/es/tipi-di-fonti-di-approvvigionamento-irriguo-e-i-parametri-da-monitorare/>

SENAGUA. (2019). Plan Nacional de Riego y Drenaje. Obtenido de https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/docs/8_plan_nacional_de_riego_y_drenaje.pdf

Tadeo, P. (2020). Análisis de aguas de riego. Obtenido de <https://agqlabs.co/analisis-de-aguas-de-riego/>

Universidad Nacional de Cajamarca. (2019). Canales de riego. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/428435484/canales-de-riego-docx>

Universidad Politécnica de Cartagena. (2010). Análisis de aguas. Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Anexo 2. Mapa del Sistema de riego San Lorenzo y los puntos de muestreo




Anexo 3. Base de datos


Parámetro	Unidad	Límite máximo permisible según TULSMA	Parte alta	Parte media	Parte baja
Físicos					
Conductividad eléctrica	μS/cm	3000	91,96	92,36	89,54
Turbidez	UNT	100	0,48	0,51	0,39
Sólidos disueltos totales	mg/l	3000	39,64	41,05	36,41
Sólidos suspendidos totales	mg/l	130	267,28	240,18	268,27
Químicos					
pH		6 - 9	6,54	6,68	6,72
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	500	40,00	42,00	40,00
Sulfatos	mg/l	400	28,04	30,67	31,93
Nitratos	mg/l	5,0	0,85	0,92	0,83
Hierro	mg/l	5,0	23,19	23,22	24,36
Cromo hexavalente	mg/l	0,1	0,007	0,006	0,006
Cobre	mg/l	2,0	4,00	5,00	4,00
Zinc	mg/l	2,0	0,004	0,006	0,008
DQO ₂	mg O ₂ /l	200	256	251	270
DBO ₅	mg O ₂ /l	100	113	111	156
Arsénico total	mg/l	0,1	0,005	0,005	0,005
Aluminio	mg/l	5,0	0,004	0,006	0,005
Bario	mg/l	1,0	4,63	4,74	4,48
Boro total	mg/l	1,0	2,13	2,21	2,24
Cianuro total	mg/l	0,2	0,006	0,007	0,006
Cloruros	mg/l	1000	42,06	40,09	41,38
Fluoruros	mg/l	1,0	3,67	3,69	3,76
Fósforo total	mg/l	10,0	16,08	16,01	16,98
Manganeso	mg/l	0,2	5,39	5,46	6,14
Níquel	mg/l	0,2	0,009	0,007	0,008
Plomo	mg/l	0,05	0,008	0,007	0,008
Selenio	mg/l	0,02	0,006	0,007	0,008
Biológicos					
Coliformes totales	NMP/100 ml	1000	4200	4500	4150
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	1000	3000	3200	3500


Anexo 4. Resultados de los análisis EMAPA-G





INFORME DE ENSAYO No. 234 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H20)	Fecha final de Análisis:		31/8- 13/9/2022
Muestreo:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay		Fecha y Hora:	
Condiciones ambientales de análisis:		T máx: 18 °C		T mín: 13 °C	
Procedencia: El Zapán / Trayecto 1 / 1A / Altitud: 2680 ms.n.m / Código: UEB.FCA.CAT1.001					
Coordenadas:		1° 40' 36" S 78° 57' 33" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Aceites y Grasas	mg/L	AN-EMAPAG-35	30,0	2,36	
Arsenico Total (As)	mg/L	AN-EMAPAG-36	0,1	0,005	
Aluminio (Al ³⁺)	mg/L	AN-EMAPAG-01	5,0	0,004	± 24
Bario (Ba)	mg/L	AN-EMAPAG-02	2,0	4,63	
Boro Total (B)	mg/L	AN-EMAPAG-37	2,0	2,13	
Cloro Activo (Cl)	mg/L	AN-EMAPAG-38	0,5	0,09	± 29
Cianuro Total (CN)	mg/L	AN-EMAPAG-04	0,1	0,006	± 31
Cinc (Zn)	mg/L	AN-EMAPAG-34	5,0	0,004	± 20
Color Real	PtCo	AN-EMAPAG-10	1, /20	15	
Cloruros (Cl)	mg/L	AN-EMAPAG-06	1000	42,06	± 22
Cobre (Cu)	mg/L	AN-EMAPAG-08	1,0	4,00	
Cloroformal (Cr)	mg/L	AN-EMAPAG-42	0,1	0,003	± 10
DQO	mg/L	AN-EMAPAG-35	200	256	± 15
DBO ₅	mg/L	AN-EMAPAG-36	100	113	± 16
Escherichia Coli	Col/ 100 mL	AN-EMAPAG-15	2000	3000	± 11
Fluoruro (F)	mg/L	AN-EMAPAG-16	5,0	3,67	± 30
Fósforo Total (P-PO ₄ ³⁻)	mg/L	AN-EMAPAG-17	10,0	16,08	± 35
Hierro Total (Fe)	mg/L	AN-EMAPAG-18	10,0	23,19	± 20
Manganeso (Mn ²⁺)	mg/L	AN-EMAPAG-19	2,0	5,39	± 16
Niquel (Ni)	mg/L	AN-EMAPAG-21	2,0	0,009	± 26
Nitrógeno Amoniacal (N)	mg/L	AN-EMAPAG-24	30,0	4,68	± 25
Nitrógeno Total Kjeldahl (N)	mg/L	AN-EMAPAG-48	50,0	53,67	± 12
pH	.....	AN-EMAPAG-26	6 - 9	6,54	
Plomo (Pb ²⁺)	mg/L	AN-EMAPAG-28	0,2	0,008	± 27
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	AN-EMAPAG-29	130	267,28	± 16
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	mg/L	AN-EMAPAG-30	1000	28,04	± 34
Tensoactivos	mg/L	AN-EMAPAG-33	0,5	0,27	
Selenio (Se)	mg/L	AN-EMAPAG-34	0,1	0,006	± 17
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce					
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
 Firmado digitalmente por: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO NARANJO TÉCNICO LABORATORIO					


Dirección: García Moreno y 7 de Mayo **Teléfonos:** 03 2550 537 / 550 539 / 550 540 / 550 541

INFORME DE ENSAYO No. 234 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H20)	Fecha final de Análisis:		31/8- 13/9/2022
Muestreo:	Ing. Raúl Allán	Fecha y Hora:		31/8/2022(10H57)	
Condiciones ambientales de análisis:			T máx: 18 °C	T mín: 13 °C	
Procedencia: El Zapán / Trayecto 1/ 1A / Altitud: 2680 m.s.n.m / Código: UEB.FCA.CA.T1.001					
Coordenadas:		1° 40' 36" S 78° 57' 33" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	AN-EMAPAG-11	.....	91,96	± 24
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	AN-EMAPAG-29	.....	39,64	± 10
Turbiedad	NTU	AN-EMAPAG-33	.....	0,48	
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	AN-EMAPAG-14	.....	40	± 17
Coliformes Totales	Col/100 mL	AN-EMAPAG-09	.....	4200	± 32
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/L	AN-EMAPAG-12	0,5	0,007	± 25
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	AN-EMAPAG-22	.....	0,85	± 25
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9, Límites xde Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.					
El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
					
		Firmado electrónicamente por: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO <i>Ing. Quím. Raúl Allán</i>			
		TÉCNICO LABORATORIO			

INFORME DE ENSAYO No. 235 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H20)	Fecha final de Análisis:		31/8- 13/9/2022
Muestreo:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay		Fecha y Hora:	
Condiciones ambientales de análisis:		T máx: 18 °C		T mín: 13 °C	
Procedencia: Sauce Alto / Trayecto 2 / 2M / Altitud: 2650 m.s.n.m / Código: UEB.FCA.CA.T2.002					
Coordenadas:		1° 40' 36" S 78° 59' 33" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Aceites y Grasas	mg/L	AN-EMAPAG-35	30,0	2,47	
Arsenico Total [As]	mg/L	AN-EMAPAG-36	0,1	0,005	
Aluminio [Al ³⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-01	5,0	0,006	± 24
Bario [Ba]	mg/L	AN-EMAPAG-02	2,0	4,74	
Boro Total [B]	mg/L	AN-EMAPAG-37	2,0	2,21	
Cloro Activo [Cl]	mg/L	AN-EMAPAG-38	0,5	0,05	± 29
Cianuro Total [CN]	mg/L	AN-EMAPAG-04	0,1	0,007	± 31
Cinc [Zn]	mg/L	AN-EMAPAG-34	5,0	0,006	± 20
Color Real	PtCo	AN-EMAPAG-10	1/20	20	
Cloruros [Cl]	mg/L	AN-EMAPAG-06	1000	40,09	± 22
Cobre [Cu]	mg/L	AN-EMAPAG-08	1,0	5,00	
Cloroformol [Cr]	mg/L	AN-EMAPAG-42	0,1	0,003	± 10
DQO	mg/L	AN-EMAPAG-35	200	251	± 15
DBO ₅	mg/L	AN-EMAPAG-36	100	111	± 16
Escherichia Coli	Col/ 100 mL	AN-EMAPAG-15	2000	3200	± 11
Fluoruro [F]	mg/L	AN-EMAPAG-16	5,0	3,69	± 30
Fósforo Total [P-PO ₄ ³⁻]	mg/L	AN-EMAPAG-17	10,0	16,01	± 35
Hierro Total [Fe]	mg/L	AN-EMAPAG-18	10,0	23,22	± 20
Manganeso [Mn ²⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-19	2,0	5,46	± 16
Niquel [Ni]	mg/L	AN-EMAPAG-21	2,0	0,007	± 26
Nitrógeno Amoniacal [N]	mg/L	AN-EMAPAG-24	30,0	5,32	± 25
Nitrógeno Total Kjeldahl [N]	mg/L	AN-EMAPAG-48	50,0	65,21	± 12
pH	-----	AN-EMAPAG-26	6 - 9	6,68	
Plomo [Pb ²⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-28	0,2	0,007	± 27
Sólidos Suspendidos Totales [SST]	mg/L	AN-EMAPAG-29	130	240,18	± 16
Sulfatos [SO ₄ ²⁻]	mg/L	AN-EMAPAG-30	1000	30,67	± 34
Tensoactivos	mg/L	AN-EMAPAG-33	0,5	0,28	
Selenio [Se]	mg/L	AN-EMAPAG-34	0,1	0,007	± 17
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.					
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
		 Firmado digitalmente por: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO <i>Ing. Quím. Raúl Allán</i> TÉCNICO LABORATORIO			

INFORME DE ENSAYO No. 235 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H200)		Fecha final de Análisis: 31/8- 13/9/2022	
Muestreo:		Ing. Raúl Allán		Fecha y Hora: 31/8/2022(11H34)	
Condiciones ambientales de análisis:			T máx: 18 °C		T mín: 13 °C
Procedencia: Sauce Alto/ Trayecto 2/2M / Altitud: 2650 m.s.n.m / Código: UEB.FCA.CA.T.002					
Coordenadas:		1° 40' 36" S 78° 59' 33" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	AN-EMAPAG-11	.....	92,38	± 24
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	AN-EMAPAG-29	.....	41,05	± 10
Turbiedad	NTU	AN-EMAPAG-33	.....	0,51	
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	AN-EMAPAG-14	.....	42	± 17
Coliformes Totales	Col/100 mL	AN-EMAPAG-09	.....	4500	± 32
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/L	AN-EMAPAG-12	0,5	0,006	± 25
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	AN-EMAPAG-22	.....	0,92	± 25
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9, Límites xde Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.					
El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
		 Firmado digitalmente por: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO Ing. Raúl Allán			
TÉCNICO LABORATORIO					

INFORME DE ENSAYO No. 236 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H20)	Fecha final de Análisis:		31/8- 13/9/2022
Muestreo:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay		Fecha y Hora:	
Condiciones ambientales de análisis:		T máx: 18 °C		T mín: 13 °C	
Procedencia: Amapollas / Trayecto 3 / IB / Altitud: 2630 m.s.n.m / Código: UEB.FCA.CA.T3.003					
Coordenadas:		1° 40' 30" S 78° 59' 42" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Aceites y Grasas	mg/L	AN-EMAPAG-35	30,0	2,42	
Arsenico Total [As]	mg/L	AN-EMAPAG-36	0,1	0,005	
Aluminio [Al ³⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-01	5,0	0,005	± 24
Bario [Ba]	mg/L	AN-EMAPAG-02	2,0	4,48	
Boro Total [B]	mg/L	AN-EMAPAG-37	2,0	2,24	
Cloro Activo [Cl]	mg/L	AN-EMAPAG-38	0,5	0,04	± 29
Cianuro Total [CN]	mg/L	AN-EMAPAG-04	0,1	0,006	± 31
Cinc [Zn]	mg/L	AN-EMAPAG-34	5,0	0,008	± 20
Color Real	PtCo	AN-EMAPAG-10	1 / 20	15	
Cloruros [Cl]	mg/L	AN-EMAPAG-06	1000	41,38	± 22
Cobre [Cu]	mg/L	AN-EMAPAG-08	1,0	4,00	
Cloroformol [Cr]	mg/L	AN-EMAPAG-42	0,1	0,005	± 10
DQO	mg/L	AN-EMAPAG-35	200	270	± 15
DBO ₅	mg/L	AN-EMAPAG-36	100	156	± 16
Eschericha Coli	Col/ 100 mL	AN-EMAPAG-15	2000	3500	± 11
Fluoruro [F]	mg/L	AN-EMAPAG-16	5,0	3,76	± 30
Fósforo Total [P-PO ₄ ³⁻]	mg/L	AN-EMAPAG-17	10,0	16,98	± 35
Hierro Total [Fe]	mg/L	AN-EMAPAG-18	10,0	24,36	± 20
Manganeso [Mn ²⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-19	2,0	6,14	± 16
Niquel [Ni]	mg/L	AN-EMAPAG-21	2,0	0,008	± 26
Nitrógeno Amoniacal [N]	mg/L	AN-EMAPAG-24	30,0	5,98	± 25
Nitrógeno Total Kjeldahl [N]	mg/L	AN-EMAPAG-48	50,0	65,98	± 12
pH	.....	AN-EMAPAG-26	6 - 9	6,72	
Plomo [Pb ²⁺]	mg/L	AN-EMAPAG-28	0,2	0,008	± 27
Sólidos Suspendedidos Totales [SST]	mg/L	AN-EMAPAG-29	130	268,27	± 16
Sulfatos [SO ₄ ²⁻]	mg/L	AN-EMAPAG-30	1000	31,93	± 34
Tensoactivos	mg/L	AN-EMAPAG-33	0,5	0,24	
Selenio [Se]	mg/L	AN-EMAPAG-34	0,1	0,008	± 17
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9. Límites de Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce					
El informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
 Firma electrónica para: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO <i>Ing. Raul Allán</i> TÉCNICO LABORATORIO					

INFORME DE ENSAYO No. 236 e					
Solicitado por:		Sr. Pablo Francisco Alarcón Aguay			
Direccion:		Guaranda			
Fecha y hora que ingresa al laboratorio:		31/8/2022 (14H20)	Fecha final de Análisis:		31/8- 13/9/2022
Muestreo:	Ing. Raúl Allán	Fecha y Hora:		31/8/2022(11H56)	
Condiciones ambientales de análisis:			T máx: 18 °C	T mín: 13 °C	
Procedencia: Amapollas / Trayecto 3/ 1B / Altitud: 2630 m.s.n.m / Código: UEB.FCA.CAT3.003					
Coordenadas:		1° 40' 30" S 78° 59' 42" W			
Resultados					
Parámetros	Unidad	Método de Ensayo	Límite Máximo Permissible	Resultado	Incertidumbre (K=2)
Conductividad Eléctrica	uS/cm	AN-EMAPAG-11	.....	89,54	± 24
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	AN-EMAPAG-29	.....	36,41	± 10
Turbiedad	NTU	AN-EMAPAG-33	.....	0,39	
Dureza Total (CaCO ₃)	mg/L	AN-EMAPAG-14	.....	40	± 17
Coliformes Totales	Col/100 mL	AN-EMAPAG-09	.....	4150	± 32
Cromo (Cr ⁺⁶)	mg/L	AN-EMAPAG-12	0,5	0,006	± 25
Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/L	AN-EMAPAG-22	.....	0,83	± 25
Fuente: Norma TULSMA, Edición Especial N° 387, Tabla 9, Límites xde Descarga a un Cuerpo de Agua Dulce.					
El informe solo afecta a la muestra sometida a ensayo, los datos están relacionados a lo solicitado por el cliente.					
Prohibida la reproducción total o parcial sin autorización de la EP - EMAPA-G					
					
		Pide más electrónicamente por: RAUL WILFRIDO ALLAN NARANJO <i>Ing. Raúl Allán</i>			
		TÉCNICO LABORATORIO			

Anexo 5. Formato de ficha de recolección de datos

Ficha de recolección de datos		
Responsable:		
Muestra:		
Código:		
Altitud:		
Latitud:		
Longitud:		
Parámetro	Unidad	Resultado
Físicos		
Conductividad eléctrica	μS/cm	
Turbidez	UNT	
Sólidos disueltos totales	mg/l	
Sólidos suspendidos totales	mg/l	
Químicos		
pH		
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	
Sulfatos	mg/l	
Nitratos	mg/l	
Hierro	mg/l	
Cromo hexavalente	mg/l	
Cobre	mg/l	
Zinc	mg/l	
DQO ₂	mg O ₂ /l	
DBO ₅	mg O ₂ /l	
Arsénico total	mg/l	
Aluminio	mg/l	
Bario	mg/l	
Boro total	mg/l	
Cianuro total	mg/l	
Cloruros	mg/l	
Fluoruros	mg/l	
Fósforo total	mg/l	
Manganeso	mg/l	
Níquel	mg/l	
Plomo	mg/l	
Selenio	mg/l	
Biológicos		
Coliformes totales	NMP/100 ml	
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 ml	

Anexo 6. Fotografías



Recorrido por la zona de estudio



Identificación de la zona de estudio



Sistema de riego San Lorenzo



Recorrido por el sistema de riego



División del sistema de riego en transectos



Identificación del primer transecto (parte alta)



Identificación del segundo transecto (parte media)



Identificación del tercer transecto (parte baja)



Enjuague de los envases para
muestreo de agua



Toma de muestra en el primer
transecto (parte alta)



Toma de muestra en el segundo
transecto (parte media)



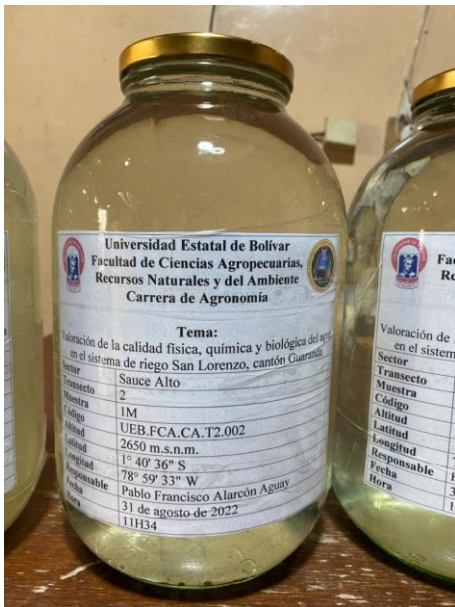
Toma de muestra en el tercer
transecto (parte baja)



Muestras codificadas y etiquetadas para el envío al laboratorio



Muestra del primer transecto (parte alta) sector El Zapán



Muestra del segundo transecto (parte media) sector Sauce Alto



Muestra del tercer transecto (parte baja) sector Amapolas



Visita de campo



Visita de campo



Visita de campo



Visita de campo

Anexo 7. Glosario de términos técnicos

Aerobio.- Son las reacciones que necesitan oxígeno para llevarse a cabo o suceden con la presencia de oxígeno.

Agua blanda.- Cualquier agua que no contiene grandes concentraciones de minerales disueltos como calcio y magnesio.

Anaerobio.- Un proceso que ocurre en ausencia de oxígeno, tal como la digestión de la materia orgánica por las bacterias.

Anión.- Ion cargado negativamente que resulta de la disociación de sales, de ácidos o de álcalis en la solución

Bioacumular.- Acumulación de una sustancia química en un organismo como resultado de todas las rutas de exposición (alimentos, agua y sedimentos, entre otras).

Biota nativa.- Se denomina microbiota normal, flora normal o flora nativa al conjunto de microorganismos que se localizan de manera habitual en distintos sitios del cuerpo humano, y que conviven con el huésped sin causar enfermedad.

Cadenas tróficas.- Mecanismo de transferencia de materia orgánica (nutrientes) y energía a través de las distintas especies de seres vivos que componen una comunidad biológica o ecosistema.

Calidad del agua.- Es un término usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. Estos excedentes químicos llamados "nutrientes" porque actúan como alimento para las plantas, pueden bajar la calidad del agua.

Catión.- Ion de carga negativa, resultado como la disolución de moléculas en agua.

Cauce.- Concavidad del terreno, natural o artificial, por donde corre un río, un canal o cualquier corriente de agua.

Caudal.- Es la cantidad de fluido que circula a través de una sección del ducto por unidad de tiempo.

Coliformes.- Las bacterias coliformes constituyen un conjunto de especies bacterianas que comparten determinadas características. Estos organismos suelen considerarse como indicadores de la contaminación de la comida y del agua.

Conductividad eléctrica.- La conductividad eléctrica es la propiedad de todo elemento que tiene la facultad de conducir la electricidad. Esta propiedad física se

basa en la capacidad de los elementos de conducir la corriente eléctrica a través de ellos mismos.

Desoxigenación.- Quitar el oxígeno a una sustancia con la cual estaba combinado.

Detoxificación.- Consiste en una serie de reacciones químicas que tendrán lugar en nuestro organismo, mediante las cuales las toxinas serán transformadas en sustancias menos tóxicas e hidrosolubles, para poder de ese modo eliminarlas con mayor facilidad.

Efluente.- La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema.

Escorrentía.- Es el agua de lluvia que circula libremente sobre la superficie de un terreno.

Extensionistas.- Ser extensionista es ser un promotor, facilitador y gestor del desarrollo rural. Un agente que favorece la realización de procesos de desarrollo.

Fitotóxicos. - Son aquellos compuestos, de origen natural o antropogénico, que impiden el normal crecimiento y desarrollo de uno o más tipos de plantas cuando estas son expuestas a una dosis determinada de dicho compuesto, pudiendo llegar a provocar la muerte del vegetal.

Irrigación.- Aplicación de agua o aguas residuales para suministrar el agua y los nutrientes que las plantas necesitan.

Macroinvertebrados.- Son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas.

Micro cuencas.- Son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, etc., normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas.

Sedimentos.- Suelo, arena, y minerales lavados desde el suelo hacia la tierra generalmente después de la lluvia.

Sistemas hidrográficos.- También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua definido por el relieve.

Sub cuencas.- Se caracteriza por desembocar en un lago o, generalmente, en un río de orden superior, dando lugar a diferentes modos de clasificación de las redes de drenaje, como el Sistema de Codificación Pfafstetter, método jerárquico de codificación hidrológica de cuencas.

Transecto.- Trayecto a lo largo del cual se realizan las observaciones o se toman las muestras para un proyecto científico de investigación.

Turbidez.- La turbidez del agua es una propiedad óptica que provoca que la luz se disperse y absorba, en lugar de ser transmitida.