



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA QUÍMICA

**CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LAS
VERTIENTES SHUSHURI PARA USO AGRÍCOLA DEL CASERÍO
SALATE**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

QUÍMICA

AUTORAS: MAGALY ISABEL BECERRA TORRES

ERICKA MISHELLE GUATO TITE

DIRECTOR: DR. CARLOS PILAMUNGA CAPUS

Riobamba – Ecuador

2023

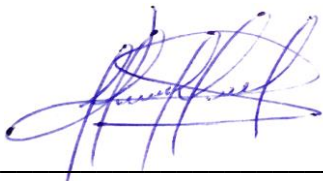
©2023, Magaly Isabel Becerra Torres & Ericka Mishelle Guato Tite

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

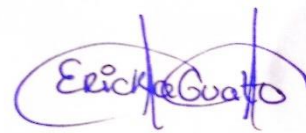
Nosotras, MAGALY ISABEL BECERRA TORRES y ERICKA MISHELLE GUATO TITE declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de agosto de 2023.



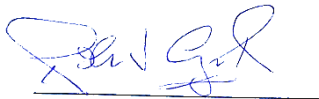
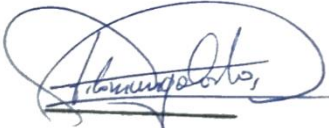

Magaly Isabel Becerra Torres
110557209-1



Ericka Mishelle Guato Tite
185068728-4

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**CARACTERIZACIÓN DE CALIDAD DEL AGUA DE LAS VERTIENTES SHUSHURI PARA USO AGRÍCOLA DEL CASERÍO SALATE**”, realizado por las señoritas, **MAGALY ISABEL BECERRA TORRES** y **ERICKA MISHELLE GUATO TITE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Robert Alcides Cazar Ramírez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-08-10
Dr. Carlos Pilamunga Capus DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-10
Dra. Mayra Jannet Espinoza Melendres ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-10

DEDICATORIA

Este logro lo dedico principalmente a Dios por brindarme sabiduría, fortaleza y constancia a lo largo de mi formación académica. A mis amados padres Luis y Gloria, que con sus esfuerzos, paciencia y amor me han inspirado a no rendirme y continuar a pesar de todos los obstáculos que se han presentado, ellos han sido el principal motor de arranque y constante motivación. A mi amada abuelita Zoila y querida tía María que han estado incondicionalmente apoyándome con sus palabras de aliento en los momentos más difíciles. A mi querido hermano Paul que me ha apoyado en cada etapa de mi formación académica, gracias por siempre estar ahí cuando todo se ponía difícil y darme palabras de aliento cuando más lo necesitaba.

Magaly

Dedico mi tesis, principalmente a Dios por iluminarme con su luz y guiar mi camino, a la persona más luchadora y fuerte que puedo conocer: “yo” porque logre cumplir una meta más en mi vida. A mis queridos padres Norma y Oswaldo, por apoyarme en todas mis andanzas y por todo el esfuerzo que han hecho por mí, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. A mis herman@s y sobrin@s con quienes quiero compartir este logro. Con cariño a Christopher Gallegos, quien estuvo acompañándome a escribir esta tesis pues durante las noches largas de compañía ha estado brindándome ánimos para continuar y no desistir, enserio gracias, por tanto. A mi mejor amigo Luis Anthony, quien a pesar de la distancia ha estado cuando más necesitaba de su ayuda, siendo un apoyo incondicional para mí, por eso te quiero. A mis amig@s Michelle, Aracely, Andreita y Bryan por ofrecerme su amistad y ayuda tanto en el ámbito académico como en lo personal, permitiéndome compartir buenos y malos momentos durante esta aventura universitaria, por eso siempre los llevo en mi corazoncito. Finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso para nunca rendirme.

Ericka

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a todos los docentes que compartieron sus conocimientos y me guiaron para cumplir esta meta. A Dios por brindarme una familia extraordinaria, a mis padres por acompañarme en cada agotadora noche de estudio con sus palabras motivadoras. A mi querido hermano Paul que ha estado presente en la realización de esta meta. A mis amigos como Ale que con el tiempo fuimos fortaleciendo una amistad y creando una familia, gracias por su apoyo incondicional, por compartir experiencias y convivir conmigo durante este tiempo, simplemente Gracias.

Magaly

Este peldaño más en mi vida ha sido el resultado de un sinfín de acontecimientos y solamente me ocurre una palabra: ¡Gracias!

Todo el trabajo realizado fue posible gracias al apoyo de mis padres, hermanos y amigos, quienes estaban ahí cuando más los necesité. Mi gratitud a ustedes y por supuesto, a Dios por sus bendiciones.

Ericka

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro director de tesis Dr. Carlos Pilamunga, quien con su conocimiento y guía nos ayudó a concluir con éxito este trabajo.

Magaly & Ericka

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.1.	Planteamiento del problema	2
1.1.1.	<i>Problema general de investigación</i>	2
1.1.2.	<i>Problema específico de investigación</i>	2
1.2.	Objetivos.....	3
1.2.1.	<i>Objetivo general</i>	3
1.2.2.	<i>Objetivos específicos</i>	3
1.3.	Justificación.....	3
1.4.	Hipótesis	4

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	5
2.1.	Antecedentes.....	5
2.2.	Bases teóricas	7
2.2.1.	<i>Agua</i>	7
2.2.2.	<i>Tipos de agua</i>	7
2.2.2.1.	<i>Agua potable</i>	7
2.2.2.2.	<i>Agua dulce</i>	7
2.2.2.3.	<i>Agua salada</i>	7
2.2.2.4.	<i>Agua salobre</i>	8
2.2.2.5.	<i>Agua dura</i>	8
2.2.2.6.	<i>Agua blanda</i>	8
2.2.2.7.	<i>Agua destilada</i>	8
2.2.2.8.	<i>Aguas residual</i>	8

2.2.3.	<i>Clasificación de agua para riego: Normas Riverside</i>	9
2.2.4.	<i>Efecto del agua contaminada en el riego</i>	10
2.2.5.	<i>Criterios de calidad de agua de riego</i>	10
2.2.6.	<i>Parámetros de la calidad del agua</i>	10
2.2.6.1.	<i>Parámetros físicos del agua</i>	11
2.2.6.1.1.	<i>Temperatura</i>	11
2.2.6.1.2.	<i>Turbidez</i>	11
2.2.6.1.3.	<i>Color</i>	11
2.2.6.1.4.	<i>Olor</i>	11
2.2.6.1.5.	<i>Potencial de hidrógeno (pH)</i>	11
2.2.6.1.6.	<i>Conductividad eléctrica (CE)</i>	12
2.2.6.1.7.	<i>Sólidos totales disueltos (STD)</i>	12
2.2.6.2.	<i>Parámetros químicos del agua</i>	12
2.2.6.2.1.	<i>Sulfatos (SO_4^{2-})</i>	12
2.2.6.2.2.	<i>Nitratos (NO_3^-)</i>	12
2.2.6.2.3.	<i>Cloruros (Cl)</i>	13
2.2.6.2.4.	<i>Bicarbonatos (HCO_3^-)</i>	13
2.2.6.2.5.	<i>Calcio (Ca^{2+})</i>	13
2.2.6.2.6.	<i>Magnesio (Mg^{2+})</i>	13
2.2.6.2.7.	<i>Sodio (Na^+)</i>	14
2.2.6.2.8.	<i>Boro (B^{3+})</i>	14
2.2.6.2.9.	<i>Mercurio (Hg)</i>	14
2.2.6.2.10.	<i>Plomo (Pb)</i>	14
2.2.6.2.11.	<i>Cadmio (Cd)</i>	15
2.2.6.2.12.	<i>Cromo (Cr)</i>	15
2.2.6.3.	<i>Parámetros microbiológicos del agua</i>	15
2.2.6.3.1.	<i>Coliformes fecales</i>	15
2.2.6.3.2.	<i>Coliformes totales</i>	16
2.3.	Bases conceptuales	16
2.3.1.	<i>Vertiente</i>	16
2.3.2.	<i>Regadío</i>	16
2.3.3.	<i>Agua para riego</i>	16
2.3.4.	<i>Calidad de agua de riego</i>	17
2.3.5.	<i>Relación de adsorción de sodio (RAS)</i>	17
2.4.	Base legal	18
2.4.1.	<i>Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULSMA)</i>	18
2.4.2.	<i>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua</i>	19

2.4.3.	<i>INTE INEN 2 176 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo</i>	20
--------	--	----

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1.	Tipo de investigación	22
3.1.1.	<i>Diseño de la investigación</i>	22
3.1.2.	<i>Diseño experimental</i>	23
3.1.2.1.	<i>Diseño completamente al azar “DCA”</i>	25
3.1.2.2.	<i>Modelo estadístico</i>	25
3.1.2.3.	<i>Análisis de varianza ANOVA para el DCA</i>	26
3.1.2.4.	<i>Identificación de variables</i>	26
3.1.2.5.	<i>Operacionalización de variables</i>	27
3.1.3.	<i>Localización del estudio</i>	29
3.1.4.	<i>Unidad de análisis</i>	29
3.1.5.	<i>Técnicas y recolección de datos</i>	29
3.1.6.	<i>Métodos, técnicas e instrumentos analíticos</i>	29
3.1.6.1.	<i>Determinación de parámetros físicos</i>	30
3.1.6.2.	<i>Determinación de parámetros químicos</i>	31
3.1.6.3.	<i>Determinación de parámetros microbiológicos</i>	35

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	37
4.1.	Resultados de los análisis e interpretación	37
4.1.1.	<i>Datos experimentales</i>	37
4.1.1.1.	<i>pH</i>	37
4.1.1.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	39
4.1.1.3.	<i>Sólidos disueltos totales TDS</i>	41
4.1.1.4.	<i>Temperatura</i>	43
4.1.1.5.	<i>Bicarbonatos</i>	45
4.1.1.6.	<i>Cloruros</i>	47
4.1.1.7.	<i>Sulfatos</i>	49
4.1.1.8.	<i>Nitratos</i>	51
4.1.1.9.	<i>Boro</i>	53
4.1.1.10.	<i>Calcio “Ca²⁺”</i>	55
4.1.1.11.	<i>Magnesio “Mg²⁺”</i>	57

4.1.1.12.	<i>Sodio “Na⁺”</i>	59
4.1.1.13.	<i>Resultados metales pesados</i>	61
4.1.1.13.1.	<i>Cadmio “Cd”</i>	62
4.1.1.13.2.	<i>Plomo “Pb”</i>	64
4.1.1.13.3.	<i>Cromo “Cr”</i>	66
4.1.1.13.4.	<i>Mercurio “Hg”</i>	66
4.1.1.14.	<i>Resultados de análisis microbiológicos</i>	67
4.1.1.14.1.	<i>Coliformes fecales y totales</i>	67
4.1.2.	<i>Resultados del RAS</i>	69

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES	72
RECOMENDACIONES	72

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Clasificación del agua de riego en función del RAS_{ad}	18
Tabla 2-2:	Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola.....	19
Tabla 2-3:	Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego	20
Tabla 3-1:	Número de muestras tomadas en los diferentes puntos de muestreo	23
Tabla 3-2:	Parámetros evaluados en el punto M1 (Inicio de Vertiente)	23
Tabla 3-3:	Parámetros evaluados en el punto M2 (Rio San Idelfonso).....	24
Tabla 3-4:	Parámetros evaluados en el punto M3 (Vertiente + Rio San Idelfonso “Agua destinada al caserío Salate”).....	24
Tabla 3-5:	Análisis de varianza para el diseño completamente al azar (DCA)	26
Tabla 3-6:	Operacionalización de variable independiente: Caracterización de la calidad de agua	27
Tabla 3-7:	Operacionalización de variable dependiente: Uso agrícola	28
Tabla 3-8:	Técnicas de recolección de datos	29
Tabla 3-9:	Métodos utilizados para análisis de metales pesados.....	35
Tabla 4-1:	Resultados análisis de pH	37
Tabla 4-2:	Análisis de varianza ANOVA de pH	38
Tabla 4-3:	Resultados análisis de conductividad eléctrica	39
Tabla 4-4:	Análisis de varianza ANOVA de conductividad eléctrica	40
Tabla 4-5:	Resultados análisis de sólidos disueltos totales	41
Tabla 4-6:	Análisis de varianza ANOVA de sólidos disueltos totales	42
Tabla 4-7:	Resultados análisis de temperatura	43
Tabla 4-8:	Análisis de varianza ANOVA de temperatura	44
Tabla 4-9:	Resultados análisis de bicarbonatos.....	45
Tabla 4-10:	Análisis de varianza ANOVA de bicarbonatos.....	45
Tabla 4-11:	Resultados análisis de cloruros	47
Tabla 4-12:	Análisis de varianza ANOVA de cloruros	47
Tabla 4-13:	Resultados análisis de sulfatos.....	49
Tabla 4-14:	Análisis de varianza ANOVA de sulfatos.....	49
Tabla 4-15:	Resultados análisis de nitratos	51
Tabla 4-16:	Análisis de varianza ANOVA de nitratos	51
Tabla 4-17:	Análisis estadístico Tukey de nitratos	52

Tabla 4-18: Resultados análisis de boro.....	53
Tabla 4-19: Análisis de varianza ANOVA de boro.....	54
Tabla 4-20: Resultados análisis de calcio.....	55
Tabla 4-21: Análisis de varianza ANOVA de calcio.....	55
Tabla 4-22: Resultados análisis de magnesio.....	57
Tabla 4-23: Análisis de varianza ANOVA de magnesio.....	57
Tabla 4-24: Análisis estadístico Tukey de magnesio.....	58
Tabla 4-25: Resultados análisis de sodio.....	59
Tabla 4-26: Análisis de varianza ANOVA de sodio	60
Tabla 4-27: Análisis estadístico TUKEY de sodio	60
Tabla 4-28: Resultados análisis de cadmio	62
Tabla 4-29: Análisis de varianza ANOVA de cadmio	62
Tabla 4-30: Análisis estadístico TUKEY de cadmio.....	63
Tabla 4-31: Resultados análisis de plomo.....	64
Tabla 4-32: Análisis de varianza ANOVA de plomo.....	64
Tabla 4-33: Análisis estadístico TUKEY de plomo	65
Tabla 4-34: Resultados análisis de coliformes fecales	67
Tabla 4-35: Resultados análisis de coliformes totales.....	68
Tabla 4-36: Resultados de conductividad eléctrica y RAS del punto M3.....	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Clasificaciones de las aguas según la normativa Riverside	10
Ilustración 3-1:	Localización del área de estudio (Vertientes Shushuri)	28
Ilustración 4-1:	Variación de pH en los puntos de muestreo	38
Ilustración 4-2:	Variación de conductividad eléctrica en los puntos de muestreo	40
Ilustración 4-3:	Variación de sólidos disueltos totales en los puntos de muestreo	42
Ilustración 4-4:	Variación de temperatura en los puntos de muestreo	44
Ilustración 4-5:	Variación de bicarbonatos en los puntos de muestreo.....	46
Ilustración 4-6:	Variación de cloruros en los puntos de muestreo	48
Ilustración 4-7:	Variación de sulfatos en los puntos de muestreo.....	50
Ilustración 4-8:	Variación de nitratos en los puntos de muestreo	52
Ilustración 4-9:	Variación de boro en los puntos de muestreo.....	54
Ilustración 4-10:	Variación de calcio en los puntos de muestreo	56
Ilustración 4-11:	Variación de magnesio en los puntos de muestreo	58
Ilustración 4-12:	Variación de sodio en los puntos de muestreo	61
Ilustración 4-13:	Variación de cadmio en los puntos de muestreo	63
Ilustración 4-14:	Variación de plomo en los puntos de muestreo	65
Ilustración 4-15:	Resultados indicador coliformes fecales NMP/100 ml.....	67
Ilustración 4-16:	Resultados indicador coliformes totales NMP/100 ml	68
Ilustración 4-17:	Diagrama de Richards.....	71

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREOS: (M1: VERTIENTE SHUSHURI), (M2: RÍO SAN IDELFONSO); (M3: VERTIENTE SHUSHURI + RÍO SAN IDELFONSO)
- ANEXO B:** DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS
- ANEXO C:** ANÁLISIS DE METALES
- ANEXO D:** CÁLCULOS RAS
- ANEXO E:** TABLA DE CONCENTRACIÓN DE Ca (Ca_x) QUE SE ESPERA PERMANEZCA EN EL AGUA DEL SUELO CERCA DE LA SUPERFICIE DE RIEGO CON LA RELACIÓN HCO_3/Ca y CE_w

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar la calidad del agua de las vertientes de Shushuri para uso agrícola del caserío Salate. Las muestras de agua se tomaron en tres puntos estratégicos denominados M1, M2 y M3, de cada punto se tomó un litro de agua en botellas ámbar estériles y se las conservo en refrigeración para posteriormente analizar los parámetros de calidad de agua de riego establecidos por la relación de absorción sodio (RAS) y el anexo 1 libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y descarga de efluentes recurso agua (TULSMA). Los parámetros analizados fueron: pH, conductividad eléctrica (CE), sólidos disueltos totales (TDS), temperatura, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, boro, magnesio, sodio, cadmio, plomo, cromo, mercurio, coliformes fecales y coliformes totales, mediante técnicas de laboratorio en los meses de diciembre del 2022, enero y febrero del 2023. Para el análisis estadístico se utilizó el modelo completamente al azar (DCA), ANOVA y Tukey, dando como resultado la existencia de diferencias significativas entre los promedios de los tres meses en los parámetros de: nitratos, magnesio, sodio, cadmio y plomo. Además, cada parámetro se comparó con los límites permisibles establecidos en el TULSMA. Concluyendo en base a la metodología RAS el agua de las vertientes de Shushuri se encuentran sin restricción de uso en diciembre y febrero, por otro lado, en enero presentan restricción ligera-moderada, además, los parámetros de coliformes totales y fecales exceden los límites permisibles establecidos por el TULSMA presentando una concentración muy alta. Se recomienda socializar el presente trabajo con los habitantes del caserío Salate para informar sobre la calidad que presenta el agua que utilizan para el riego de cultivos.

Palabras clave: <VERTIENTE>, <AGUA>, <USO AGRÍCOLA>, <CALIDAD>, <REGADÍO>.

1956-DBRAG-UTP-2023



ABSTRACT

The present research work aimed to characterize the water quality of the Shushuri springs for agricultural use in the Salate village. The water samples were taken at three strategic points called M1, M2, and M3; from each issue, a liter of water was taken in sterile amber bottles and kept in refrigeration to later analyze the irrigation water quality parameters established by the sodium absorption ratio (RAS) and Annex 1 book VI of the Unified Text of Secondary Legislation of the Ministry of the Environment: Standard of Environmental Quality and Discharge of Effluents Water Resource (TULSMA). The parameters analyzed were pH, electrical conductivity (EC), total dissolved solids (TDS), temperature, bicarbonates, chlorides, sulfates, nitrates, boron, magnesium, sodium, cadmium, lead, chromium, mercury, fecal coliforms, and total coliforms, using laboratory techniques in December 2022, January 2023, and February 2023. For the statistical analysis, the completely randomized model (DCA), ANOVA, and Tukey were used, resulting in significant differences between the three-month averages in nitrates, magnesium, sodium, cadmium, and lead parameters. In addition, each parameter compares with the permissible limits established in the TULSMA. Concluding based on the RAS methodology, the water of the Shushuri springs is without restriction of use in December and February; on the other hand, in January, they present a light-moderate limitation; in addition, the parameters of total and fecal coliforms exceed the permissible limits established by the TULSMA giving a very high concentration. It recommends socializing the present work with the inhabitants of the Salate hamlet to inform them about the quality of the water they use for crop irrigation.

Keywords: <SLOPE>, <WATER>, <AGRICULTURAL USE>, <QUALITY>, <IRRIGATION>.



Lic. Edison Renato Ruiz López
C.I: 0603957044

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para sostener la vida en el planeta, siendo indispensable para el desarrollo del ser humano. Sin embargo, las diversas actividades antropogénicas realizadas por el ser humano han provocado el deterioro de este recurso, perjudicando al ecosistema y ha actividades productivas como la agricultura. Esta actividad presenta gran demanda de agua a nivel global consumiendo el 70% de este recurso en el riego. Este recurso es eficiente cuando se encuentra cumpliendo con todos los criterios de calidad especificados por una normativa como es el caso del TULSMA (Delgado, 2021, pp. 11–12).

Las aguas de riego ya sean derivadas de manantiales, vertientes, arroyos o bombeados de pozos, contienen cantidades apreciables de sustancias químicas en solución que puede reducir el rendimiento de los cultivos y deteriorar la fertilidad del suelo. Desde el punto de vista agronómico, el éxito de la agricultura depende en gran medida de la calidad del agua aplicada en los sembríos, debido a que el agua de riego siempre lleva consigo sustancias derivadas de su medio ambiente o de productos de desecho derivados de las actividades antropogénicas producidas por el hombre (Ramos, 2014).

Por consiguiente, la calidad de agua de riego puede variar en gran medida dependiendo de la época del año y los parámetros evaluados, estos se dividen en tres categorías: físicas, químicas y microbiológicas. Cada categoría abarca diversos indicadores de calidad, como es el caso de los parámetros químicos donde se evalúan los minerales que se encuentran disueltos en el agua (Puyol & Razo, 2016, pp. 5–6).

Por ello, en este proyecto de investigación pretendemos realizar los análisis previa caracterización física (pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales), química (bicarbonatos, cloruros, sulfatos, nitratos, boro, calcio, magnesio, sodio y metales pesados) y microbiológica (coliformes fecales y totales) de la Vertiente Shushuri, Río San Idelfonso y la unión de ambos, la misma que se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, cantón Pelileo en el caserío Sigualo, la finalidad es verificar si los resultados obtenidos de los análisis están dentro del rango de los límites permisibles para el uso del agua en actividades agrícolas, comparándolos con la Norma Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), libro VI, anexo I.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En los últimos años las cuencas hidrográficas se han considerado como áreas de desagüe, convirtiendo así a estas fuentes en aguas residuales, las mismas que pueden ser utilizadas en la agricultura, con el uso de este tipo de aguas de manera directa puede aumentar la entrada de la materia orgánica y nutrientes para las plantas, pero también se corre el riesgo de deteriorar la calidad del agua y del suelo (Zamora et al., 2008, pp. 193–199).

El caserío Salate perteneciente al cantón Pelileo está formado en su mayoría por terrenos de gran productividad agrícola, ya que su producción abastece de alimentos a la ciudad, con el predominio de cultivos como: aguacates, tomates de árbol, granadillas, babaco, maíz, frejol, entre otros productos (Sánchez, 2015, p. 2).

Este caserío utiliza el agua proveniente de la unión parcial las vertientes de Shushuri y el río San Idelfonso para el regadío de cultivos ya que en esta zona no se cuenta con otro sistema de riego. Alrededor de las vertientes de Shushuri existe actividad ganadera y las aguas del río San Idelfonso presentan arrastre de basura doméstica especialmente plásticos, además existe actividad ganadera que se realiza a los bordes de este río y los desechos provenientes son arrojados sin ningún tratamiento directamente al río, pudiendo ser estos factores causas del deterioro del agua.

Por lo tanto, la producción de cultivos del caserío Salate se ve disminuido cada vez, esto puede ser debido a diversos factores como: climáticos, hídricos y calidad de suelo. Por lo que el presente trabajo se enfocará en la parte hídrica, evaluando la calidad del agua destinada al regadío de esta zona.

1.1.1. Problema general de investigación

¿La calidad de agua de las Vertientes de Shushuri es apta para uso agrícola del caserío Salate?

1.1.2. Problema específico de investigación

¿Cuál es la metodología para analizar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de

la calidad del agua de las Vertientes de Shushuri, para comprobar si sirve en el uso agrícola del caserío Salate?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Caracterizar la calidad del agua de las Vertientes de Shushuri para uso agrícola del caserío Salate perteneciente al cantón Pelileo Provincia de Tungurahua.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros físicos y químicos del agua de las Vertientes de Shushuri para uso agrícola propuestos por la Relación de absorción de sodio (RAS).
- Evaluar la calidad de agua de las Vertientes de Shushuri para uso agrícola según los parámetros propuestos por el RAS.
- Comparar si los resultados obtenidos de los análisis de calidad de agua cumplen con los límites permisibles para uso del agua en actividades agrícolas.

1.3. Justificación

Conforme a lo observado previamente en la zona de estudio, se constató que el agua de las Vertientes Shushuri se podrían encontrar levemente contaminadas por la unión parcial del río San Ildelfonso. Es por esta razón que se ve la necesidad de realizar este estudio para dar a conocer a la población si la calidad del agua de las vertientes de Shushuri es apta para regar las zonas agrícolas del caserío de Salate, pues es de transcendental importancia exponer este tipo de información. Puesto que, si el agua destinada para el regadío de esta zona presentase un alto contenido de contaminantes, puede constituir un alto riesgo para la salud de las personas que consumen los alimentos regados con esta agua (Aguilar & Cubas, 2021, pp. 65–77).

Además, se da un bajo rendimiento en la producción agrícola, existiendo un deterioro en la calidad del suelo ocasionando varios problemas, estos pueden ser; toxicidad específica sobre los cultivos, problemas de salinidad, entre otros (Bonet & Ricardo, 2011, pp. 19–23). En Ecuador, no existe suficiente información sobre la calidad de las aguas de uso agrícola, por lo tanto, el estudio de la calidad de

agua de las vertientes de Shushuri contribuirá a dar beneficio a este sector para mejorar la calidad de vida de los pobladores de esta zona.

Por ende, la presente investigación se realizará mediante técnicas de análisis para cuantificar la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y verificar el cumplimiento de la norma de calidad de agua de riego del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ambiente (TULSMA). De esta manera se podrá evaluar la calidad de agua destinada para uso agrícola del caserío Salate.

1.4. Hipótesis

La calidad de agua de las Vertientes de Shushuri es apta para uso agrícola en el caserío Salate.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

El agua subterránea se encuentra llenando los espacios de la tierra y las rocas dando origen a las fuentes de agua denominadas vertientes, la explotación indiscriminada de estas fuentes de agua ha causado que se dé un deterioro en la calidad de las mismas y en algunos casos ha provocado que haya una disminución en la recarga de estas, esto se produce a causa del aumento de la explotación agrícola y uso de agroquímicos (Carvajal, 2020, pp. 18–19).

En 2017 la Secretaría de Agua (SENAGUA), menciona que la calidad de agua es indispensable para el mantenimiento de la vida, ecosistemas, uso y aprovechamiento del agua. Además, se propone que para diagnosticar la calidad del agua hay una estrategia enfocada en la generación de un registro histórico, confiable y representativo de la información relacionada con la calidad de agua que incluye datos físicos, químicos, biológicos, microbiológicos y radiológicos (Fuentes, 2017, pp. 10–18).

En un estudio realizado con el tema “Efecto de la calidad de agua del acuífero Valle de Guadalupe en la salinidad de suelos agrícolas” afirman que la calidad del agua incide en la salinidad del suelo por lo tanto esta afecta la producción de los cultivos. Además, en esta investigación se habla de otro problema relacionado al riego de los cultivos debido a que, generalmente no se especifica la calidad química que debe tener el agua, sino que se da valor a la calidad agrónoma determinada por cultivo a regar (Salgado et al., 2012, pp. 79–95).

En 2014 se realizó una investigación con el tema “Calidad de agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala” donde se menciona que, la calidad del agua también está determinada por la concentración y composición de los componentes disueltos en la misma, ya que es fundamental que el agua se encuentre en óptimas condiciones de salinidad o contenido de sodio. Además, se menciona que la salinidad se cuantifica según la concentración total de sales solubles o en términos de la conductividad eléctrica (CE) de la solución, por lo que para saber si el agua es óptima para el riego se utiliza los parámetros establecidos por el RAS (Castellón et al., 2015, pp.40-42).

Otro estudio que se realizó en 2015 con el tema “Manejo de la cuenca del río Patate, en el cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua”, se da a conocer que las aguas residuales provenientes de las industrias textiles contienen una alta presencia de metales pesados como el Cd y Pb. En este estudio también se menciona que el agua analizada del río Patate no cumple con los parámetros planteados por la norma de agua de riego de la tabla 6 del Libro VI, Anexo I del TULSMA, debido a que en este río se dan grandes descargas de las aguas provenientes de las industrias textiles, por lo que los cultivos que sean regados con esta agua se pueden ver afectados en su rendimiento y desarrollo (Sambache & Valverde, 2015, pp. 84–85).

La “Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco” es una investigación que se realizó en 2019, donde se menciona que la calidad del agua va a depender de los cultivos a regar, además señala que estas aguas que son utilizadas para la agricultura deben presentar iones específicos como: cationes (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ y K^+), aniones (CO_3^{2-} ; Cl^- y SO_4^{2-}), y otros en menor proporción como el B^{3+} y CO_3^{2-} . Asimismo, se menciona que la conductividad eléctrica (CE) y el Na^+ son los dos parámetros más importantes para el agua de riego, ya que si el agua presenta un nivel de salinidad por encima del rango permitido se genera un aumento en la presión osmótica en la solución del suelo, provocando que la planta no pueda absorber el agua de manera adecuada y se vea afectado el crecimiento de la planta (Quinteros et al., 2019, pp. 46–57).

Además, otro estudio realizado en 2019 con el tema “Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador” manifiesta que los suministros de agua provienen generalmente de dos fuentes principales las cuales son: aguas superficiales y subterráneas, estas se mueven constantemente a través de vías superficiales y subterráneas lo que afecta significativamente su calidad. Además, menciona que la calidad depende fundamentalmente de la cuenca hidrográfica donde se localice, especialmente del suelo y la geología (Pauta et al., 2019, pp. 77–88).

Asimismo, en otros estudios se menciona que hay que tener en cuenta la época donde se realiza algún tipo de estudio ya que en la época lluviosa se produce un proceso de acumulación de carga contaminante en la superficie debido al arrastre de elementos que se encuentren a su paso. De igual manera, se afirma que si existe una alteración en las zonas altas de los ríos va a existir algún tipo de incidencia en la calidad del agua, por lo que los cultivos que se rieguen con este tipo de agua van a tener algún tipo de efecto en su rendimiento y calidad (Pauta et al., 2019, pp. 77–88).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

Está constituida por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno que se unen, resultando una molécula de agua (H₂O), presenta una estructura dipolar y forma puentes de hidrogeno dando características únicas para la vida. Además, cubre más del 70 % de la superficie del planeta, se la puede encontrar en lagos, ríos, lagunas, en el aire, en el suelo, etc. Es un insumo fundamental para la producción agrícola y desempeña un papel importante en la seguridad alimentaria. El agua es un recurso renovable pero finito (Fernández, 2012, pp. 147–170).

2.2.2. Tipos de agua

Existe diversos tipos de aguas esto va a variar dependiendo de las características que presenten como pueden ser:

2.2.2.1. Agua potable

Es aquella que presenta componentes disueltos en ella en un nivel tolerable, es decir se puede utilizar sin ninguna restricción para el consumo humano ya que cuenta con todos los parámetros de calidad requerida (Fernández, 2012, pp. 147–170).

2.2.2.2. Agua dulce

Es aquella que se encuentra en los ríos, lagos, lagunas, entre otras., presenta poca cantidad de sales disueltas en ella. Además, su aporte reduce la salinidad de los ecosistemas marinos y es necesaria para el desarrollo de la población humana (Castro & Rajadel, 2021, pp. 351–360).

2.2.2.3. Agua salada

Se encuentra principalmente en los océanos, con una salinidad media de 3,5 % constituyendo principalmente un gran número de elementos disueltos en ella, entre los que destacan el cloro y el sodio y los más comunes son: el magnesio, el azufre, el calcio y el potasio (Rodríguez et al., 2022, pp. 55–64).

2.2.2.4. Agua salobre

Es aquella cuya salinidad se encuentra entre el agua dulce y agua de mar, es decir su salinidad es más alta que el agua dulce, pero no superior al agua de mar. Técnicamente esta agua contiene entre 500 y 17000 mg/L, por lo que si las personas consumen o usan este tipo de agua para regar tiene un impacto negativo (Nisala et al., 2020, p. 1).

2.2.2.5. Agua dura

Se define como aquella agua que contiene una gran concentración de iones de calcio y magnesio, también pueden estar metales divalentes o multivalentes en disolución que contribuyen a la dureza del agua. Esta dureza puede ser carbonatada y no carbonatada, la dureza del carbonato va a depender de los metales con los que estén combinados a la cual se le denomina alcalinidad (Sengupta, 2013, p. 867).

2.2.2.6. Agua blanda

Es aquella cuya dureza es menor a 60 o 70 mg de carbonato de calcio, es decir su dureza va a depender en gran medida de la cantidad de iones magnesio y calcio que estén presentes, por lo generalmente su presencia es baja (Gleick, 2002, p. 373).

2.2.2.7. Agua destilada

Es aquella que ha sido purificada y no contiene ningún tipo de ion disociado en ella, es decir solo contiene H₂O. Este tipo de agua es para uso en el laboratorio y se adapta según las necesidades de este (Geldreich & Clark, 1965, pp. 351–355).

2.2.2.8. Aguas residuales

Son aquellas en las que el hombre ha introducido materias contaminantes ya sea de modo directo o indirecto, en las que implica alteraciones perjudiciales a su calidad. Estas aguas provienen de diversas actividades como pueden ser: domesticas, industriales y comunitarias. Generalmente está compuesta por componentes físicos, químicos y biológicos, que son una mezcla suspendida de varios materiales tanto inorgánicos como orgánicos (Diaz et al., 2012, pp. 78–97).

2.2.3. *Calidad de agua*

Es fundamental para el bienestar humano y desarrollo sostenible, ya que la calidad del agua viene de la mano de la salud de la población y es fundamental para las políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible. Además, es un parámetro fundamental del medio hídrico, tanto desde el punto de vista ambiental, pues describe los aspectos físicos, químicos y biológicos, como desde la perspectiva de la planificación y gestión hidrológica, ya que delimita la aptitud del agua para mantener los ecosistemas y atender las diferentes demandas (Villena, 2018, pp. 304–308).

2.2.4. *Agricultura*

Es el conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra, en el cual se realiza diversas acciones humanas para el tratamiento de los suelos y los cultivos, donde se labra, fertiliza, siembra y riega las parcelas que contienen los cultivos de interés. Su función principal es satisfacer las necesidades del ser humano mediante el cultivo de diversas plantas (Castellanos & Morales, 2016, pp. 22–33).

2.2.5. *Agua para riego*

Es aquella agua destinada al riego de la producción agrícola en zonas áridas y semiáridas para complementar las lluvias como una medida táctica durante los periodos de sequía, es decir se aplica para evitar déficits hídricos que reduzcan la producción de los cultivos (Fereris & Soriano, 2007, pp. 147–159).

2.2.3. *Clasificación de agua para riego: Normas Riverside*

Según la metodología Riverside el agua de riego se clasifica a partir de los datos de conductividad eléctrica (CE) y la relación de absorción de sodio (RAS), la misma que es fundamental para definir la calidad del agua de riego (Dell'amico et al., 2011, pp. 71–81), esta clasificación se muestra a continuación en la ilustración 2-1.

Tipos	Calidad y normas de uso
C ₁	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
C ₂	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad.
C ₃	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₄	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C ₅	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C ₆	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S ₁	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S ₂	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario
S ₃	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S ₄	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Ilustración 2-1: Clasificaciones de las aguas según la normativa Riverside

Fuente: (Dell'amico et al., 2011, pp. 71–81).

2.2.4. Efecto del agua contaminada en el riego

El uso de aguas contaminadas en el riego puede aumentar el ingreso de materia orgánica presentando una gran problemática tanto para la salud pública como para el medio ambiente. Entre los principales efectos tenemos la contaminación de los alimentos debido a la presencia de microorganismos patógenos, metales pesados, mutagénicos y alta salinidad de los suelos (Guadarrama & Galván, 2015, pp. 22–44).

2.2.5. Criterios de calidad de agua de riego

El agua de riego debe presentar ciertas características, la principal es que debe tener baja salinidad, ya que si presenta excesiva cantidad de sales estas se acumulan en el suelo e impiden el crecimiento adecuado del cultivo (Chulim et al. 2008, p. 243-252). Además, su calidad viene definida por la CE y la concentración de iones específicos como: cationes (Ca^{2+} ; Mg^{2+} ; Na^+ y K^+), aniones (CO_3^{2-} ; Cl^- y SO_4^{2-}), y otros en menor proporción como el B^{3+} y CO_3^{2-} (Quinteros et al., 2019, pp. 46–57).

2.2.6. Parámetros de la calidad del agua

Los parámetros que nos ayudan a determinar la calidad del agua de riego son físicos, químicos y microbiológicos, los mismos que se exponen en las secciones 2.2.8.1; 2.2.8.2 y 2.2.8.3.

2.2.6.1. Parámetros físicos del agua

2.2.6.1.1. Temperatura

Esta se puede definir como una medida de energía cinética media de las moléculas de agua, la misma que se puede medir en grados Centígrados o Fahrenheit. Esta afecta a la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua, ya que si el agua presenta temperaturas bajas va a tener un mayor transporte de oxígeno el mismo que es indispensable para la vida marina (Escandón & Cáceres, 2022, pp. 25–28).

2.2.6.1.2. Turbidez

Se refiere a la opacidad que está presente en el agua ya sea por la suspensión de partículas sólidas o materia orgánica e inorgánica. Estas partículas que se encuentran suspendidas absorben luz lo que produce que se dé un aumento en la temperatura lo que provoca que no haya suficiente transporte de oxígeno en el agua (Escandón & Cáceres, 2022, pp. 25–28).

2.2.6.1.3. Color

Este viene dado por los materiales descompuestos de la materia orgánica, como vegetación, el suelo, piedras y rocas dando un determinado color al agua (Naila, 2020, pp. 1–18).

2.2.6.1.4. Olor

Este puede deberse ya sea a la materia orgánica presente, compuestos inorgánicos y gases disueltos, provenientes de varias fuentes como pueden ser: fuentes naturales, domésticas o industriales (Naila, 2020, pp. 1–18).

2.2.6.1.5. Potencial de hidrógeno (pH)

Es el logaritmo negativo de la concentración de los iones de hidrógeno, es un número adimensional que indica la fuerza de la solución ácida o básica. Este parámetro es muy importante para establecer la calidad del agua. El agua pura es neutra con un pH de 7. El rango seguro de pH para un agua de riego es de 6,5 a 8,4 (Naila, 2020, pp. 1–18).

2.2.6.1.6. *Conductividad eléctrica (CE)*

Es un parámetro que brinda información indirecta e inespecífica del estado del agua e indica la presencia de iones que están presentes en ella (Pawari & Gavande, 2013, pp. 1427–1431). Además, indica la capacidad que tiene el agua para conducir la corriente eléctrica a través de ella por medio de los iones que se encuentran disueltos (Escandón & Cáceres, 2022, pp. 25–28).

2.2.6.1.7. *Sólidos totales disueltos (STD)*

Son aquellos residuos que resultan después de la evaporación del agua entre los que se incluyen sales, minerales, metales, materia orgánica e inorgánica (Sigler & Bauder, 2012). Su concentración varía dependiendo de la solubilidad de los minerales en la zona geológica. Su presencia de manera abundante afecta significativamente la calidad del agua para riego siendo el rango idóneo de 250 a 2000 mg/l (Escandón & Cáceres, 2022, pp. 25–28).

2.2.6.2. *Parámetros químicos del agua*

2.2.6.2.1. *Sulfatos (SO_4^{2-})*

Estos minerales tienen con unidad fundamental al grupo $(SO_4)^{2-}$, pudiendo estar enlazados con otros cationes como el aluminio y sodio (Moreno et al., 2015). Estos están presentes en el agua de forma natural debido al lavado y la disolución de la tierra o también son introducidos por diversas actividades humanas. Para el agua de riego su concentración ideal es de 250 mg/l (Baños et al., 2017, pp. 15–27).

2.2.6.2.2. *Nitratos (NO_3^-)*

Son sustancias químicas solubles conformadas molecularmente por nitrógeno y oxígeno, este ion es esencial para el crecimiento de las plantas, la concentración de los nitratos en el agua depende de donde provienen ya que si son naturales su concentración es baja y si son residuales su contenido es alto. Al tener una concentración alta esta representa un riesgo para la salud como para el ecosistema, por lo que el rango idóneo para el agua de riego es de 5 a 30 mg/l (Baños et al., 2017, pp. 15–27).

2.2.6.2.3. *Cloruros (Cl)*

Son gases que provienen de la combinación del cloro en estado gaseoso y un ion metálico. A estos compuestos se los encuentra en la naturaleza como sales y se encuentran ampliamente distribuidas en aguas frías. Esos ingresan en el suelo por medio del agua de regadío, su concentración depende de la calidad que está presente, ya que si esta presenta alto contenido de cloruros se va a dar un aumento de sales en el suelo provocando que no se dé un desarrollo adecuado de las plantas. Por lo que, el agua que es utilizada en el riego debe presentar una concentración de cloruros en un rango de 4 a 10 mEq/L para considerarse segura en el riego (García et al., 2012, pp. 20–21).

2.2.6.2.4. *Bicarbonatos (HCO_3^-)*

Son aquellas sales ácidas que resultan del ácido carbónico (H_2CO_3) y contiene el anión carbonato (HCO_3^-). El agua que contiene bicarbonatos es perjudicial para el riego de los cultivos, debido a que se da la formación de carbonato de sodio provocando que el suelo se vuelva salino y no haya un drenaje adecuado, por lo tanto, la planta no absorberá adecuadamente los nutrientes del suelo (Fuentes, 1969, pp. 201–207).

2.2.6.2.5. *Calcio (Ca^{2+})*

Es el elemento principal en la mayoría de las aguas naturales, esto se debe a su amplia difusión en diversas rocas las mismas que pueden ser: ígneas, metamórficas y sedimentarias. Este elemento es indispensable para el correcto desarrollo de las plantas por lo que es indispensable para el crecimiento de las mismas (Cuéllar et al., 2012, pp. 365–379).

2.2.6.2.6. *Magnesio (Mg^{2+})*

Está presente de forma abundante en la naturaleza, cumple con funciones importantes en el desarrollo de las plantas. El alto contenido de este elemento en el agua afecta a la conductividad eléctrica y por ende puede haber una afectación a la calidad del agua. Por lo que, el agua de riego debe contener 250 mg/L como máximo de este metal para considerarse segura para su uso en las plantas (Cepeda, 2013, pp. 27–29).

2.2.6.2.7. Sodio (Na^+)

Es elemento generalmente no se lo encuentra libre en la naturaleza sino formando compuestos (Mendoza, 2018, p. 22). Su incorporación en cuerpos de agua se debe a las escorrentías pluviales, contaminaciones industriales y urbanas. El sodio en exceso en el suelo produce que este pierda la capacidad de conducir agua y oxígeno provocando la acumulación de sales que no son beneficiosas para las plantas por lo tanto se va a producir que la planta no se desarrolle adecuadamente (Rodríguez et al., 2022, p. 55-64).

2.2.6.2.8. Boro (B^{3+})

Es un elemento esencial para el desarrollo de las plantas a pequeñas concentraciones, pero se vuelve tóxico cuando los niveles de concentración exceden su nivel óptimo provocando que no se dé un correcto crecimiento de las mismas. Este elemento se encuentra mayoritariamente en aguas naturales y su concentración es baja en aguas superficiales, pero en aguas residuales puede haber una gran cantidad de este elemento. El límite máximo permisible en el agua de riego es de 1 mg/L (Mancilla et al., 2014, pp. 97-109).

2.2.6.2.9. Mercurio (Hg)

Es un elemento clasificado en la tabla periódica como un metal de alta densidad. Este metal es muy tóxico en el medio ambiente sobre todo en el agua, su presencia se debe a las diversas actividades antropogénicas mayoritariamente siendo las actividades mineras y fundiciones tanto urbanas como rurales. Este metal afecta a las plantas provocando que no se dé un correcto desarrollo en la planta por lo que su nivel permitido en aguas de riego es de 0,001 mg/L (Pabón et al., 2020, pp. 9-18).

2.2.6.2.10. Plomo (Pb)

Es un elemento que se encuentra de manera natural en la corteza terrestre y se considera como no esencial ya que es altamente tóxico para el ser humano y las plantas a altas concentraciones. Al ser un metal pesado puede inhibir el desarrollo celular de las plantas pues se queda adherido en las superficies de las plantas ocasionando que sea difícil eliminarlo. La principal fuente de contaminación del suelo por plomo es el agua de riego que está contaminada por desechos industriales, mineros, entre otros (Quishpe, 2022, pp. 7-8).

2.2.6.2.11. *Cadmio (Cd)*

Es un metal que se encuentra en pocas cantidades en la corteza terrestre, su presencia en los suelos puede ser de origen natural o antrópico. Este metal es muy tóxico para los organismos vivos, su principal fuente de contaminación en el suelo es a través de aguas contaminadas por la industria de minera, baterías, insecticidas, etc. Por lo que, algunas plantas absorben y acumulan rápidamente este metal ocasionando que esté relacionado con enfermedades y alteraciones en la salud de los seres humanos que consumen plantas contaminadas con este metal (Quishpe, 2022, pp. 5–6).

2.2.6.2.12. *Cromo (Cr)*

Es un elemento natural por lo general se le ha identificado como un micronutriente esencial para los seres humanos como para las plantas en su estado de oxidación trivalente. Este metal en su estado de oxidación hexavalente es considerado como carcinógeno. Su presencia en el suelo se debe a muchos factores como pueden ser por procesos de certificación de pieles, industria textil, entre otras. Este elemento en su estado hexavalente en las plantas provoca que se dé una reducción en el crecimiento de las mismas, provocando que las cosechas sean inaceptables (Quishpe, 2022, pp. 9–10).

2.2.6.3. *Parámetros microbiológicos del agua*

2.2.6.3.1. *Coliformes fecales*

Son microorganismos que poseen una estructura similar a la bacteria de la *Escherichia coli*, al tener una forma similar genéticamente son denominadas coliformes fecales. Estas bacterias se transmiten tanto a personas como animales. Existen diversos tipos de *Escherichia* unas no son peligrosas en condiciones normales mientras que otras pueden incluso ocasionar la muerte. El contenido de bacterias de tipo coliformes fecales es un indicador biológico de contaminación del agua, para un agua que es utilizada en el riego de plantas que se consumen crudas como las hortalizas se deben encontrar en un rango de 20 a 1000 coliformes fecales del número más probable (NMP)/100 ml de agua (Calvo & Mora, 2011, pp. 34–40).

2.2.6.3.2. Coliformes totales

Se encuentran comúnmente en múltiples seres vivos como: plantas, animales, seres humanos y el suelo, constituyendo una gran familia de bacterias. Generalmente a este tipo de bacterias se las encuentran en la superficie del agua o en los sedimentos del fondo. Las plantas que se riegan con agua que posee gran carga de coliformes presenta un riesgo sanitario para la salud de las personas ya que hay la incorporación de microorganismos patógenos por lo que para que el agua de riego se considere segura para su uso debe presentar hasta 1000 NMP/100 ml (Ramos et al., 2008, pp. 87–98).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Vertiente

Se denominan como formaciones geológicas en las cuales el agua subterránea aflora de manera natural formando esteros y ríos. Es esta la razón por lo que estas fuentes de agua son consideradas como seguras, debido a que el agua subterránea tiene buena calidad y mantienen una temperatura constante (Arumí, 2018).

2.3.2. Regadío

Es la acción de aportar agua al suelo con la finalidad de que las plantas se desarrollen adecuadamente. Se lo puede realizar de diferentes formas estas pueden ser: por goteo, aspersión e irrigación superficial. Este juega un rol importante en la producción agrícola pues permite aprovechar adecuadamente los terrenos de cultivos (Cáceres, 2012, pp. 19–31).

2.3.3. Agua para riego

Es el recurso hídrico imprescindible que se emplea para la irrigación de cultivos, el éxito de la agricultura depende de la calidad de agua ya que influye modificando las características propias del suelo, así como en el rendimiento de los cultivos (Heredia, 1999, pp. 1–15).

2.3.4. *Calidad de agua de riego*

La calidad del agua para riego hace referencia principalmente a la composición físico-química que tiene el agua, es decir, se refiere a la composición mineral del agua y a la presencia de sustancias ya sea sólidas, orgánicas e inorgánicas. Para evaluar la idoneidad del agua de riego, es importante determinar un conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos, Los parámetros que definen su idoneidad dependen de los resultados obtenidos de los análisis de cationes y aniones, pH, CE y RAS (Sarabia et al., 2011, pp. 103–113).

2.3.5. *Relación de adsorción de sodio (RAS)*

Se emplea para evaluar la sodicidad tomando como referencia a la proporción relativa del catión sodio frente a algunos elementos como el Ca o Mg, que contrarrestan el efecto nocivo del sodio. El índice RAS se expresa de la siguiente manera:

Ecuación 2-1: Cálculo del índice RAS

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

Donde el Na^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} , se expresan en unidades de: $\frac{meq}{L}$.

Este índice sirve para determinar el balance entre el suelo y el agua (Rodríguez et al., 2022, pp. 55–64). El valor obtenido ayuda a predecir el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) que está en equilibrio con la muestra de agua analizada, pero hay que considerar que para consensuar esta metodología se pueden obtener datos no certeros, ya que no se considera la reacción de Ca^{2+} cuando entra en contacto con el suelo (Ruda et al., 2005, pp. 411–420).

Por lo que, Suarez (1981) propuso el RAS “ajustado” el cual tomo en cuenta la reacción que sufre el Ca^{2+} y se ajusta en un factor de 0,5 tomando valores correctos de los efectos de carbonatos en precipitación con el calcio (Ayers & Westcot, 1985, pp. 60–61).

Las sales existentes en los suelos se van concentrando a medida que el agua disminuye, produciendo que la proporción de sodio aumente y haya un deterioro en los suelos, por lo que para poder determinar este fenómeno se lo realiza según la clasificación del agua de riego en función del RAS ajustado (RAS_{ad}), como se muestra en la tabla 2-1 (Ruiz, 2008, pp. 1–5).

Tabla 2-1: Clasificación del agua de riego en función del RAS_{ad}

Clasificación del agua en función del RAS		
RAS	CE (mho/cm)	Diagnóstico
< 6	> 0,5	Sin problemas
6-9	0,5 - 0,2	Posible problema
> 9	< 2	Graves Problemas

Fuente: (Ruiz, 2008, pp. 1-5)

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

2.4. Base legal

2.4.1. Texto unificado de legislación ambiental secundaria (TULSMA)

EL TULSMA es una herramienta legal en la cual se detalla la normativa técnica que en materia ambiental tiene el Ecuador; la misma que se conforma de 11 libros tales como: Autoridad ambiental, Gestión Ambiental, Régimen forestal, Biodiversidad, Recursos Costeros, Calidad 29 Ambiental, régimen especial, Galápagos entre otros 2018 (Jáuregui, 2020, pp. 28-30).

El libro VI de Calidad Ambiental da a conocer las directrices para el buen manejo de la evaluación de proyectos con riesgo de impacto ambiental a través del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA); el mismo que describe los elementos regulatorios del Sistema Descentralizado de Gestión Ambiental y promulga las normas de calidad ambiental estableciendo los procedimientos para prevención y control de la contaminación ambiental en nuestro país. El TULSMA actualmente está vigente en el marco del actual Código Orgánico del Ambiente de 2018 (Jáuregui, 2020, pp. 28-30).

Por lo que esta norma técnica establece o determina:

1. “Los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del agua;
2. Las definiciones de términos importantes y competencias de los diferentes actores establecidas en la ley;
3. Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos;
4. Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
5. Permisos de descarga;
6. Los parámetros de monitoreo de las descargas a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado de actividades industriales o productivas, de servicios públicas o privadas;

7. Métodos y procedimientos para determinar parámetros físicos, químicos y biológicos con potencial riesgo de contaminación del agua” (TULSMA, 2015, p. 1).

Para la presente investigación se ha seleccionado el libro IV pues, establece los límites máximos permisibles de la calidad del agua de riego requeridos en el presente tema. Es por esta razón que se ha seleccionado el Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de descargas de efluentes: Recurso agua, el cual se detallará en la sección 2.4.1.1.

2.4.2. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua

La presente norma tiene como objeto:

“La prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua”. Esta norma tiene como objetivo principal “Proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general” (TULSMA, 2015, pp. 1–17).

“El agua agrícola es empleada para la irrigación de los cultivos y otras actividades relacionadas a esta. Se prohíben el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad” establecidas en la tabla 2-2 y tabla 2-3.

En la Tabla 2-2 se detallan los criterios de calidad admisibles evaluados en la presente investigación para las aguas destinadas a uso agrícola:

Tabla 2-2: Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cromo	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Sulfatos	(SO ₄) ⁻²	mg/l	250
Magnesio	Mg	mg/l	150

Fuente: (TULSMA, 2015, p. 14)

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la Tabla 2-3 se muestra una guía para la interpretación de la calidad del agua para riego, donde se podrá dar un criterio de si el agua es apta o no para el uso agrícola.

Tabla 2-3: Parámetros de los niveles guía de la calidad del agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN		
		Ninguno	Ligero Moderado	Severo
Salinidad (1): CE (2) SDT (3)	milimhos/cm mg/l	0,7 450	0,7- 3,0 450-2000	>3,0 >2000
Infiltración (4): RAS = 0-3 y CE RAS = 3-6 y CE RAS = 6-12 y CE RAS = 12-20 y CE RAS = 20-40 y CE		0,7 1,2 1,9 2,9 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	<0,2 <0,3 <0,5 <1,3 <2,9
Toxicidad por ion específico (5): -Sodio Irrigación superficial RAS (6) Aspersión	mEq/l mEq/l	3,0 3,0	3,0-9,0 3,0	>9,0
-Cloruros Irrigación superficial Aspersión	mg/l mEq/l	4,0 3,0	4,0-10,0 3,0	>10,0
- Boro	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3,0
Efectos misceláneos (7): - Nitrógeno (N-NO ₃ ⁻) - Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mg/l mEq/l	5,0 1,5	5,0-30,0 1,5-8,5	>30,0 >8,5
pH	Rango normal	6,5 –8,4		

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- (3) Sólidos disueltos totales.
- (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
- (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

Fuente: (TULSMA, p. 15)

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

2.4.3. INTE INEN 2 176 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo

La presente norma presenta las guías adecuadas para tomar las muestras de agua que serán objeto de estudio para determinar la calidad de la misma.

Por lo que esta norma tiene como objeto:

“Establecer guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización” (INTE INEN 2 176, 2013).

Para la presente investigación se tomó como referencia el punto 4 el mismo que expone la selección del tipo de muestra, el punto 5 muestra las características que debe presentar el equipo de muestreo y el punto 6 exhibe el correcto rotulado de las muestras.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de carácter cuantitativa, ya que los parámetros a considerar serán reflejados mediante la recolección de datos, pruebas físicas y químicas de la muestra. Por el objetivo planteado en la presente investigación es de tipo aplicada ya que se empleará técnicas adecuadas para realizar la identificación de los valores correspondientes a los parámetros analizados en cada muestra de agua. Por otro lado, su nivel de profundidad es de carácter explicativa, ya que se busca establecer si los parámetros físicos y químicos que presenta el agua de las vertientes de Shushuri son los adecuados para el uso agrícola. Según la manipulación de las variables es de carácter cuasiexperimental, debido a que se va a hacer una comparación entre los parámetros de la norma TULSMA y la relación de absorción de sodio (RAS) con los datos obtenidos en tres meses diferentes en época lluviosa. De acuerdo a su condición de estudio recae en una investigación de laboratorio, pues se realizará análisis de los parámetros físicos y químicos de cada muestra de agua tomada. Por otra parte, esta investigación según el periodo temporal es de tipo transversal, ya que las muestras y datos serán recopilados y analizados una vez en cada mes de muestreo. Por lo tanto, este estudio es de tipo deductivo, ya que se indicará si el agua que proviene de las vertientes de Shushuri es apta o no para el uso agrícola en base a la norma TULSMA y el RAS.

3.1.1. *Diseño de la investigación*

El diseño que se utilizará para esta investigación es de tipo descriptiva exploratoria, en la cual se analizarán parámetros físicos, químicos y microbiológicos con la finalidad de evaluar la calidad del agua de la Vertiente Shushuri, la misma que es usada para la irrigación de los cultivos del caserío Salate. El primer paso es tomar una muestra de agua de las vertientes Shushuri que sea representativa en tres puntos diferentes, posterior a ello se llevara las diferentes muestras al laboratorio para realizar los análisis correspondientes. Las muestras serán caracterizadas por microscopia de absorción atómica para identificar si existe la presencia de metales, los demás parámetros se evaluarán mediante técnicas de laboratorio, los datos obtenidos se comparan con los establecidos en la norma TULSMA.

3.1.2. Diseño experimental

Para realizar la parte experimental del presente trabajo de investigación se localizaron puntos estratégicos para tomar muestras representativas del sitio estudiado. En la tabla 3-1 se describen el número de muestras a tomarse y los puntos de muestreo en donde se llevó a cabo el presente estudio.

Tabla 3-1: Número de muestras tomadas en los diferentes puntos de muestreo

N.º de muestras	Puntos de muestreo	Unidad	Cantidad			
			Mes 1	Mes 2	Mes 3	Total
1	Inicio de vertiente	L	1	1	1	3
2	Rio San Idelfonso	L	1	1	1	3
3	Unión de vertiente + Rio San Idelfonso (agua destinada a regar los cultivos)	L	1	1	1	3
			3	3	3	9

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En cada una de las muestras tomadas se realizará el análisis de varios parámetros para determinar si el agua es apta para uso agrícola. Las muestras serán caracterizadas por espectroscopía de absorción atómica para identificar la posible existencia de metales, y los demás parámetros se evaluarán mediante técnicas de laboratorio, los resultados obtenidos serán comparados con la Norma del Anexo 1 TULSMA. Los parámetros evaluados en cada muestra se describen a continuación en las tablas 3-2, 3-3 y 3-4.

Tabla 3-2: Parámetros evaluados en el punto M1 (Inicio de Vertiente)

N.º de muestra	Parámetros	Unidades	Obtención de resultados	Comparación de resultados
1	pH	Acidez- Basicidad	Análisis de cada parámetro establecido.	Identificación de los rangos permisibles de cada parámetro establecido según la norma TULSMA.
1	Temperatura	°C		
1	Sólidos totales	(mg/L)		
1	Conductividad eléctrica	(milimhos/cm)		
1	Cloruros	(mg/L)		
1	Bicarbonatos	(mEq/L)		
1	Nitratos	(mg/L)		
1	Sulfatos	(mg/L)		
1	Boro	(mg/L)		

1	Calcio	(mg/L)		
1	Sodio	(mEq/L)		

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Tabla 3-3: Parámetros evaluados en el punto M2 (Rio San Idelfonso)

N.º de muestra	Parámetros	Unidades	Obtención de resultados	Comparación de resultados
2	pH	Acidez- Basicidad	Análisis de cada parámetro establecido.	Identificación de los rangos permisibles de cada parámetro establecido según la norma TULSMA.
2	Temperatura	°C		
2	Sólidos totales	(mg/L)		
2	Conductividad eléctrica	(milimhos/cm)		
2	Cloruros	(mg/L)		
2	Bicarbonatos	(mEq/L)		
2	Nitratos	(mg/L)		
2	Sulfatos	(mg/L)		
2	Boro	(mg/L)		
2	Calcio	(mg/L)		
2	Sodio	(mEq/L)		
2	Mercurio	(mg/L)		
2	Cadmio	(mg/L)		
2	Plomo	(mg/L)		
2	Cromo	(mg/L)		

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Tabla 3-4: Parámetros evaluados en el punto M3 (Vertiente + Rio San Idelfonso “Agua destinada al caserío Salate”)

N.º de muestra	Parámetros	Unidades	Obtención de resultados	Comparación de resultados
3	pH	Acidez- Basicidad	Análisis de cada parámetro establecido.	Identificación de los rangos permisibles de cada parámetro establecido según la norma TULSMA.
3	Temperatura	°C		
3	Sólidos totales	(mg/L)		
3	Conductividad eléctrica	(milimhos/cm)		
3	Cloruros	(mg/L)		
3	Bicarbonatos	(mEq/L)		
3	Nitratos	(mg/L)		
3	Sulfatos	(mg/L)		
3	Boro	(mg/L)		
3	Calcio	(mg/L)		
3	Sodio	(mEq/L)		

3	Mercurio	(mg/L)		
3	Cadmio	(mg/L)		
3	Plomo	(mg/L)		
3	Cromo	(mg/L)		
3	Coliformes fecales	NMP/100 ml		
3	Coliformes totales	NMP/100 ml		

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

3.1.2.1. Diseño completamente al azar “DCA”

Este diseño se utiliza para la comparación de dos tratamientos o más, puesto que en él se consideran dos fuentes de variabilidad las mismas que son: los tratamientos y el error aleatorio. Su nombre se deriva debido a que todas las corridas experimentales son realizadas en orden completamente aleatorio. Aquí se puede probar cualquier número de tratamientos, pero no es obligatorio tener el mismo número de unidades experimentales en cada uno de los tratamientos, ya que puede ser un diseño con igual o desigual en el número de repeticiones (Gutiérrez & De la Vara, 2008, p. 63).

3.1.2.2. Modelo estadístico

El modelo estadístico del diseño completamente al azar se viene dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$$i = 1, \dots, \tau$$

$$j = 1, \dots, n_i$$

Y_{ij} = Es la variable aleatoria observable.

μ = es la media general.

τ_i = efecto del i – énesimo tratamiento.

ε_{ij} = error aleatorio.

Las hipótesis para el DCA se plantean como:

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k$$

H_1 = Al menos uno de los tratamientos es diferente.

3.1.2.3. Análisis de varianza ANOVA para el DCA

Para el DCA se debe separar la variabilidad debida a los tratamientos y el error. En el caso de que predomine el primero sobre el segundo, se concluye que hay efecto entre los tratamientos, es decir sus medias son diferentes. Por el contrario, si predomina el segundo sobre el primero se concluye que las medias son iguales (Gutiérrez & De la Vara, 2008, p. 65).

Para reportar los resultados de un ensayo se hace mediante un cuadro denominado ANOVA (Análisis de Varianza) como se observa en la tabla 3-5 donde se presentan el análisis de varianza para un diseño completamente al azar.

Tabla 3-5: Análisis de varianza para el diseño completamente al azar (DCA)

Fuente de variabilidad	Suma Cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrado medio (CM)	Estadístico de prueba (F_0)	F_c (Valor p)
Tratamiento	$SC_{\text{trat}} = \sum_i^k \frac{Y_i^2}{n_i} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$k - 1$	$CM = \frac{CM_{\text{TRAT}}}{K - 1}$	$\frac{CM_{\text{TRAT}}}{CM_E}$	$P(F > F_0)$
Error	$SC_E = SC_T - SC_{\text{TRAT}} =$	$N - k$	$CM = \frac{SC_E}{N - k}$		
Total	$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$N - 1$			

Fuente: (Gutiérrez & De la Vara, 2008)

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Para evaluar la significancia prefijada $\alpha = 0,05$ donde si el valor p es menor que 0,05 se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_a), pero si por el contrario el valor p es mayor a 0,05 se acepta la H_0 . Otra forma es tomando el valor F_0 , el cual se compara con el valor de la tabla T-student tomando en cuenta la regla de decisión donde: si $F_c > F_0$ la hipótesis H_0 se rechaza (Gutiérrez & De la Vara, 2008, p. 63).

3.1.2.4. Identificación de variables

Variable dependiente

- Calidad del agua de las Vertientes de Shushuri.

Variable independiente

- Uso agrícola en el caserío Salate.

Hipótesis de las variables

- **Hipótesis nula (H₀):** La calidad del agua de las Vertientes de Shushuri no es apta para para uso agrícola según el ANEXO 1 del TULSMA.
- **Hipótesis alterna (H_a):** La calidad del agua de las Vertientes de Shushuri es apta para uso agrícola del caserío Salate según el ANEXO 1 del TULSMA.

3.1.2.5. Operacionalización de variables

Tabla 3-6: Operacionalización de variable independiente: Caracterización de la calidad de agua

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	CATEGORÍA	INDICADORES	MÉTODOS/ INSTRUMENTOS
El agua de uso agrícola presenta algunas características físicas y químicas según la norma RAS para uso agrícola.	Físicas	-Temperatura	-°C	-Termómetro portátil
		-Conductividad eléctrica	- mho/cm	-Conductímetro
		-Sólidos disueltos	- mg/L	-STD secados a 105 °C
		-pH	-Acidez y basicidad	- pH-metro
	Químicas	-Sodio	-mg/L	-Absorción atómica
		-Boro	-mg/L	
		-Mercurio	-mg/L	
-Cadmio		-mg/L		
-Plomo		-mg/L		
Químicas	-Bicarbonatos (HCO ³⁻)	-mg/L	- Complexometría o volumetría.	
	-Cloruros (Cl ⁻)	-mg/L		
	-Calcio	-mg/L		
	-Magnesio	-mg/L		
Químicas	-Nitratos (NO ₃ ⁻)	-mg/L	- Espectrofotómetro	
	-Sulfatos	-mg/L	-Turbidímetro	
	Microbiológicas	Coliformes fecales y totales	NMP/100 ml	-Filtración por membrana.

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Tabla 3-7: Operacionalización de variable dependiente: Uso agrícola

CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORÍA	INDICADORES	MÉTODOS/ INSTRUMENTOS
El agua para uso agrícola es adecuada cuando cumple con los parámetros establecidos por el RAS.	Sodio	(mEq/L)	Absorción atómica
	Magnesio	(mEq/L)	Complexometría o volumetría.
	Calcio	(mEq/L)	
	Bicarbonatos	(mEq/L)	
	Conductividad eléctrica	(dS/cm)	Conductímetro

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

3.1.3. Localización del estudio

La presente investigación se llevará a cabo en las vertientes de Shushuri las mismas que están localizadas en las coordenadas 1°18'07''S 78°32'08''W a 2479 m sobre el nivel del mar en el sector de Sigaló perteneciente al cantón Pelileo provincia de Tungurahua. La localización del área de estudio se puede observar en la ilustración 3-1 que se muestra a continuación.



Ilustración 3-1: Localización del área de estudio (Vertientes Shushuri)

Fuente: (Google Earth, 2023).

Las muestras de agua serán analizadas para determinar su calidad en los laboratorios de la facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la ciudad

de Riobamba cuyas coordenadas son 78°40'20" y se encuentra ubicada en la Panamericana Sur Km 1 ½ vía a la Costa a una altitud de 2815 msnm.

3.1.4. *Unidad de análisis*

pH, conductividad, sólidos totales, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, boro, cadmio, magnesio, calcio, plomo, cromo, mercurio, coliformes fecales y coliformes totales.

3.1.5. *Técnicas y recolección de datos*

Tabla 3-8: Técnicas de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos	Instrumento
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Bolsas de hielo • Coolers • Botellas ámbar (1000 mL) • Recipientes estériles (10 mL)
Equipo de seguridad personal	<ul style="list-style-type: none"> • Mandiles • Guantes de nitrilo • Mascarillas
Herramientas/Técnicas	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Excel • Programa estadístico IBM SPSS • Microsoft Word • Cámaras • Materiales de laboratorio
Recolección de información	<ul style="list-style-type: none"> • Fuentes bibliográficas • Bases de datos • Internet, artículos científicos, revistas científicas, etc.
Recolección de la muestra	<ul style="list-style-type: none"> • Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013. Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

3.1.6. *Métodos, técnicas e instrumentos analíticos*

La parte experimental de la presente investigación, se lo realizó mediante el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos para determinar la calidad del agua para uso agrícola.

3.1.6.1. Determinación de parámetros físicos

a) pH

Se tomó 50 mL de la muestra problema (muestras de agua) y se depositó en un vaso de precipitación de 100 mL e inmediatamente se efectuó la lectura mediante un pH-metro. Cada muestra se analizó por triplicado.

b) Temperatura

Este parámetro en su mayoría se ve afectado por la época en la que se realiza el estudio y se toma las muestras también influyen otros factores como: la hora, el día y la calidad del agua. Por lo que, para obtener los valores de este parámetro se realizó mediante una determinación “in situ” el mismo que fue medido por medio de un termómetro portátil graduado en décimas de grado centígrado. Cada punto de muestreo se analizó por triplicado.

c) Conductividad

Se tomó una alícuota de 50 mL de la muestra problema, luego se depositó en un vaso de precipitación de 100 mL y se efectuó la lectura mediante un conductímetro. Cada muestra se analizó por triplicado.

d) Sólidos disueltos totales

Se realizó la preparación de los materiales a utilizarse por lo cual, primero se taró los crisoles en la mufla a 105 °C por un periodo de 2 horas, posteriormente se dejó enfriar en un desecador por un período de 1 hora para equilibrar la temperatura y se registró el peso obtenido (este proceso se repite hasta tener un peso constante o hasta que la pérdida sea menor a 0,5 mg). A continuación, se tomó una alícuota de 50 ml de la muestra problema y se depositó en el crisol previamente tarado, luego se llevó al reverbero hasta que se consumió todo al agua, después se ingresó nuevamente a la mufla por un periodo de 2 horas a 105 °C, transcurrido este tiempo se retiró de la mufla y se enfrió en un desecador, se pesó y luego se registró el peso obtenido (este proceso se repite hasta tener un peso constante o hasta que la pérdida sea menor a 0,5 mg). Cada muestra se analizó por triplicado. Para obtener el valor de los sólidos totales presentes en las muestras se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 3-2: Cálculo para la determinación de sólidos totales

$$\text{mg de STD en suspensión/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{V}$$

Donde,

A= Peso final del conjunto (crisol + muestra) en mg,

B: Peso inicial del conjunto (crisol) en mg,

V: Volumen de la muestra, en mL (Torres, 2006).

3.1.6.2. Determinación de parámetros químicos

a) Bicarbonatos

Se tomó 100 mL de la muestra problema previamente filtrada en un Erlenmeyer de 100 mL y se agregó 4 gotas de indicador fenolftaleína registrando una coloración rosada la cual indica la presencia de carbonatos, posterior a ello se tituló con ácido clorhídrico a 0,05 normal (HCl a 0,05 N) hasta tener de nuevo la coloración transparente, se registró el consumo del HCl a 0,05 N.

Después se agregó 4 gotas del indicador naranja de metilo e inmediatamente se procedió a titular con HCl a 0,05 N hasta tener una coloración naranja indicando la presencia de bicarbonatos, se procedió a registrar el consumo del HCl a 0,05 N. Cada muestra se analizó por triplicado. Para obtener los valores de los bicarbonatos se utilizó las siguientes ecuaciones:

Ecuación 3-3: Cálculo para la determinación de carbonatos

$$\frac{\text{mg CaCO}_3}{L} = \frac{2 \times V_1 \times N \times P_{\text{eqCO}_3} \times 1000}{V}$$

Donde,

V₁: gasto en mL de ácido estándar utilizado en la titulación,

N: Normalidad del ácido estándar,

P_{eqCO₃}: Peso equivalente del CO₃,

V: mL de la muestra valorada.

Ecuación 3-4: Cálculo para la determinación de bicarbonatos

$$\frac{\text{mg HCO}_3}{\text{L}} = \frac{(V_2 - V_1) \times N \times P_{\text{eqCO}_3} \times 1000}{V}$$

Donde,

V_1 : gasto en mL de ácido estándar utilizado en la primera titulación,

V_2 : gasto en mL de ácido estándar utilizado en la segunda titulación,

N: Normalidad del ácido estándar,

P_{eqCO_3} : Peso equivalente del CO_3 ,

V: mL de la muestra valorada (Moreno et al., 2011).

b) Cloruros

Para la determinación de este parámetro se utilizó el método de Mohr en el cual, se tomó 50 mL de la muestra de agua (muestra problema) previamente filtrada y se depositó en un Erlenmeyer de 100 mL, luego se agregó 3 gotas de indicador de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 10% e inmediatamente se tituló una solución de nitrato de plata (AgNO_3) hasta tener una coloración rojo ladrillo indicando la presencia de cloruros, se procedió a registrar el volumen consumido del AgNO_3 . Cada muestra se analizó por triplicado. El valor de los cloruros se lo obtuvo mediante la ecuación de Mohr, la misma que se describe a continuación:

Ecuación 3-5: Cálculo para la determinación de cloruros

$$\text{Cl}^- \text{ ppm} = \frac{(A - B) \times N \times 35,45}{\text{mL de muestra}} \times 100$$

Donde,

A: mL de la valoración de la muestra,

B: mL de la valoración del blanco,

N: normalidad del AgNO_3 (Chávez & Bonilla, 2014, p. 440-445)

c) Sulfatos

Para determinar este parámetro se utilizó el fotómetro HACH y se seleccionó la longitud de onda

de medida de 450 nm para el ion sulfato. Luego, se procedió a realizar la medida del blanco, donde se tomó 25 mL de la muestra y se introdujo en el equipo para su lectura correspondiente obteniendo una concentración de 0 mg/L. Para medir la concentración de sulfatos en la muestra problema se adiciono 25 mL de agua en una celda, luego se agregó una bolsa de reactivo de SulfaVer 4, se ajito por el período de un minuto y se dejó reaccionar por 5 minutos. Finalmente, se introdujo la celda en el equipo que contenía la muestra problema más el reactivo y se procedió a realizar la lectura correspondiente obteniendo los resultados en mg/L. Cada muestra se analizó por triplicado (HACH Company, 2000, pp. 204–209).

d) Nitratos

Para determinar este parámetro se utilizó el método de reducción de cadmio, donde primero se encendió el fotómetro HACH y se seleccionó la longitud de onda de medida de 500 nm para el ion nitrato. A continuación, se procedió a realizar la medida del blanco, donde se llenó una celda con 25 mL de la muestra problema y se introdujo en el equipo para su lectura correspondiente obteniendo una concentración de 0 mg/L. Para medir la concentración de nitratos en la muestra problema se adiciono 25 mL de agua en una celda, luego se agregó una bolsa de reactivo de nitrato Nitra Ver 5, se agitó por el periodo de un minuto y se dejó reaccionar por 5 minutos, donde la muestra se tornó color ámbar indicando la presencia de nitritos (en el fondo de la celda se formó un depósito de cadmio despues de disolverse el reactivo, este no afecta la lectura). Finalmente, se introdujo la celda en el equipo que contenía la muestra problema más el reactivo y se procedió a realizar la lectura correspondiente. Cada muestra se analizó por triplicado (HACH Company, 2000, p. 149-152).

e) Boro

Este parámetro fue medido mediante el método del carmín, donde se utilizó un fotómetro HACH para la lectura correspondiente. La preparación del reactivo se realizó tomando 75 mL de H_2SO_4 concentrado y se depositó en un Erlenmeyer de 100 mL, posteriormente se agregó un sobre de BoroVer 3, se mezcló y se dejó reposar por el período de 5 minutos hasta que se disolvió el polvo completamente (este procedimiento se realizó en una campaña de gases). Para la preparación del blanco se depositó 2 mL de agua destilada en un Erlenmeyer de 125 mL, se adiciono 35 mL de reactivo y se mezcló. La muestra problema se preparó tomando 2 mL del agua y se depositó en un Erlenmeyer de 125 mL, luego se adiciono 35 mL de reactivo y se mezcló. Se dejó reposar las muestras por un periodo de 25 minutos antes de ser medidas en el equipo. Para realizar la lectura del blanco se tomó 10 mL de cada muestra y se depositó en una celda, se introdujo en el fotómetro

HACH y se realizó la lectura del blanco dando la concentración de 0 mg/L. La muestra problema fue analizada de la misma manera, cada muestra se analizó por triplicado (HACH Company, 2000; Cantuña, 2017, p. 57).

f) Calcio y magnesio

Para la determinación de calcio se tomó 5 mL de la muestra problema, se depositó a un Erlenmeyer de 250 mL y se añadió 30 mL de agua destilada. Después se añadió 10 gotas de tampón pH 12 (KOH al 25%) y 3 mg del indicador murexida, la solución se tornó de color rosa. Inmediatamente se llevó a titular con el EDTA a 0,01 N hasta que la solución se tornó de color púrpura y se anotó el volumen gastado en la valoración. Para realizar el cálculo del Ca^{2+} presente en las muestras se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 3-6: Cálculo para la determinación de calcio.

$$\text{Concentración de } \text{Ca}^{2+} (\text{meq/l}) = 4 \times V_1$$

Donde,

V_1 = Volumen de EDTA empleado en la valoración (Soriano, 2011).

Para la determinación de magnesio se tomó 5 mL de la muestra problema, se depositó en un Erlenmeyer y se agregó 30 mL de agua destilada. Posteriormente, se añadió 10 gotas de tampón pH 10 y 5 gotas del indicador negro de eriocromo. La solución se tornó color rojo, inmediatamente se procede a titular con una solución de EDTA a 0,01 N hasta que paso del color rojo al color azul y se anotó el desgaste del EDTA a 0,01 N empleado en la valoración. Para realizar el cálculo del Mg presente en las muestras se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación 3-7: Cálculo para la determinación de magnesio.

$$\text{Concentración de } \text{Mg}^{2+} (\text{meq/l}) = 4 \times (V_2 - V_1)$$

Donde,

V_2 = Volumen de EDTA empleado en la valoración,

V_1 = Volumen de EDTA empleado en la valoración del Calcio (Soriano, 2011).

g) Sodio

La solución madre se preparó a partir de 0,25g de cloruro de sodio (NaCl), se añadió 10 mL de ácido nítrico (HNO₃) concentrado y se aforo hasta llegar a 1000 mL. Para la preparación de estándares de la recta de calibrado, se utilizó las siguientes concentraciones 0,015; 0,030; 0,045; 0,075 y 0,150 mg/L a partir del estándar madre de sodio (ClNa). El equipo utilizado fue un espectrofotómetro de absorción atómica de llama, en el cual se regula la llama hasta que quede un color lo más azul posible. La muestra problema fue filtrada antes de ser analizada. Las soluciones patrón se midieron desde la de menor concentración hacia el de mayor concentración. Posteriormente, se tomó 0,1 mL la muestra problema y se diluyó en 4,9 mL de agua destilada, inmediatamente se lleva al equipo para la lectura correspondiente obteniendo la concentración en mg/L (Barrado, 2017).

h) Análisis de metales pesados

Para los parámetros de metales pesados se utilizó el método espectrométrico de absorción atómica descrito en el libro de Estandar Methods for the Examination of Water and Wastewater, en la tabla 3-9 se observa los métodos utilizados para cada respectivo metal.

Tabla 3-9: Métodos utilizados para análisis de metales pesados

PARAMETROS	UNIDAD	MÉTODO
Cadmio	mg/L	SM 3030, 3111 B/33
Cromo	mg/L	SM 3030, 3111 B/33
Plomo	mg/L	SM 3030, 3111 B/33
Mercurio	mg/L	SM Ed. 23, 2017, 3112 B/57,00

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

3.1.6.3. Determinación de parámetros microbiológicos

a) Coliformes fecales y totales

Para realizar este parámetro se utilizó la técnica de filtración por membrana, donde se esterilizaron los materiales previamente antes de utilizarlos. Primero se armó el equipo de filtración, donde se utilizó un Kitasato de 250 mL y se colocó un filtro en la parte superior. Luego, se extrajo la membrana de su envoltura y con la ayuda de unas pinzas estériles se procedió a colocar en la parte superior del filtro.

A continuación, se tomó una alícuota de 100 mL de agua, se filtró con la ayuda de una bomba al vacío y se retiró la membrana con la ayuda de las pinzas. Después, se agregó el cultivo en la caja petri, se introdujo la membrana en la caja petri con el cultivo evitando que no queden burbujas de aire en el medio. Después, se llevó a la incubadora por un periodo de 48 horas a una temperatura de 35°C. Para contabilizar los coliformes fecales se lo realizó mediante la identificación de colores (colonias rojas correspondientes a los coliformes totales y colonias azules correspondientes a los coliformes fecales) (Organización mundial de la salud, 1987).

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de los análisis e interpretación

Luego de haber realizado los análisis físicos, químicos y microbiológicos de los diferentes parámetros establecidos para evaluar la calidad del agua proveniente de las vertientes de Shushuri se obtuvieron diferentes resultados en cada punto de muestreo: M1 (Inicio de vertiente); M2 (Río San Idelfonso) y M3 (Vertiente + Río San Idelfonso). Los resultados obtenidos fueron comparados los valores máximos permisibles establecidos por el Texto Unificado de Legislación Secundario del Ministerio de Ambiente (TULSMA) Libro VI Anexo I.

4.1.1. Datos experimentales

4.1.1.1. pH

Tabla 4-1: Resultados análisis de pH

pH			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	7,47	7,97	7,73
Enero	7,40	7,37	7,38
Febrero	7,48	7,75	7,55
Promedio	7,45	7,70	7,55
Desviación estándar	0,044	0,304	0,175

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la tabla 4-1, se constata los datos obtenidos para pH, el punto M1 en diciembre reporta un valor de 7,47; enero 7,40 y febrero 7,48. El punto M2 en diciembre presenta un valor de 7,97; enero 7,37 y febrero 7,75. El punto M3 en el mes de diciembre reporta un promedio de 7,73: enero 7,38 y febrero 7,55. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 7,45 con una desviación de 0,044; M2 7,70 con una desviación de 0,304 y M3 7,55 con una desviación de 0,175, presentando mayor dispersión de datos el punto M2.

Tabla 4-2: Análisis de varianza ANOVA de pH

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,092	2	0,046	1,108	0,390
Dentro de grupos	0,249	6	0,042		
Total	0,341	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-2) indican un valor p de 0,390, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para el pH.

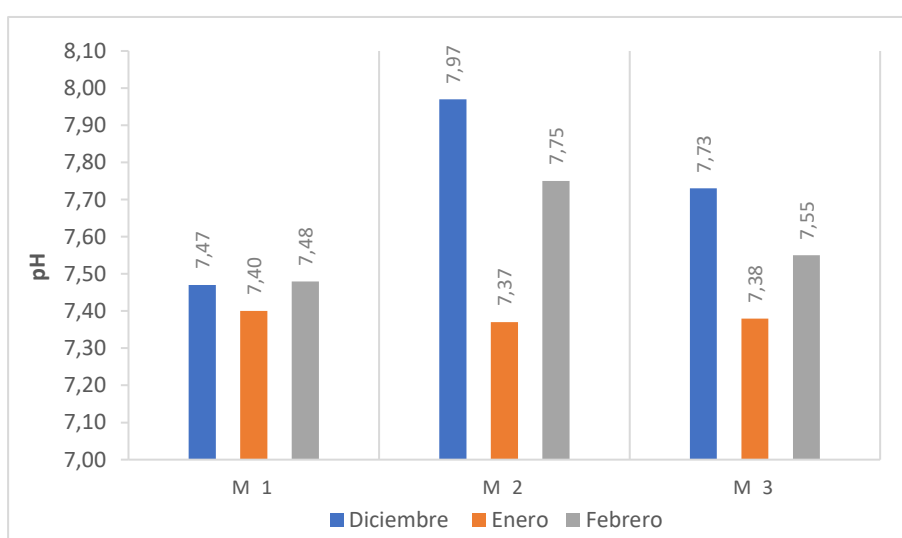


Ilustración 4-1: Variación de pH en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Como se puede observar en la ilustración 4-1 la variación entre muestras es leve, estos datos varían en un rango de 7,37 y 7,97. El punto M1 difiere entre M2 y M3 presentando un menor promedio de pH en todos los tres meses, reportando el menor promedio de 7,40 en enero. El punto M2 presenta un notable ascenso en el valor de pH en diciembre con valores cercanos a 8, siendo el punto con mayor pH registrado a lo largo del periodo de análisis, en este punto hay un notable descenso en el mes de enero y febrero. El punto M3 presenta valores intermedios entre el punto M1 Y M2, debido a la mezcla de las cuencas hidrográficas entre los puntos M1 y M2, por lo tanto, el pH se ve afectado en el punto M3.

Al comparar los valores obtenidos con la norma TULSMA la misma que establece un rango de 6 - 9, este parámetro no excede los límites permisibles en ninguno de los puntos de muestreo ya que sus valores se encuentran en un rango de 7 y 8, por lo tanto, el agua destinada al caserío Salate es

apta para usar en la agricultura con respecto al pH. Estos resultados revelan que el agua de esta zona se puede catalogar como medianamente alcalina ya que presenta valores superiores a 7. Según Ortiz et al., (2019, pp. 185–195), es recomendable que el agua destinada al regadío se encuentre en un rango de pH de 5.5 a 6.5 debido a que hay mayor disponibilidad de iones útiles para la planta. Guilcamaigua & Chancusig, (2019, pp. 57–82), manifiestan que si el pH presente se encuentra elevado puede afectar la producción de algunos árboles frutales y plantas, pues se reduce la disponibilidad de los micronutrientes que están presentes en el suelo. Debido a esto es importante que el pH se encuentre en un estado idóneo para el uso agrícola, puesto que, si bien este parámetro no es de suma importancia en la evaluación de la calidad de agua, ayuda a determinar las concentraciones de especies disueltas de carbonatos (Medina et al., 2016, pp. 51–59).

4.1.1.2. Conductividad eléctrica

Tabla 4-3: Resultados análisis de conductividad eléctrica

Conductividad eléctrica CE (mho/cm)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	0,689	0,617	0,669
Enero	0,782	0,599	0,659
Febrero	0,731	0,672	0,701
Promedio	0,734	0,629	0,676
Desviación estándar	0,047	0,038	0,022

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-3 indica los resultados obtenidos para conductividad eléctrica, la misma que muestra para el punto M1 en diciembre 0,689 mho/cm; enero 0,782 mho/cm y febrero 0,731 mho/cm, se nota claramente que existe gran variación puede deberse a la época de muestreo. Para el punto M2 se da un promedio en diciembre de 0,617 mho/cm; enero 0,5989 mho/cm y febrero 0,672 mho/cm, mientras que para el punto M3 en diciembre reporta un valor de 0,669 mho/cm; enero 0,659 mho/cm y febrero 0,701 mho/cm. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 0,734 mho/cm con una desviación de 0,047; M2 0,629 mho/cm con una desviación de 0,038 y M3 0,676 mho/cm con una desviación de 0,022, presentando mayor dispersión de datos el punto M1.

Tabla 4-4: Análisis de varianza ANOVA de conductividad eléctrica

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,003	2	0,001	0,380	0,699
Dentro de grupos	0,022	6	0,004		
Total	0,025	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-4) indican un valor p de 0,699, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para conductividad eléctrica.

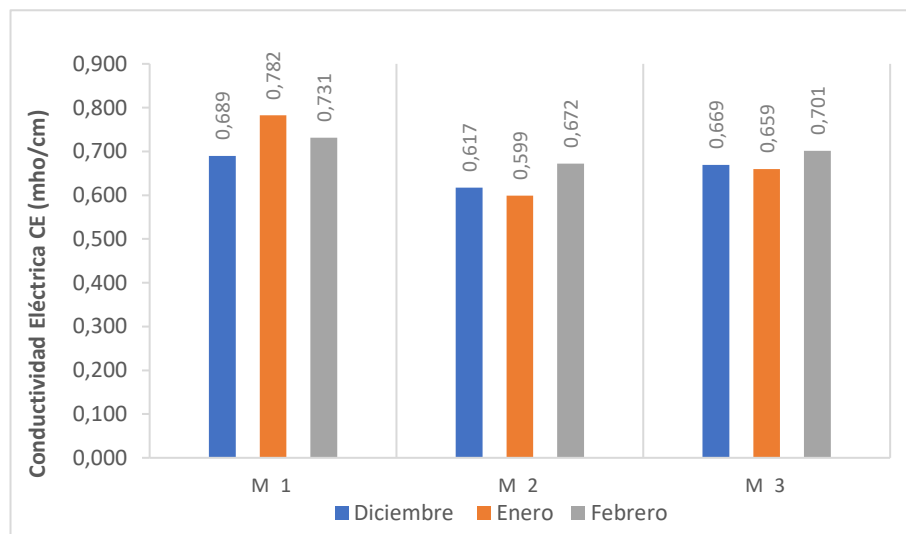


Ilustración 4-2: Variación de conductividad eléctrica en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-2 se puede observar la variación entre muestras durante el período de estudio los valores del análisis se encuentran en un rango de 0,568 y 0,782 mho/cm mostrando una leve variación entre los promedios de cada punto. El punto M1 presenta el mayor promedio con un leve ascenso en el mes de enero, el punto M2 presenta un leve descenso de valores en los tres meses. Por otro lado, el punto M3 presenta un leve ascenso en los valores de CE en comparación con el punto M2. Al comparar los tres puntos analizados el mayor promedio se reporta en el punto M1 y el menor en el M2, por lo tanto, el punto M2 está afectando la calidad del agua debido a que el punto M3 presenta un valor inferior al punto M1.

Al comparar estos resultados con el TULSMA el mismo que indica ninguna restricción a un valor de 0,7 mho/cm; 0,7 a 3 mho/cm como ligera-moderada y mayor a 3 mho/cm como severa, en el

punto M1 se tiene una restricción ligera-moderada y en los puntos M2 y M3 se encuentran sin ninguna restricción de uso.

La variación de la conductividad eléctrica según Rodríguez et al., (2022, pp. 55–64), se puede atribuir al lavado o movimiento de sales debido a las lluvias ya que el agua de lluvia presenta bajo contenido de sales. Además, esto también se puede deber a la ubicación de cada punto de muestreo seleccionado y la facilidad de arrastre de las sales en el terreno. Medina et al., (2016, pp. 51–59), mencionan que la conductividad eléctrica es uno de los parámetros más importantes en la definición de la calidad de agua de riego ya que si su valor es elevado puede afectar el crecimiento de los cultivos. Además, exponen que un agua con una CE que va desde 220 a 1750 uS/cm puede generar buenos rendimientos agrícolas si cuenta con un drenaje adecuado.

4.1.1.3. Sólidos disueltos totales

Tabla 4-5: Resultados análisis de sólidos disueltos totales

Sólidos disueltos totales TDS (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	671	505,33	551,33
Enero	776	469	540,33
Febrero	644,33	534,33	583,33
Promedio	697,1	502,9	558,3
Desviación estándar	69,610	32,733	22,338

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-5 indica los resultados obtenidos de sólidos disueltos totales, para el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 671 mg/L; enero 776 mg/L y febrero 644,33 mg/L, predominando el mes de enero con mayor concentración de sólidos totales. El punto M2 en diciembre presenta un valor de 505,33 mg/L; enero 469 y febrero 534,33 mg/L. Mientras que para la M3 en diciembre se da un valor de 551,33 mg/L; enero 540,33 mg/L y febrero 583,33 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 697,1 mg/L con una desviación de 69,610; M2 502,9 mg/L con una desviación de 32,733 y M3 558,3 mg/L con una desviación de 22,338, presentando mayor dispersión de datos el punto M1.

Tabla 4-6: Análisis de varianza ANOVA de sólidos disueltos totales

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	561,015	2	280,507	0,023	0,977
Dentro de grupos	72327,592	6	12054,599		
Total	72888,607	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-6) indican un valor p de 0,977, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para sólidos disueltos totales.

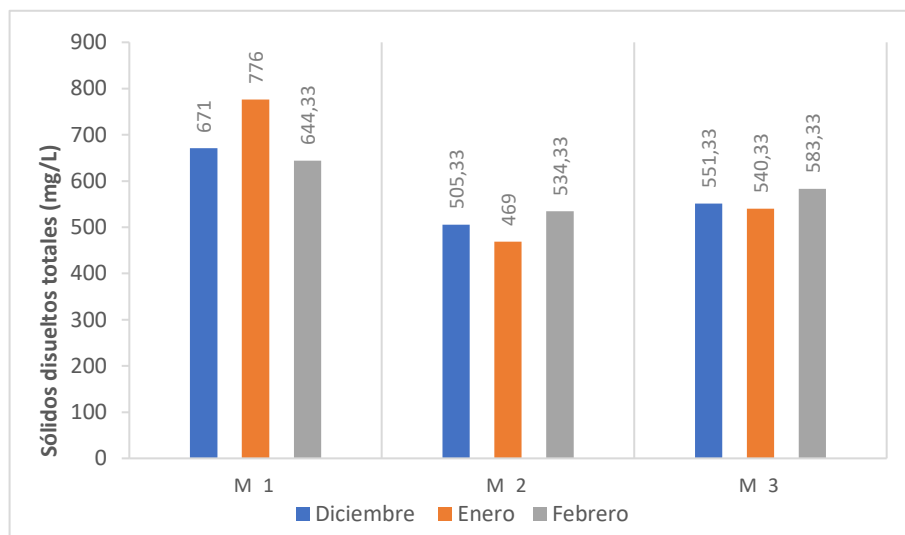


Ilustración 4-3: Variación de sólidos disueltos totales en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-3 se puede observar los valores de los TDS a lo largo del período de análisis, los promedios obtenidos se encuentran en un rango de 469 y 776 mg/L. La variación de los promedios obtenidos es leve en todos los puntos, se puede constatar que el punto M1 presenta el mayor promedio con respecto a los demás, el menor promedio se reporta en el punto M2 en enero. Al comparar los tres puntos analizados el mayor promedio se reporta en el punto M1 y el menor en el M2, el punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2 debido a la disolución entre las dos cuencas hídricas, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

Al comparar los resultados con la norma, la misma que establece un valor <650 mg/L, se puede observar que el punto M1 presenta una restricción de ligero-moderado en el mes de enero puesto que

el valor de los mismo sobrepasa el límite permisible idóneo de la norma. Asimismo, podemos ver que tanto los puntos M2 y M3 se mantienen con esta restricción debido a que, si bien no presentan valores tan elevados como la muestra uno en enero, sus valores son cercanos.

Pérez et al., (2016, pp. 153–168), indica que los TDS pueden originarse de la descarga de aguas residuales o por procesos de erosión hídrica ocasionando la turbiedad del agua lo cual provoca que se reduzca la actividad fotosintética de los microorganismos presentes en el agua y disminución del oxígeno disuelto provocando que el agua se descomponga y está ya no sea utilizable. Además, Martínez, (1996, pp. 27–39), indica que los valores altos de TDS se deben a una alta concentración de material fino particulado que es producido por la heterogeneidad de donde se origina el agua.

4.1.1.4. Temperatura

Tabla 4-7: Resultados análisis de temperatura

Temperatura °C			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	16,55	16,26	16,44
Enero	17,12	16,11	16,67
Febrero	16,82	15,5	15,72
Promedio	16,830	15,957	16,277
Desviación estándar	0,285	0,403	0,496

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-7 indica los resultados obtenidos para temperatura, para el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 16,55 °C; enero 17,12 °C y febrero 16,82 °C. Igualmente, para el punto M2 en diciembre se obtuvo un valor de 16,26 °C; enero 16,11 y febrero 15,5 °C. Así mismo, para el punto M3 presenta valores en diciembre de 16,4 °C; enero 16,67 °C y febrero 15,72 °C. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 16,830 °C con una desviación de 0,285; M2 15,957 °C con una desviación de 0,403 °C y M3 16,277 °C con una desviación de 0,496, presentando mayor dispersión de datos el punto M2.

Tabla 4-8: Análisis de varianza ANOVA de temperatura

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,594	2	0,297	1,146	0,379
Dentro de grupos	1,555	6	0,259		
Total	2,149	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-8) indican un valor p de 0,379, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para temperatura.

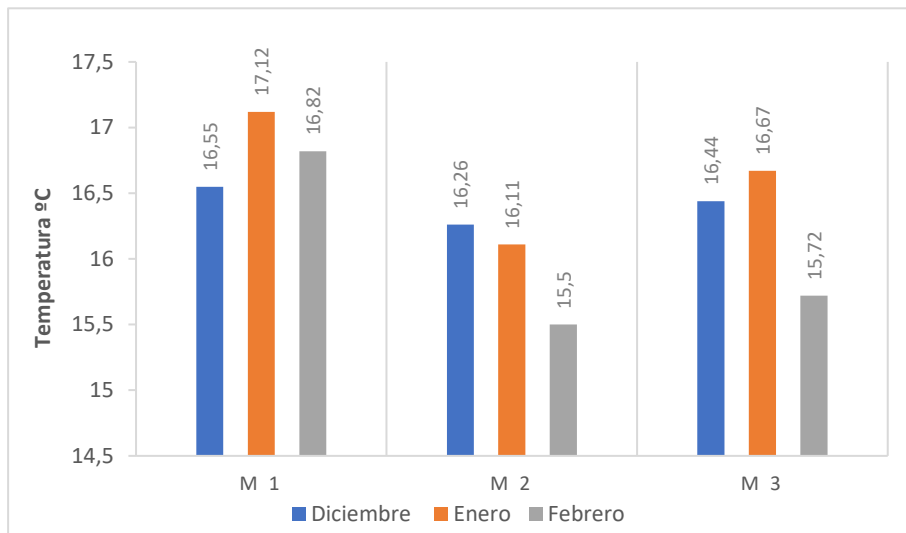


Ilustración 4-4: Variación de temperatura en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-4 se muestra los valores de temperatura a lo largo del período de análisis, los promedios se encuentran en un rango de 15,5 y 17,12 °C. La variación de los promedios obtenidos es ligera en todos los puntos, el punto M1 presenta el valor más alto con respecto a los demás, el menor valor se reporta en el punto M2 en febrero, esto indica que hay variación entre los meses debido al tiempo de análisis. Al comparar los tres puntos analizados el mayor promedio se reporta en el punto M1 mostrando un notable ascenso con respecto a los demás, el menor promedio se reporta en M2 mostrando un notable descenso. Asimismo, el punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2.

Cabe recalcar que este parámetro no se encuentra establecido en el TULSMA, pero es importante para determinar la calidad de agua de riego debido a que temperaturas muy bajas pueden destruir

los cultivos, por otro lado, a temperaturas muy altas disminuye el oxígeno disuelto produciendo que se aumente la actividad bacteriana en el agua (Gualdrón, 2018, pp. 83–102). Los resultados variaron entre 15 y 17 °C, estas variaciones se pueden atribuir al clima presente en el día del muestreo ya que en diciembre se tomó las muestras en un día soleado con presencia de nubes, en enero fue un día soleado completamente despejado y en febrero un día nublado. El valor más alto de temperatura lo reporta la muestra en uno en enero y el más bajo la muestra dos en febrero.

4.1.1.5. Bicarbonatos

Tabla 4-9: Resultados análisis de bicarbonatos

Bicarbonatos (mEq/l)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	3,32	2,32	2,5
Enero	3,51	2,14	2,78
Febrero	3,46	2,52	2,96
Promedio	3,430	2,327	2,747
Desviación estándar	0,098	0,190	0,232

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-9 indica los resultados obtenidos para bicarbonatos, el punto M1 en diciembre reporta el valor de 3,32 mEq/L; enero 3,51 mEq/L y febrero 3,46 mEq/L. Para el punto M2 en diciembre se reporta un valor de 2,32 mEq/L; enero 2,14 mEq/L y febrero 2,52 mEq/L. Igualmente, para el punto M3 en diciembre se da un valor de 2,5 mEq/L; enero 2,78 mEq/L y febrero 2,96 mEq/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 3,430 mEq/L con una desviación de 0,098; M2 2,327 mEq/L con una desviación de 0,190 mEq/L y M3 2,747 mEq/L con una desviación de 0,232, presentando mayor dispersión de datos el punto M3.

Tabla 4-10: Análisis de varianza ANOVA de bicarbonatos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,109	2	0,055	0,168	0,849
Dentro de grupos	1,950	6	0,325		
Total	2,060	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-10) indican un valor p de 0,849, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para bicarbonatos.

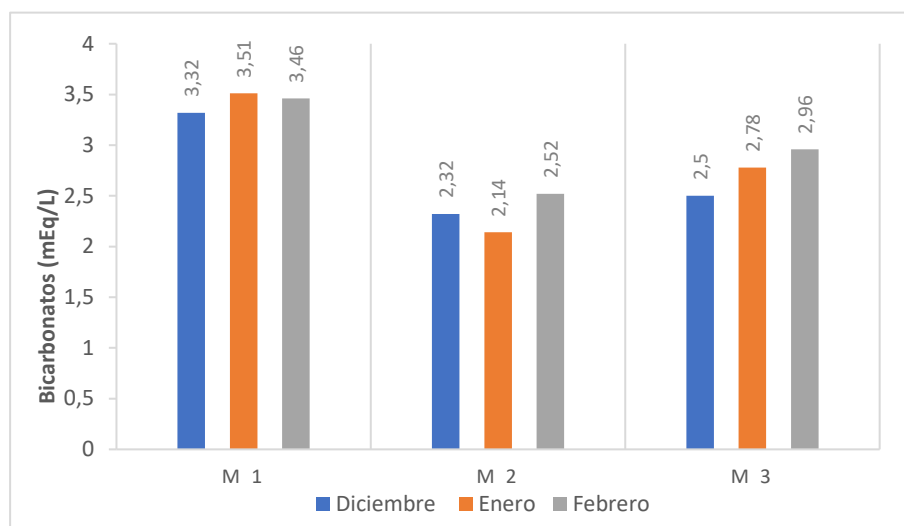


Ilustración 4-5: Variación de bicarbonatos en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-5 se presentan los valores obtenidos de bicarbonatos a lo largo del período de análisis, los datos varían en un rango de 2,14 y 3,51 mEq/L, la variación de los promedios obtenidos es ligera en todos los puntos. El punto M1 presenta el valor más alto con respecto a los demás, el menor valor se reporta en el punto M2 en enero. Al comparar los tres puntos analizados en todo el período de estudio el mayor promedio se reporta en el punto M1 y el menor en el M2 mostrando un notable descenso en los tres meses, el punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2 debido a la disolución del agua de esta zona, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

Al compararlos con el TULSMA la misma que establece un valor de restricción de 1,5 para ninguno, 1,5-8,5 como ligero-moderado y mayor a 8,5 como severo. Los valores promedios obtenidos se posicionan en un límite de restricción ligero-moderado, reportando el valor más alto en el punto M1 durante los tres meses de muestreo. Mepherston, (2010), señala que los bicarbonatos son tóxicos para las raíces de algunas plantas cuando se encuentran con una concentración alta debido a que se reduce la absorción del fósforo y muchos nutrientes esenciales para el desarrollo de las plantas, además, estos iones pueden afectar la eficacia de fungicidas e insecticidas. Por ende, al estar en el límite de restricción ligero-moderado, es un parámetro aceptable para el sistema de riego debido a que su concentración no afectará a los productos agrícolas, es decir, el agua no presenta problemas de toxicidad. Por lo tanto, el agua de esta zona es segura con respecto al parámetro de bicarbonatos.

4.1.1.6. Cloruros

Tabla 4-11: Resultados análisis de cloruros

Cloruros (mEq/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	5,648	3,455	4,354
Enero	5,626	5,37	5,145
Febrero	5,674	3,866	4,666
Promedio	5,649	4,230	4,722
Desviación estándar	0,024	1,008	0,398

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-11 indica los resultados obtenidos para los cloruros, para el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 5,648 mEq/L; enero 5,626 mEq/L y febrero 5,674 mEq/L. Asimismo, para el punto M2 en diciembre hay una concentración de 3,455 mEq/L; enero 5,37 mEq/L y febrero 3,866 mEq/L. Para M3 los valores en diciembre son de 4,354 mEq/L; enero 5,145 y febrero 4,666 mEq/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 5,6493 mEq/L con una desviación de 0,240; M2 4,2303 mEq/L con una desviación de 1,0081 y M3 4,7217 mEq/L con una desviación de 0,398, presentando mayor dispersión de datos el punto M2.

Tabla 4-12: Análisis de varianza ANOVA de cloruros

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1,279	2	0,639	0,916	0,450
Dentro de grupos	4,188	6	0,698		
Total	5,467	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-12) indican un valor p de 0,450, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para cloruros.

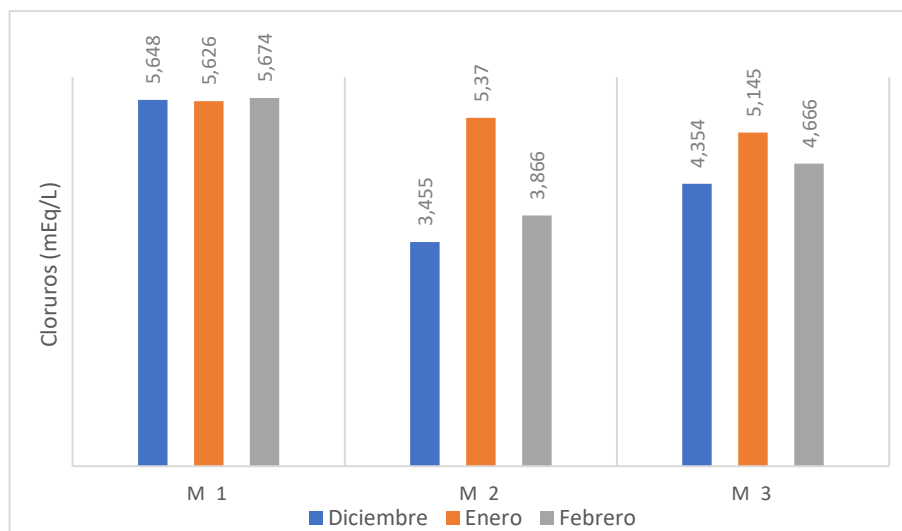


Ilustración 4-6: Variación de cloruros en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-6 presenta los valores obtenidos para los cloruros, los datos varían en un rango de 3,455 y 5,674 mEq/L. La variación de los promedios obtenidos es ligera en todos los puntos, donde se puede constatar que el punto M1 presenta el valor más alto con respecto a los demás, el menor valor se reporta en el punto M2 pues se nota un notable descenso en diciembre y febrero, el punto M3 presenta promedios intermedios entre el punto M1 y M2 debido a la disolución del agua de esta zona, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

El TULSMA establece valores con una restricción de 4 mEq/L para ninguna, 4-10 mEq/L para ligera-moderada y mayor a 10 mEq/L como severa. Los valores obtenidos se encuentran en un rango de 3 a 5 mEq/L posicionándose en una restricción de ninguna y ligera-moderada, por lo tanto, el agua en cuanto al parámetro de cloruros es segura de usar en el regadío. Este ion es importante para determinar la calidad del agua de riego, por lo que es trascendental que se encuentren en el límite idóneo, pues según Hong et al., (2023, pp. 28–75), el ion cloruro es esencial para el desarrollo de las plantas, pero cuando el contenido de este ion supera la concentración idónea afecta el crecimiento de las plantas y destruye la sostenibilidad de su entorno ecológico, este ion en los cuerpos de agua se encuentra formando sales de sodio, calcio y magnesio.

Asimismo, Dugan et al., (2017, pp. 1–11), menciona que el ion cloruro es utilizado a menudo para medir la salinidad debido a que es muy soluble, además, menciona que los cambios en su concentración pueden deberse al clima e influencias antropogénicas. Por otro lado, también se menciona que el aumento de las concentraciones del ion cloruro en cuerpos de agua pueden causar

un cambio en la capacidad neutralizadora de pH en el agua como también aumentar el transporte y biodisponibilidad de metales pesados provocando que se degrade la calidad del agua.

4.1.1.7. Sulfatos

Tabla 4-13: Resultados análisis de sulfatos

Sulfatos (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	84,76	40,14	53,7
Enero	76,4	36,57	38,71
Febrero	95,32	41,64	66,64
Promedio	85,49	39,45	53,02
Desviación estándar	9,48	2,60	13,98

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-13 indica los resultados obtenidos para los sulfatos, en el punto M1 en diciembre se reporta un valor de: 84,76 mg/L; enero 76,4 mg/L y febrero 95,32. Para el punto M2 en diciembre tiene un valor de 40,14 mg/L; enero 36,57 mg/L y febrero 41,64. Asimismo, los valores reportados para el punto M3 en diciembre es de 53,7 mg/L; enero 38,71 mg/L y febrero 66,64 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 85,49 mg/L con una desviación de 9,48; M2 39,45 mg/L con una desviación de 2,60 y M3 53,02 mg/L con una desviación de 13,98, presentando mayor dispersión de datos el punto M3.

Tabla 4-14: Análisis de varianza ANOVA de sulfatos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	449,486	2	224,743	0,386	0,696
Dentro de grupos	3493,390	6	582,232		
Total	3942,876	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-14) indican un valor p de 0,696, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para sulfatos.

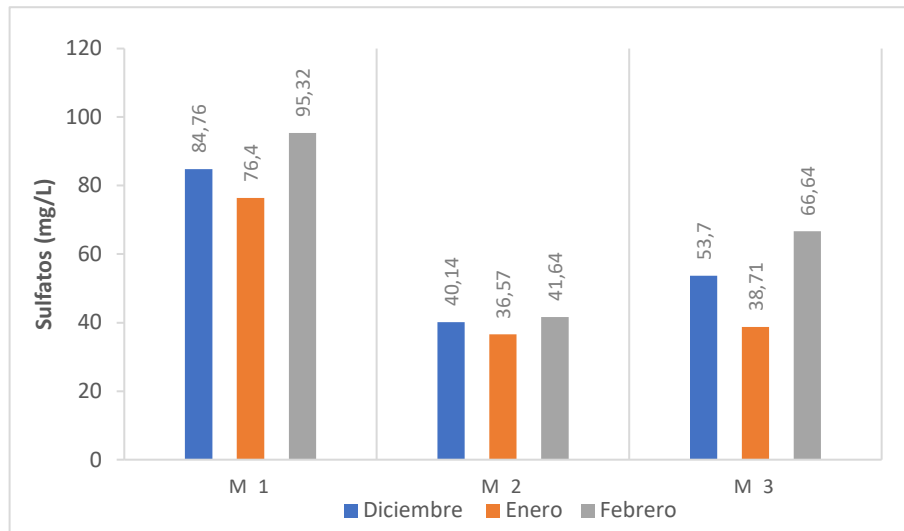


Ilustración 4-7: Variación de sulfatos en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La ilustración 4-7 presenta los valores obtenidos para sulfatos a lo largo del período de análisis, los promedios se encuentran en un rango de 36,57 y 95,32 mg/L. La variación de los promedios obtenidos es ligera en todos los puntos, donde se puede constatar que el punto M1 presenta el valor más alto en los tres meses, el punto M2 presenta un notable descenso en los tres meses por lo que, el menor valor se reporta en este punto en enero, el punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2 debido a la disolución del agua que se da en la zona, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

El TULSMA establece un criterio de calidad de 250 mg/L para este parámetro, los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites permisibles, pues están en un rango de 40,60 y 95,40 mg/L presentando ningún rango de restricción debido a que están muy por debajo de 250 mg/L establecidos por el TULSMA, por lo tanto, el agua es segura de utilizar en los sembríos en cuanto al parámetro de sulfatos. Los resultados obtenidos muestran variación en la concentración a lo largo del tiempo de análisis esto es importante ya que, Quishpe, (2022, p. 8), menciona que, al presentar variabilidad en las concentraciones en los cuerpos de agua, garantiza que no ocasionara problemas de toxicidad ni trastornos de salud en las plantas.

4.1.1.8. Nitratos

Tabla 4-15: Resultados análisis de nitratos

Nitratos (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	9,74	27,46	18,16
Enero	5,76	14,62	12,41
Febrero	3,1	2,66	2,21
Promedio	6,20	14,91	10,93
Desviación estándar	3,34	12,40	8,08

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-15 indica los resultados obtenidos para nitratos, en este caso para el punto M1 en el mes de diciembre se registra un valor de 9,74 mg/L; enero 5,76 mg/L y febrero 3,1 mg/L. Igualmente, para M2 en diciembre registra un valor de 27,46 mg/L; enero 14,62 mg/L y febrero 2,66 mg/L. Posteriormente, para la M3 en diciembre se tiene 18,16 mg/L; enero 12,41 mg/L y febrero 2,21 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 6,20 mg/L con una desviación de 3,34; M2 14,91 mg/L con una desviación de 12,40 y M3 10,93 con una desviación de 8,08, presentando mayor dispersión de datos el punto M2.

Tabla 4-16: Análisis de varianza ANOVA de nitratos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	374,583	2	187,292	5,617	0,042
Dentro de grupos	200,060	6	33,343		
Total	574,643	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-16) indican un valor p de 0,042, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente diferentes para nitratos.

Tabla 4-17: Análisis estadístico Tukey de nitratos

Mes	Mes de comparación	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Diciembre	Enero	4,71475	0,318	-6,9428	21,9895
	Febrero	4,71475	0,035	1,3305	30,2628
Enero	Diciembre	4,71475	0,318	-21,9895	6,9428
	Febrero	4,71475	0,262	-6,1928	22,7395
Febrero	Diciembre	4,71475	0,035	-30,2628	-1,3305
	Enero	4,71475	0,262	-22,7395	6,1928

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis estadístico Tukey (tabla 4-17) indica un valor de 0,035 en diciembre con respecto a febrero, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de los puntos M1, M2 y M3 son significativamente diferentes en estos meses.

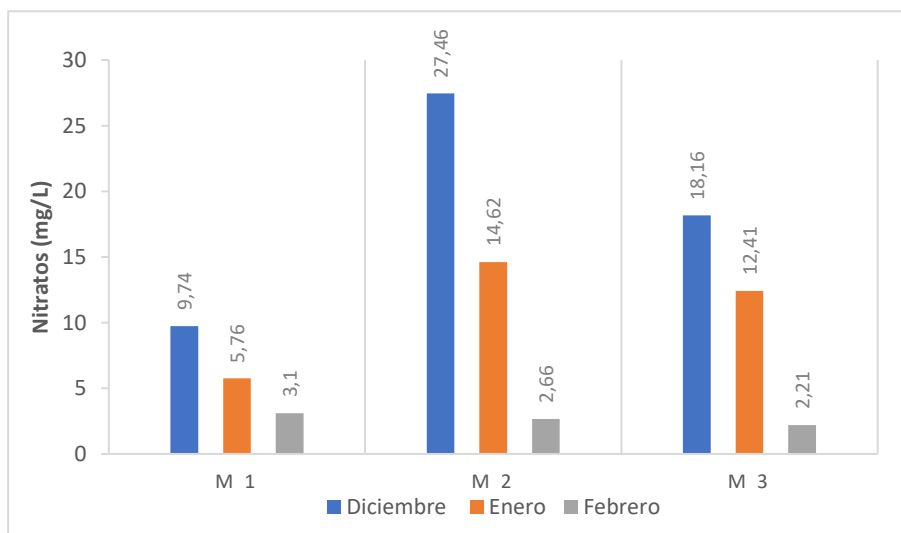


Ilustración 4-8: Variación de nitratos en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La ilustración 4-8 presenta los valores obtenidos para nitratos a lo largo del período de análisis, los promedios se encuentran en un rango de 2,21 y 27,46 mg/L. La variación de los promedios obtenidos es significativa en todos los puntos, donde se puede constatar que el punto M2 presenta el valor más alto con respecto a los demás, el menor valor se reporta en el punto M1 en febrero, esto indica que hay variación entre los meses de análisis, ya que en febrero se reporta un descenso bastante notable en cuanto a la concentración de este parámetro. Al comparar los tres puntos analizados en todo el período de estudio, el mayor promedio se reporta en el punto M2 y el menor en el M1, el punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2 debido a la disolución

del agua que se da en la zona, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

El TULSMA especifica un rango de restricción de 5 mg/L para ninguna, 5 a 30 mg/L para ligero-moderado y mayor a 30 mg/L como severo. Los valores obtenidos se sitúan en una restricción de ligero-moderado, con valores cercanos a 30 mg/L en diciembre, por lo tanto, el agua destinada al caserío Salate se debe ser usada con moderación ya que presenta valores altos de nitratos y no es segura para la producción de alimentos. Baños et al., (2017, pp. 15–27), menciona que las aguas que presentan elevada cantidad de nitratos generalmente son perjudiciales tanto para las plantas como para los animales que puedan consumirla, debido a que este parámetro es un indicador de contaminación fecal a corto y largo plazo.

4.1.1.9. Boro

Tabla 4-18: Resultados análisis de boro

Boro (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	1,51	1,11	1,38
Enero	1,36	0,78	1,03
Febrero	1,38	1,7	1,42
Promedio	1,42	1,20	1,28
Desviación estándar	0,08	0,47	0,21

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-18 indica los resultados obtenidos para boro en el punto M1, reporta valores de 1,51 mg/L para diciembre; 1,36 mg/L en enero y 1,38 mg/L en febrero. Asimismo, para M2 se tiene un valor en diciembre de 1,11 mg/L; 0,78 mg/L en enero y 1,7 mg/L en febrero. El punto M3 reporta en diciembre un valor de 1,38 mg/L; enero 1,03 mg/L y febrero 1,42 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 1,42 con una desviación de 0,08; M2 1,7 con una desviación de 0,47 y M3 1,28 con una desviación de 0,21, presentando mayor dispersión de datos el punto M2.

Tabla 4-19: Análisis de varianza ANOVA de boro

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,301	2	0,150	2,881	0,133
Dentro de grupos	0,313	6	0,052		
Total	0,614	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-19) indican un valor p de 0,133, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para boro.

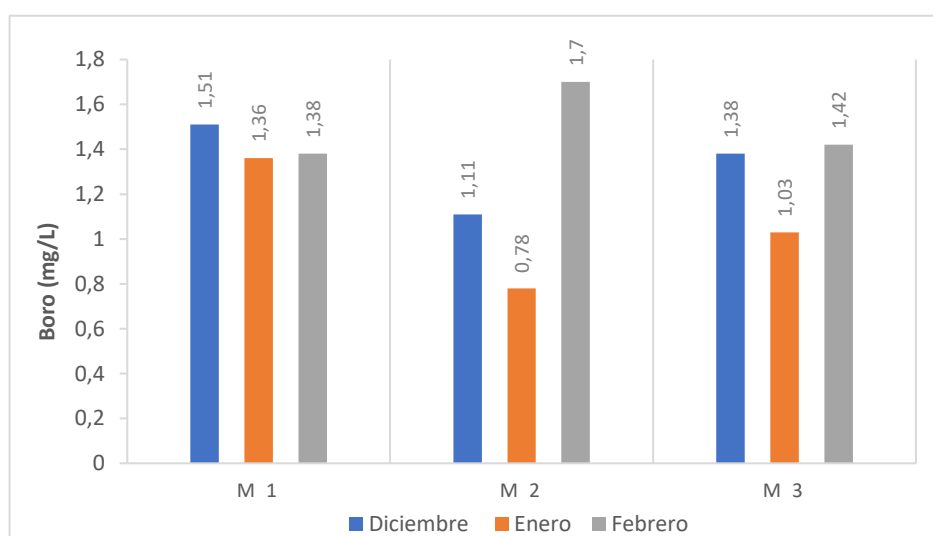


Ilustración 4-9: Variación de boro en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La ilustración 4-9 presenta los valores obtenidos para boro, a lo largo del período de análisis, la variación de los promedios obtenidos es ligera en todos los puntos, los valores se encuentran en un rango de 0,78 y 1,7 mg/L. El punto M1 presenta el valor más alto en los tres meses con respecto a los demás, mostrando poca variación en los tres meses. El menor valor se reporta en el punto M2 en enero, en este punto se puede notar un notable ascenso de promedio en febrero, esto indica que hay variación entre los meses de análisis. El punto M3 presenta un valor intermedio entre el punto M1 y M2 debido a la disolución del agua que se da en la zona, la variación en este punto es leve, el mayor descenso de concentración se da en enero, por lo tanto, el punto M2 afecta levemente la calidad del punto M3.

El TULSMA establece un rango de calidad de 0,75 mg/L para el boro, los valores obtenidos se encuentran por arriba del criterio de calidad situándose en una restricción de ligero-moderado,

por ende, el agua destinada al caserío Salate no es del todo segura para utilizarse en la agricultura en cuanto al parámetro de boro.

Medina et al., (2016, pp. 51–59), menciona que las concentraciones de boro se encuentran desde trazas hasta partes por millón, en bajas concentraciones es esencial para el desarrollo de las plantas, pero cuando se excede su nivel óptimo este elemento es tóxico para las plantas pues produce deterioro en la calidad de los cultivos y su rendimiento disminuye.

4.1.1.10. Calcio “Ca²⁺”

Tabla 4-20: Resultados análisis de calcio

Calcio (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	12,33	17,4	16,48
Enero	14,9	16,5	15,7
Febrero	15,7	19,02	17,35
Promedio	14,31	17,64	16,51
Desviación estándar	1,76	1,28	0,83

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La tabla 4-20 indica los resultados obtenidos para calcio, en el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 12,33 mg/L; enero 14, 9 mg/L y febrero 15,7 mg/L. En M2 en diciembre se reporta valores de 17,4 mg/L; enero 16,5 mg/L y febrero 19,02 mg/L. Mientras, que en M3 en diciembre presenta un valor de 16,48 mg/L; enero 15,7 mg/L y febrero 17,35 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 14,31 con una desviación de 1,76; M2 17,64 con una desviación de 1,28 y M3 16,51 con una desviación de 0,83, presentando mayor dispersión de datos el punto M1.

Tabla 4-21: Análisis de varianza ANOVA de calcio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6,648	2	3,324	0,933	0,444
Dentro de grupos	21,383	6	3,564		
Total	28,031	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-21) indican un valor p de 0,444, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente iguales para calcio.

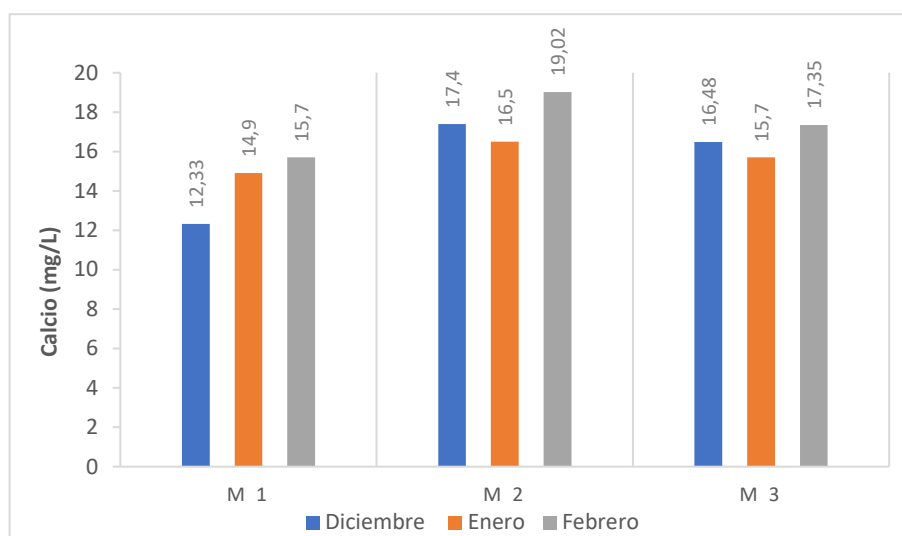


Ilustración 4-10: Variación de calcio en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-10 se puede observar la variación entre muestras a lo largo del período de análisis, los valores promedio se encuentra en un rango de 12,33 y 19,02 mg/L. El punto M1 presenta leve variación los tres meses, indicando un leve ascenso en cada mes estudiado. El punto M2 presenta el mayor promedio en febrero y el menor promedio en enero, la variación que se da por meses en cada punto es leve. El punto M3 presenta leve variación entre meses, presentando valores intermedios entre el punto M1 y M2 debido a la disolución de las cuencas hidrográficas.

Las concentraciones de calcio se encuentran en un rango de 16 a 17 mg/L, si bien este parámetro no se encuentra en el TULSMA es importante medirlo debido a que este parámetro es necesario para determinar el RAS. Este elemento se debe encontrar en concentraciones menores a 100 ppm (100 mg/l), en base a los resultados obtenidos este elemento está por debajo del límite permitido por ende no hay riesgos de usarla para fines agrícolas. Delgado, (2021, p. 50), menciona que el calcio ayuda a contrarrestar los excesos de sodio y magnesio en las agua y suelos, pero es tóxico para las plantas cuando excede su nivel óptimo pues provoca que las hojas se vuelvan oscuras y el crecimiento de las plantas se frene debido a que se inmovilizan los nutrientes esenciales de las plantas como el hierro, boro, zinc y magnesio.

4.1.1.11. Magnesio “Mg²⁺”

Tabla 4-22: Resultados análisis de magnesio

Magnesio (mg/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	35,62	35,48	31,67
Enero	25,39	21,29	23,1
Febrero	49,51	40,75	44,79
Promedio	36,84	32,51	33,19
Desviación estándar	12,11	10,06	10,92

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de magnesio se puede constatar en la tabla 4-22, los resultados obtenidos para magnesio, en el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 35,62 mg/L; enero 25,39 mg/L y febrero 49,51 mg/L. En M2 en diciembre se reporta valores de 35,48 mg/L; enero 21,29 mg/L y febrero 40,75 mg/L. Mientras, que en M3 en diciembre presenta un valor de 31,67 mg/L; enero 23,1 mg/L y febrero 44,79 mg/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 36,84 mg/L con una desviación de 12,11; M2 32,51 mg/L con una desviación de 10,06 y M3 33,19 mg/L con una desviación de 10,92, presentando mayor dispersión de datos el punto M1.

Tabla 4-23: Análisis de varianza ANOVA de magnesio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	710,057	2	355,028	37,414	0,000
Dentro de grupos	56,935	6	9,489		
Total	766,992	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-23) indican un valor p de 0,000, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente diferentes para magnesio.

Tabla 4-24: Análisis estadístico Tukey de magnesio

Mes	Mes de comparación	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Diciembre	Enero	2,51518	0,011	3,2794	18,7139
	Febrero	2,51518	0,012	-18,4773	-3,0427
Enero	Diciembre	2,51518	0,011	-18,7139	-3,2794
	Febrero	2,51518	0,000	-29,4739	-14,0394
Febrero	Diciembre	2,51518	0,012	3,0427	18,4773
	Enero	2,51518	0,000	14,0394	29,4739

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis estadístico Tukey (tabla 4-24) indica valores inferiores a 0,05 durante el período de análisis, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de los puntos M1, M2 y M3 son significativamente diferentes.

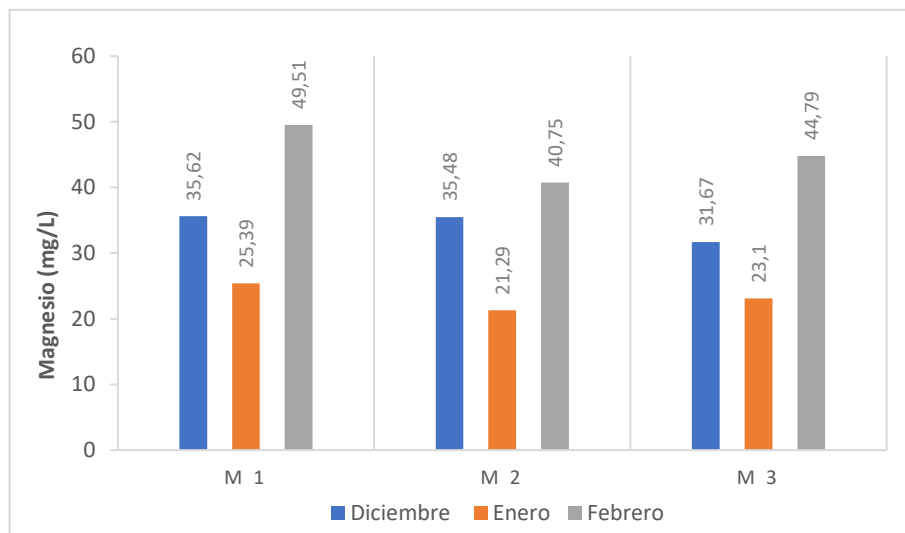


Ilustración 4-11: Variación de magnesio en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-11 se puede observar la variación entre muestras a lo largo del periodo de análisis, los valores se encuentran en un rango de 21,29 y 49,51 mg/L. El punto M1 presenta el mayor promedio en febrero y el menor promedio en enero, este mismo comportamiento lo presenta el punto M2 y M3. El punto M2 presenta un notable descenso en comparación con el punto M1, por el contrario, el punto M3 presenta un leve ascenso de concentración en los tres meses con respecto al punto M2. Al comparar los tres puntos analizados el mayor promedio se reporta en el punto M1 y el menor en el M2, el punto M3 presenta valores intermedios debido a la disolución de las cuencas hidrográficas.

Este parámetro no se encuentra en la tabla 3-2 del libro VI anexo 1 del TULSMA, pero es muy importante analizarlo debido a que este parámetro es necesario para determinar el RAS. Además, Medina et al., (2016, pp. 51-59) menciona que el magnesio es el átomo central en la molécula de la clorofila, pues da el color verde a las plantas y lleva a cabo el proceso de la fotosíntesis, por lo que, es importante para el desarrollo de las plantas.

Bonet & Ricardo, (2011, pp. 19–23), indica que el agua con alto contenido de magnesio es un peligro tanto para los suelos como para las plantas, ya que las concentraciones óptimas de magnesio en el agua para riego debe ser inferior a 250 mg/L, pues al tener concentraciones que superan el límite permisible suele ser tóxico para las plantas ya que produce hojas amarillentas y partidas. Los valores obtenidos de las concentraciones de magnesio se encuentran en un rango de 36,84 y 32,51 mg/L, por lo tanto, el agua es segura de utilizar en la agricultura en cuanto al parámetro de magnesio.

4.1.1.12. Sodio “Na⁺”

Tabla 4-25: Resultados análisis de sodio

Sodio (mEq/L)			
	M 1	M 2	M 3
Diciembre	4,39	4,32	4,40
Enero	4,23	3,84	3,66
Febrero	4,03	3,88	3,99
Promedio	4,21	4,01	4,02
Desviación estándar	0,180	0,266	0,371

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de sodio se puede constatar en la tabla 4-25, en el punto M1 en diciembre se reporta un valor de 4,39 mEq/L; enero 4,23 mEq/L y febrero 4,03 mEq/L. En M2 en diciembre se reporta un valor de 4,32 mEq/L; enero 3,84 mEq/L y febrero 3,88 mEq/L. Mientras, que en M3 en diciembre presenta un valor de 4,40 mEq/L; enero 3,66 mEq/L y febrero 3,99 mEq/L. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M1 4,21 mEq/L con una desviación de 0,180; M2 4,01 mEq/L con una desviación de 0,266 y M3 4,02 mEq/L con una desviación de 0,371, presentando mayor dispersión de datos el punto M3.

Tabla 4-26: Análisis de varianza ANOVA de sodio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,377	2	0,189	6,099	0,036
Dentro de grupos	0,186	6	0,031		
Total	0,563	8			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-26) indican un valor p de 0,036, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M1, M2 y M3 son estadísticamente diferentes para sodio.

Tabla 4-27: Análisis estadístico TUKEY de sodio

Mes	Mes de comparación	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Diciembre	Enero	0,14363	0,042	0,0193	0,9007
	Febrero	0,14363	0,069	-0,0374	0,8440
Enero	Diciembre	0,14363	0,042	-0,9007	-0,0193
	Febrero	0,14363	0,919	-0,4974	0,3840
Febrero	Diciembre	0,14363	0,069	-0,8440	0,0374
	Enero	0,14363	0,919	-0,3840	0,4974

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis estadístico Tukey (tabla 4-27) indica un valor de 0,042 en diciembre con respecto a enero, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de los puntos M1, M2 y M3 son significativamente diferentes en estos meses.

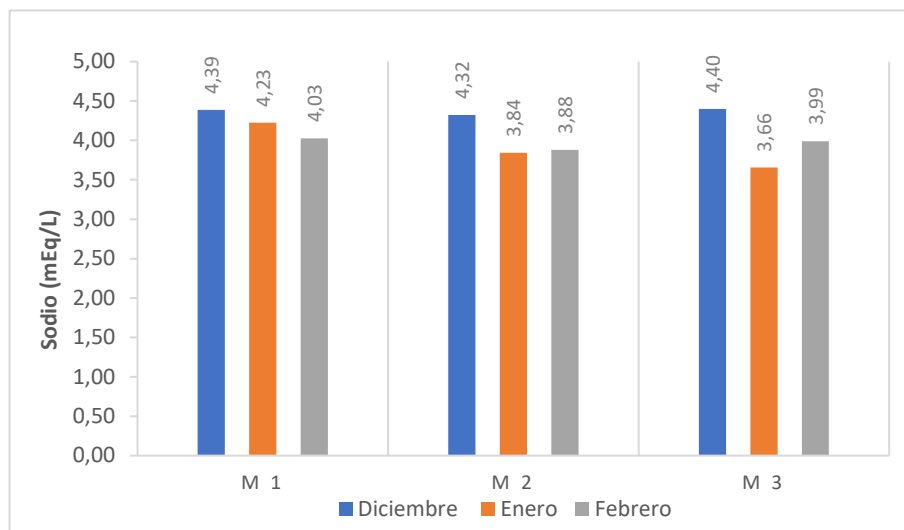


Ilustración 4-12: Variación de sodio en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

En la ilustración 4-12 se puede observar la variación entre muestras a lo largo del período de análisis, estos valores varían en un rango de 3,66 y 4,40 mg/L donde se verifica que todos los puntos M1, M2 y M3, muestran promedios muy cercanos en el mes de diciembre con pequeñas variaciones, en enero hay variación entre las muestras la misma que se puede observar con mayor facilidad al igual que en febrero. El punto M1 presenta el mayor promedio y el menor promedio se registra para el punto M2. El punto M3 mantiene el comportamiento al igual que en los parámetros anteriores de presentar una concentración más baja que el punto M1.

Los valores obtenidos del sodio mEq/L se compararon con la tabla 3-2 del libro VI anexo 1 del TULSMA, la misma que establece ninguna restricción para 3 mEq/L, ligera-moderada 3 a 9 mEq/L y mayor a 9 mEq/L como severa. Los valores obtenidos se encuentran con una restricción de ligera-moderada por lo que el agua es segura de usar con respecto al parámetro de sodio. Quishpe, (2022, p. 9), afirma que el exceso de los iones de sodio hace desplazar el calcio y magnesio provocando la dispersión y desagregación del suelo, volviéndose así duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración del agua y aire mediante los poros.

4.1.1.13. *Resultados metales pesados*

En el sitio de estudio solo se analizaron metales pesados para el punto de muestreo dos y tres debido a que hay presencia de actividades contaminantes cerca del punto dos que inciden en la calidad del agua del punto tres.

4.1.1.13.1. Cadmio “Cd”

Tabla 4-28: Resultados análisis de cadmio

	M 2	M 3
Diciembre	0,000	0,000
Enero	0,017	0,014
Febrero	0,006	0,005
Promedio	0,008	0,006
Desviación estándar	0,009	0,007

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de cadmio se puede constatar en la tabla 4-28 donde se muestra los promedios de M2 reportando un valor en diciembre de 0,000 mg/L; enero de 0,017 mg/L y febrero de 0,006 mg/L, por otro lado, el punto M3 reporta un valor de-0,000 mg/L en diciembre; 0,014 mg/L en enero y 0,005 mg /L en febrero. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M2 0,006 con una desviación de 0,008 mg/L y M3 0,005 con una desviación de 0,012 mg/L.

Tabla 4-29: Análisis de varianza ANOVA de cadmio

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,000	2	0,000	74,100	0,003
Dentro de grupos	0,000	3	0,000		
Total	0,000	5			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-29) indican un valor p de 0,003, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M2 y M3 son significativamente diferentes para cadmio.

Tabla 4-30: Análisis estadístico TUKEY de cadmio

Mes	Mes de comparación	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Diciembre	Enero	0,00129	0,003	-0,0209	-0,0101
	Febrero	0,00129	0,048	-0,0109	-0,0001
Enero	Diciembre	0,00129	0,003	0,0101	0,0209
	Febrero	0,00129	0,009	0,0046	0,0154
Febrero	Diciembre	0,00129	0,048	0,0001	0,0109
	Enero	0,00129	0,009	0,0154	-0,0046

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis estadístico Tukey (tabla 4-30) indica valores de 0,003; 0,048 y 0,009 en todos los meses, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de los puntos M2 y M3 son significativamente diferentes.

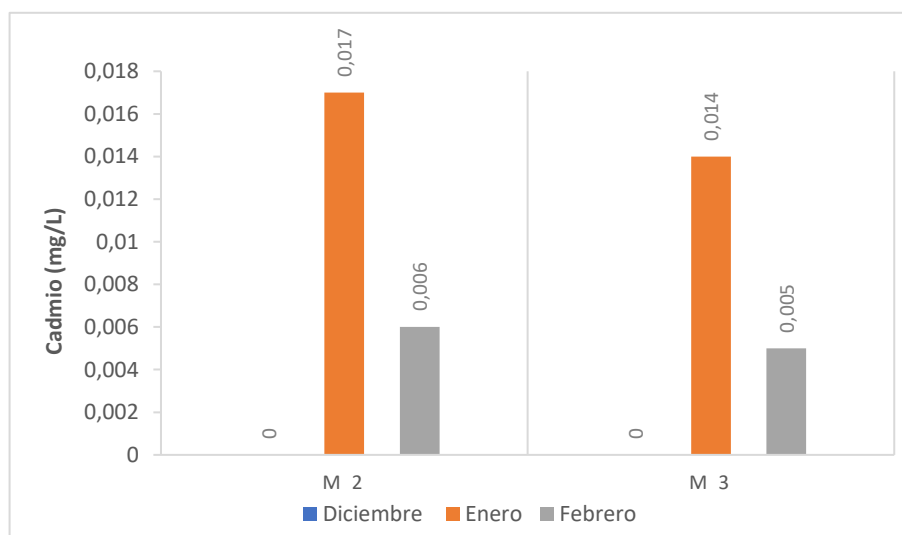


Ilustración 4-13: Variación de cadmio en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los valores obtenidos de cadmio se muestran en la ilustración 4-13 estos se encuentran en un rango de 0,007 y 0,017 mg/L. El punto M2 presenta notable variación en los meses de estudio, en diciembre se presenta la menor concentración de cadmio con un leve ascenso en enero. El punto M3 muestra gran variación de concentración entre los meses de estudio, la menor concentración se reporta en diciembre y un notable ascenso en enero.

El TULSMA establece un límite de restricción de 0,05 mg/L para este metal, los valores obtenidos se encuentran por debajo de lo establecido, por ende, el agua destinada al caserío Salate es segura con respecto a la presencia del cadmio. Benítez et al., (2021, pp. 416–436) expone que el cadmio es

muy tóxico en los ecosistemas incluso en concentraciones bajas, por lo que es importante su monitoreo en el agua ya que se puede integrar fácilmente en la cadena de alimentación humana por medio de crustáceos o peces. Además, Hernández et al., (2019) menciona que el cadmio una vez que ingresa a la naturaleza no puede ser degradado por lo que se mantiene en circulación lo que conlleva que se dañe ecosistemas enteros.

4.1.1.13.2. Plomo “Pb”

Tabla 4-31: Resultados análisis de plomo

	M 2	M 3
Diciembre	0,000	0,000
Enero	0,023	0,014
Febrero	0,019	0,015
Promedio	0,014	0,010
Desviación estándar	0,012	0,008

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de plomo se puede constatar en la tabla 4-31 donde se muestra los promedios de M2 reportando un valor en diciembre de 0,000 mg/L; enero de 0,023 mg/L y febrero de 0,019 mg/L, por otro lado, el punto M3 reporta un valor de 0,000 mg/L en diciembre; 0,014 mg/L en enero y 0,015 mg /L en febrero. Los valores promedios reportados a lo largo del tiempo de análisis por cada punto son: M2 0,005 con una desviación de 0,027 mg/L y M3 0,002 con una desviación de 0,022 mg/L.

Tabla 4-32: Análisis de varianza ANOVA de plomo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,000	2	0,000	14,446	0,029
Dentro de grupos	0,000	3	0,000		
Total	0,000	5			

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los resultados obtenidos del análisis de varianza (tabla 4-32) indican un valor p de 0,029, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de M2 y M3 son significativamente diferentes para plomo.

Tabla 4-33: Análisis estadístico TUKEY de plomo

Mes	Mes de comparación	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
				Límite inferior	Límite superior
Diciembre	Enero	0,00387	0,035	-0,0347	-0,0023
	Febrero	0,00387	0,041	-0,0337	-0,0013
Enero	Diciembre	0,00387	0,035	0,0023	0,0347
	Febrero	0,00387	0,964	-0,0152	0,0172
Febrero	Diciembre	0,00387	0,041	0,0013	0,0337
	Enero	0,00387	0,964	-0,0172	0,0152

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis estadístico Tukey (tabla 4-33) indica valores de 0,035 y 0,041 en diciembre con respecto a enero y febrero. En el mes de enero con respecto a febrero no existe ninguna diferencia significativa entre promedios ya que presenta un valor p de 0,964, por lo tanto, con una confianza del 95 % los promedios de los puntos M2 y M3 son significativamente diferentes entre diciembre con respecto a enero y febrero.

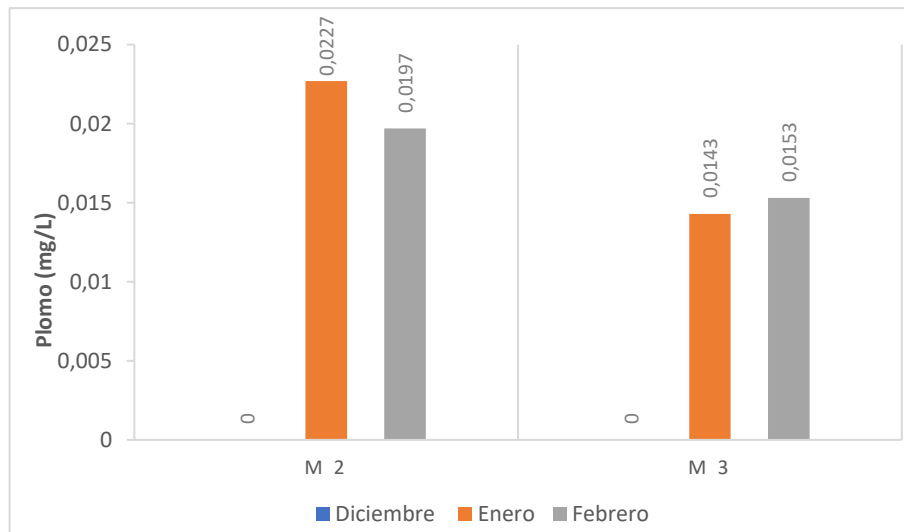


Ilustración 4-14: Variación de plomo en los puntos de muestreo

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

Los valores obtenidos de plomo se muestran en la ilustración 4-14 estos se encuentran en un rango de 0,000 y 0,0227 mg/L. El punto M2 presenta notable variación en los tres meses, en diciembre se presenta la menor concentración de plomo con un notable ascenso de concentración en enero. El punto M3 muestra gran variación de concentración entre los meses de estudio, la menor concentración se reporta en diciembre y un notable ascenso en enero.

El TULSMA establece un límite de restricción de 5 mg/L, los resultados obtenidos indican que no hay valores que sobrepasen este límite de restricción, pues estos valores se encuentran por debajo de 1 mg/L, por ende, el agua es segura de usar en el riego con respecto a la presencia de plomo en el agua. Montes de Oca et al., (2022, pp. 1–8) expone que este metal en estado elemental no se degrada por lo que puede provocar un desequilibrio en los agroecosistemas, provocando la contaminación de plantas y suelos agrícolas debido a que las plantas pueden absorber este metal por las raíces, de ahí se deriva la importancia de que el agua de riego no presente contaminación con este metal.

4.1.1.13.3. Cromo “Cr”

No se registra presencia de cromo en las muestras de agua analizadas, por lo tanto, este parámetro cumple con el criterio de calidad estipulado en el TULSMA. Es importante que los metales pesados se encuentren cumpliendo con las concentraciones requeridas ya que, según Pabón et al., (2020, pp. 9–18), el agua con alta presencia de metales pesados es tóxica para los organismos vivos, debido a que cuando los metales pesados entran en contacto con el ecosistema y se inicia una serie de cambios en todo el entorno con el que entran en contacto. La presencia del cromo en el agua puede provocar que este se integre a la cadena trófica o a su vez pueden formar complejos debido a la presencia de ligandos orgánicos como el F^- , SO_4^{2-} y PO_4^{3-} (Andrade & Ponce, 2016).

4.1.1.13.4. Mercurio “Hg”

Este metal no se encuentra presente en las muestras de agua analizadas, ya que al realizar el análisis correspondiente es indetectable. La norma TULSMA establece un rango menor a 0,001 mg/L para este metal, por lo tanto, el mercurio no representa ninguna amenaza para las plantas en esta zona debido a que no hay presencia, por lo tanto, el agua destinada al caserío Salate es segura en cuanto al parámetro de mercurio.

Según Arauzo et al., (2003, pp. 85–98), la presencia de metales pesados por arriba de los límites permisibles puede generar un grave problema para la salud de animales como plantas ya que este metal es tóxico para los organismos vivos. Quishpe, (2022, pp. 7–10) reportaron presencia de metales pesados en hortalizas como la acelga, esto indica que las plantas absorben metales pesados y lo incorporan en su desarrollo, por lo que es importante que los metales pesados se encuentren con una concentración idónea debido a que son altamente tóxicos y pueden dañar no solo a los cultivos sino también a la salud de las personas que consuman este tipo de alimentos.

4.1.1.14. Resultados de análisis microbiológicos

El análisis microbiológico de coliformes fecales y totales solo se realizó en el punto M3 debido a que esta es el agua que se utiliza para regar las zonas agrícolas del caserío Salate y es el punto de mayor importancia.

4.1.1.14.1. Coliformes fecales y totales

Tabla 4-34: Resultados análisis de coliformes fecales

Coliformes fecales NMP/100 mL	
	M 3
Diciembre	3680
Enero	3669
Febrero	3700
Promedio	3683,00
Desviación estándar	15,716

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de coliformes fecales, se puede constatar en la tabla 4-34 donde se muestra los promedios de 3680 NMP/100 mL en diciembre; mientras que en enero se evidencia un promedio de 3669 NMP/100 mL; por otro lado, en febrero se reporta un promedio de 3700 NMP/100 mL en el punto M3. El valor promedio reportado a lo largo del tiempo de análisis es de 3683 NMP/100 mL con una desviación de 15,716.

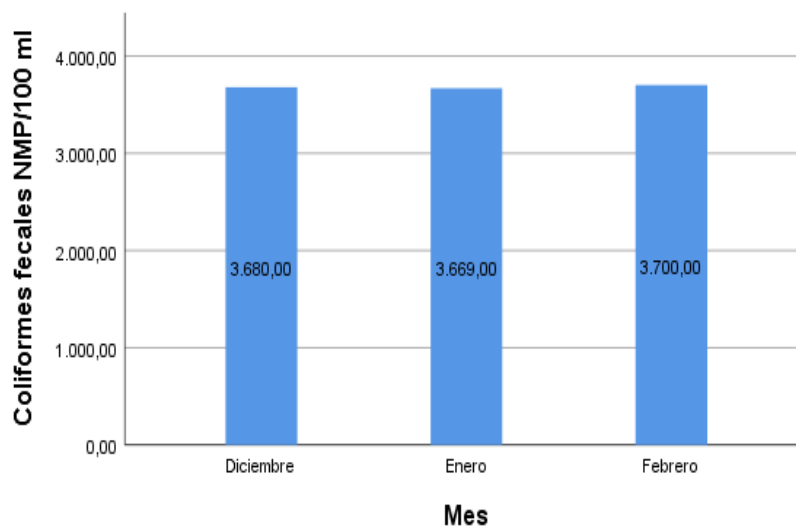


Ilustración 4-15: Resultados indicador coliformes fecales NMP/100 ml

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La ilustración 4-15 presentada nos permite observar los valores reportados para los coliformes fecales en los tres meses de muestreo, estos valores se encuentran en un rango de 3669 NMP/100 ml como valor mínimo reportado en el mes de enero y 3700 NMP/100 ml como valor máximo reportado en el mes de febrero. La variación de los datos entre meses es leve en el punto M3.

Tabla 4-35: Resultados análisis de coliformes totales

Coliformes fecales NMP/100 mL	
	M 3
Diciembre	14969
Enero	14800
Febrero	15000
Promedio	14923
Desviación estándar	107,643

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

El análisis del parámetro de coliformes fecales, se puede constatar en la tabla 4-35 donde se muestra los promedios de 14969 NMP/100 mL en diciembre; mientras que en enero se evidencia un promedio de 14800 NMP/100 mL; por otro lado, en febrero se reporta un promedio de 15000 NMP/100 mL en el punto M3. El valor promedio reportado a lo largo del tiempo de análisis es de 14923 NMP/100 mL con una desviación de 107,643.

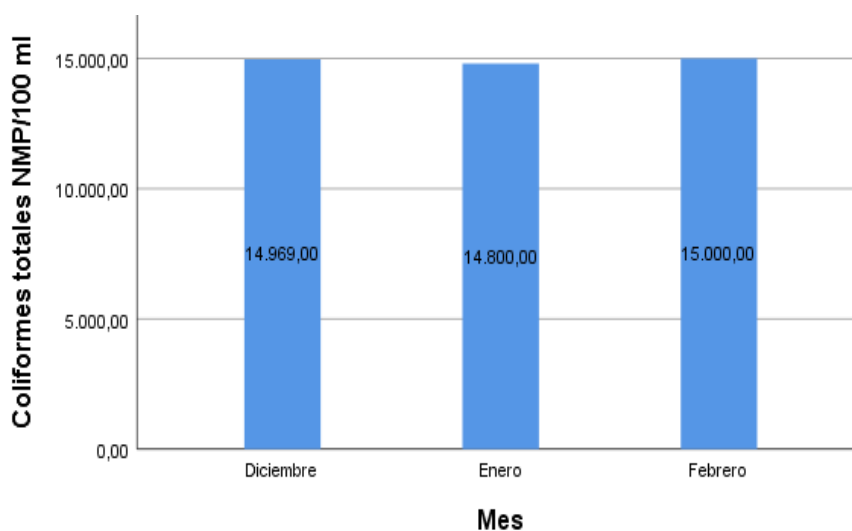


Ilustración 4-16: Resultados indicador coliformes totales NMP/100 ml

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La ilustración 4-16 nos permite visualizar los valores reportados para el indicador de coliformes totales en los tres meses de muestreo, la variación de los datos entre los meses de análisis es leve,

estos valores se encuentran en un rango de 14800 NMP/100 ml como valor mínimo reportado en el mes de enero y 15000 NMP/100 ml como valor máximo reportado en el mes de febrero.

Los resultados de los microorganismos patógenos coliformes fecales y coliformes totales reportan valores de 3683,00 NMP/100 ml y 14923,00 NMP/100 ml respectivamente, superando los valores establecidos por el criterio de calidad del TULSMA ya que este establece un máximo de 1000 NMP/100 ml para coliformes fecales y 3000 NMP/100 ml para coliformes totales. Esto se debe a causa de las actividades humanas que se realizan a orillas del río San Idelfonso lo que provoca que se contamine pues al mezclarse parcialmente con la de las vertientes provoca la contaminación de la misma y el agua que va hacia el caserío Salate lleva estos microorganismos patógenos.

Estos parámetros presentan valores alarmantes, pues indican que hay presencia de materia fecal, por lo tanto, el agua destinada al regadío del caserío Salate no es apta para la producción de alimentos con respecto a los parámetros de coliformes fecales y totales. Pues, representa un peligro para la salud de las personas que consuman este tipo de alimentos, por ende, se debería asegurar la inocuidad del agua para utilizarla en el regadío. Guilcamaigua & Chancusig, (2019, pp. 56–84), manifiestan que la presencia de coliformes fecales y totales provocan efectos negativos tanto en los seres humanos como en los animales pues son organismos patógenos que afectan la salud.

4.1.2. Resultados del RAS

Para determinar si el agua utilizada en el caserío Salate es apta para el uso agrícola con respecto a la salinidad, se determinó el índice de absorción de sodio (RAS) y la conductividad eléctrica. Luego de haber analizado los tres puntos de muestreo, en la tabla 4-36 se puede observar el valor obtenido del RAS y la CE obtenida para el punto M3 la misma que es el agua destinada para la zona agrícola del caserío Salate. Además, se observa la clasificación del tipo de agua que se encuentra en esta zona.

Tabla 4-36: Resultados de conductividad eléctrica y RAS del punto M3

Mes de muestreo	RAS	Conductividad eléctrica CE (mho/cm)	Tipo de agua
Diciembre-2022	2,922	0,6689	C2-S1
Enero-2023	3,133	0,6593	C2-S1
Febrero-2023	2,527	0,701	C2-S1
Total	2,86	0,68	C2-S1

Realizado por: Becerra, M., Guato, E. 2023.

La norma TULSMA muestra las directrices del RAS para evaluar los problemas de infiltración indicando que los valores de RAS <3 no presentan ninguna restricción, de 3 a 9 presentan restricción ligera-moderada y >9 su restricción es severa.

En base a los resultados obtenidos, el agua que es utilizada en el caserío Salate presenta para los meses de diciembre y enero una infiltración en el suelo con un grado de restricción de ligera-moderada. Para el mes de febrero la restricción pasa a ninguno ya que los valores obtenidos de infiltración son bajos.

El valor promedio del RAS en los tres meses estudiados es de 2,86 con una conductividad de 0,60 dS/cm. El RAS ayuda a evaluar la sodicidad de las aguas en el riego, por lo que, no hay efectos perjudiciales sobre las propiedades en el suelo con respecto a la absorción de sodio.

Ortiz et al., (2019, p. 185-195) menciona que las aguas que provienen de actividades antropogénicas presentan elevadas cantidades de sodio lo que provoca que se destruya la estructura de los suelos a largo plazo, por lo tanto, es importante que se dé tratamiento en el punto M2 para evitar futuros problemas en los suelos que son regados con esta agua.

Para determinar la clasificación del agua de riego se utilizó el diagrama de Richards (Ilustración 4-17), este sirve para determinar el nivel de peligrosidad del sodio por salinidad en el agua, aquí se utiliza los datos del RAS y la CE de las muestras analizadas.

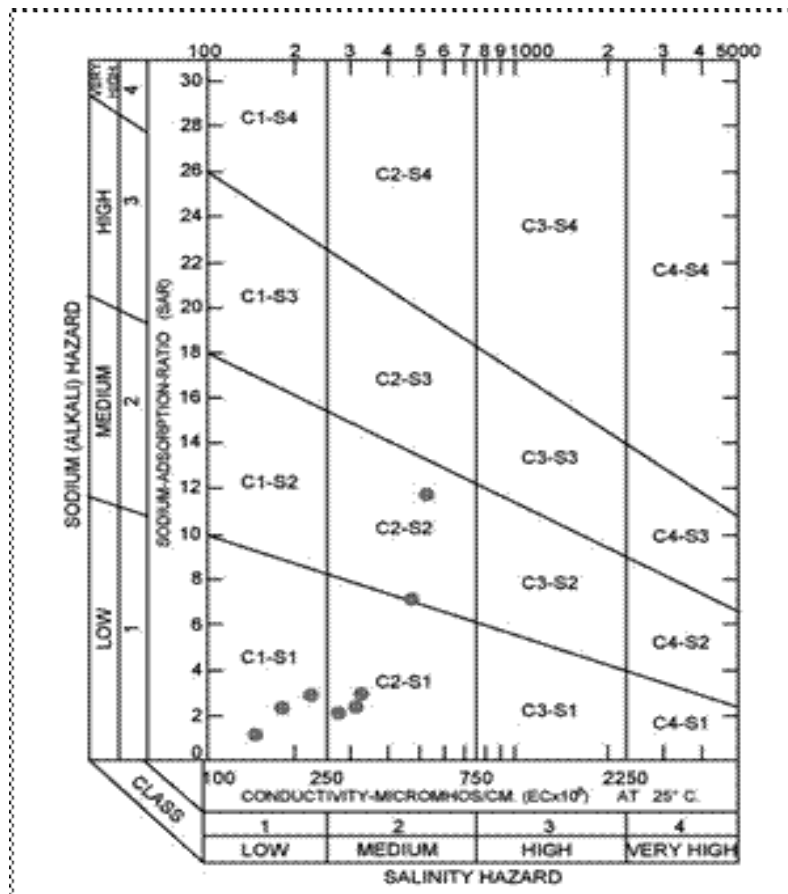


Ilustración 4-17: Diagrama de Richards

Fuente: Quinteros, et al, 2019, pp.46-57.

Según la relación de absorción de sodio y conductividad eléctrica, el agua destinada al riego de la producción agrícola del caserío Salate se clasifica en C2, la misma que es apta para el riego en relación con estos parámetros.

Con respecto a la peligrosidad por salinidad esta se clasifica en S2, la misma que es apta para el riego, pero hay que tener precaución con los cultivos que presenten sensibilidad al sodio ya que podría afectar a los mismos. Por lo tanto, el diagrama de Richards clasifica a esta agua con una salinidad media, específicamente en el grupo C2-S1.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Esta agua es apta para el riego pues presenta salinidad media de acuerdo a la relación de absorción sodio (RAS) y el diagrama de Richards, ya que los datos obtenidos de la determinación de los parámetros físicos y químicos del punto M3 están de acuerdo con el RAS, por lo tanto, se acepta parcialmente la hipótesis planteada debido a que en cuanto a otros parámetros estos se encuentran con valores fuera de los límites permisibles para la evaluación de la calidad de agua.

Los resultados de los análisis muestran que los parámetros de nitratos y boro exceden en todas las muestras analizadas los límites permisibles idóneos para utilizarlos en la agricultura, clasificando su restricción en ligera-moderada con valores cercanos a una restricción severa en el caso de nitratos. Asimismo, los parámetros de coliformes fecales y totales en las muestras de agua analizadas presentan niveles demasiado altos con el doble del porcentaje establecido por el TULSMA.

Los resultados obtenidos indican que hay contaminación en el agua destinada al caserío Salate, por contaminación de nitratos, boro, coliformes fecales y totales. Esto indica que el agua que proviene del río San Idelfonso es la principal fuente de contaminación del agua de las vertientes de Shushuri por las actividades antropogénicas que se realizan a los bordes del río. Los resultados en el punto M3 varían en promedio de 10,93 mg/L en nitratos; 1,28 mg/L en boro; 3683,00 NMP/100 ml en coliformes fecales y 14923,00 NMP/100 ml en coliformes totales.

RECOMENDACIONES

- Es importante seguir monitoreando y realizando tratamientos adicionales a la fuente de agua pues se detectan niveles preocupantes de ciertos parámetros químicos y microbiológicos para gestionar adecuadamente los recursos hídricos.
- Sugerir dar tratamiento para reducir los parámetros que exceden los límites permisibles (nitratos, boro, coliformes fecales y totales) en las muestras de agua.
- No utilizar frecuentemente el agua en época lluviosa, debido a que hay mayor arrastre de materia orgánica y tiene mayor afectación a los cultivos.

GLOSARIO

Alícuota: Porción definida (peso o volumen) de una muestra o disolución (Sierra et al., 2010, p. 4-6).

Antropogénica: Es todo aquello que está relacionado con las actividades humanas que contaminan la naturaleza (Mora et al., 2021, pp. 92–103).

Aspersión: Sistema de riego a presión mediante el cual el agua llega a las plantas simulando una llovizna (Peralta & Simpfendorfer, 2001).

EDTA: o ácido etilendiaminotetraacético es el valorante más utilizado en volumetrías complexométricas y análisis de dureza de agua o también como agente quelante para la formación de complejos químicos con iones metálicos (Campillo, 2011, p. 1-12).

Escherichia-coli: Bacteria que se encuentra en los intestinos de las personas, animales, ambiente, alimentos y agua sin tratar (Organización mundial de la salud, 2018).

Sodicidad: Es la acumulación de sales con gran contenido del ion sodio (superior al 15%) respecto a otros cationes del complejo de intercambio de suelo (PSI) (Urbina, 2016, p. 7-9).

Infiltración: Es el proceso en el cual el agua ingresa a las capas internas de la tierra humedeciendo la tierra (Ruiz & Martínez, 2015, p. 2).

Irrigación: Conjunto de dispositivos que son capaces de aportar de forma artificial y ordenada, el caudal de aguas sobre los terrenos con el fin de tener una producción eficiente (Adeyemi et al., 2017, p. 2-29).

RAS_{ad}: determina la concentración de sodio, calcio, magnesio y bicarbonatos presentes en el agua (Ruiz, 2008, p. 4).

BIBLIOGRAFÍA

ADEYEMI, Olutobi.; GROVE, Iván.; PEETS, Sven. & NORTON, Tomás. “Advanced monitoring and management systems for improving sustainability in precision irrigation”. *Sustainability (Switzerland)* [en línea], 2017, (Reino Unido) 9(3), pp. 2-29. [Consulta: 25 junio 2023]. ISSN 2071-1050. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/3/353>

AGUILAR SÁNCHEZ, Juan de Dios. & CUBAS IRIGOIN, Napoleón. “Contaminación agrícola por uso de aguas residuales”. *Alfa Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinaria* [en línea], 2021, (Perú) 5(13), pp.65-67. [Consulta: 24 marzo 2023]. ISSN 2664-0902. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2664-09022021000100065&lng=es&nrm=iso

ANDRADE CHUNGA, Edna Monserrat. & PONCE GARCÍA, Willy Damían. Determinación de los niveles de metales pesados en la microcuenca del río carrizal del cantón Bolívar, provincia de Manabí [en línea] (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Manabí, Ecuador. 2016, [Consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/283>

ARAUZO, M.; RIVERA, M.; VALLADOLID, M.; NOREÑA, C. & CEDENILLA, O. “Contaminación por cromo en el agua intersticial, en el agua del cauce y en los sedimentos del río Jarama”. *Limnetica* [en línea], 2003, (España) 22(3-4), pp. 85-98. [Consulta: 15 abril 2023]. ISSN 0213-8409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-22-2-p-85.pdf>

ARUMÍ, Jorge. *Cuidemos el agua cuidemos las vertientes* [Blog]. Chile 2018. [En línea]. [Consulta: 10 abril 2023]. Disponible en: <http://www.cicatudec.com/noticiascicat/2018/3/20/cuidemos-el-agua-cuidemos-las-vertientes>

AYERS, R. & WESTCOT, D. *Water quality for agricultura* [en línea]. California-USA: FAO Irrigation and Drainage, 1985. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/t0234e/T0234E00.htm#TOC>

BAÑOS ALFARO, John Diego.; CORDERO CASTRO, Gloriana. & SEGURA ARAYA, Glorina. “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa

Rica)". *Tecnología en marcha* [en línea], 2017, 30(4), pp. 15-27. [Consulta: 22 junio 2023]. ISSN 0379-3982. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822017000400015&script=sci_abstract&tlng=es

BARRADO ESTEBAN, Enrique. *Determinación de sodio por fotometría de llama y calcio por absorción atómica en muestras de agua* [Blog]. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/33995>

BENÍTEZ FERNÁNDEZ, Daniel.; VILASÓ CADRE, Javier Ernesto.; ARADA PÉREZ, María de los Ángeles.; ARCE CASTRO, Jorge. & RODRÍGUEZ DE LA ROSA, Héctor. "Método voltamperométrico para el análisis de cadmio en aguas residuales". *Revista cubana de Química* [en línea], 2021, 33(3), pp. 415-436. [Consulta: 24 marzo 2023]. ISSN 2224-5421. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ind/v33n3/2224-5421-ind-33-03-415.pdf>

BONET PÉREZ, Camilo. & RICARDO CALZADILLA, Martha P. "Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* [en línea], 2011, (Cuba) 20(3), pp.19-23. [Consulta: 21 septiembre 2023]. ISSN 2071-0054. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000300003&lng=es&nrm=iso

CÁCERES LÓPEZ, Rodrigo Santiago. El agua de regadío y su incidencia en la producción agrícola del barrio la Victoria de la parroquia Huachi Chico del cantón Ambato, Provincia de Tungurahua [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Tercer Nivel). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 2012. pp. 15-18. [Consulta: 9 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/6138>

CALVO BRENES, Guillermo. & MORA MOLINA, Jesús. "Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa". *Tecnología en Marcha* [en línea], 2011, (Costa Rica) 23(5), pp. 34-40. [Consulta: 9 abril 2023]. ISSN 2215-3241. Disponible en: https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/56

CAMPILLO SEVA, N. "Equilibrios y volumetrías de complejación". *Universidad de Murcia* [en línea], 2011, (España), pp. 1-12. [Consulta: 18 junio 2023]. Disponible en: <https://www.um.es/documents/4874468/11830096/tema-6.pdf/989e089b-86db-402e-a0e6-0bc9dec32baf>

CANTUÑA PAZMIÑO, Karen Estefanía. Caracterización físico, química y microbiológica de las aguas del canal principal de riego de Tumbaco [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Ecuador. 2017. p.57 [Consulta: 11 noviembre 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19040/1/CD-8437.pdf>

CARVAJAL LLUMI, Karina Dayana. Evaluación de calidad de agua con fines agrícola en los acuíferos de cuatro zonas del cantón milagro [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Universidad Agraria del Ecuador. Milagro, Ecuador. 2020. pp. 18-19. [Consulta: 10 diciembre 2022]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CARVAJAL%20LLUMI%20KARINA%20DAYANA.pdf>

CASTELLANOS, Rosa Marina. & MORALES PÉREZ, Milagros. “Análisis crítico sobre la conceptualización de la agricultura de precisión”. *Ciencia en su PC* [en línea], 2016, (Cuba) (2), pp. 23-33. [Consulta: 1 abril 2023]. ISSN 1027-2887. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181349391004>

CASTELLÓN GÓMEZ, Juan José.; BERNAL MUÑOZ, Robert. & HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, María de Lourdes. “Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala”. *Ingeniería revista académica* [en línea], 2015, (México) 19(1), pp. 40-42. [Consulta: 21 septiembre 2023]. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46750924004.pdf>

CASTRO PERDOMO, Nelson Arsenio. & RAJADEL ACOSTA, Olimpia Nilda. “Otra cara de la problemática del agua y el cambio climático; dos realidades sinérgicas yuxtapuestas”. *Universidad y Sociedad* [en línea], 2017, (Costa Rica) 13 (4), pp. 15-27. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 2218-3620. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202021000400351&lng=es&nrm=iso

CEPEDA GUZMÁN, Alejandro. Interacción de sulfato, calcio y magnesio en el agua bajo dos tipos de riego en lechuga (*lactuca sativa* L.) [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría). Universidad Autónoma Agraria. Coahuila, México, 2013, pp. 27-29. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/6868>

CHÁVEZ RAMOS, Kenia. & BONILLA MARTÍNEZ, Dalia. “La formación de precipitados bajo el efecto de la acidez en el método de Mohr”. *Educación química* [en línea], 2014, (México)

25(4), pp. 440-445. [Consulta: 17 diciembre 2022]. ISSN 0187-893-X. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v25n4/v25n4a6.pdf>

CHULIM CAN, Álvaro.; RAMÍREZ AYALA, Carlos.; ORTEGA ESCOBAR, M.; TREJO LÓPEZ, C. & CRUZ DIAZ, Jaime. “Evaluación de la relación de adsorción de sodio en las aguas del río Tulancingo, estado de Hidalgo, México”. *Terra Latinoam* [en línea], 2008, (México) 26(3), pp. 243-252. [Consulta: 29 noviembre 2022]. ISSN 0187-5779. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792008000300006

CUÉLLAR LUNA, Liliam.; MOLINA ESQUIVEL, Enrique.; PUERTO RODRÍGUEZ, Asela.; MALDONADO CANTILLO, Geominia.; GONZÁLEZ AGUILAR, Ivonne. & SOSA ROSALES, Maritza. “Distribución espacial de los fluoruros en fuentes de abasto de aguas subterráneas en cuatro provincias de Cuba”. *Revista cubana de higiene y epidemiología* [en línea], 2012, (Cuba) 50(3), pp. 365-379. [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 1561-3003. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032012000300011&lng=es&nrm=iso

DELGADO ESCOBAR, John Bryan. Análisis de la calidad de agua para riego en suelos agrícolas en la parroquia rural colonche, provincia de Santa Elena. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Título tercer nivel). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2021, pp. 11-12. [Consulta: 23 junio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/53424>

DELL'AMICO RODRÍGUEZ, José.; MORALES GUEVARA, Donald. & CALAÑA NARANJO, Juan. “Monitoreo de la calidad del agua para riego de fuentes de abasto subterráneas en la parte alta del nacimiento de la cuenca almendares-vento”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2011, (Cuba) 32(4), pp. 71-81. [Consulta: 1 abril 2023]. ISSN 0258-5936. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193222349010>

DÍAZ CUENCA, Elizabeth.; ALAVARADO GRANADOS, Alejandro Rafael. & CAMACHO CALZADA, Karina Elizabeth. “El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México”. *Quivera* [en línea]. 2012 (México) 14(1), pp. 78-97. [Consulta: 12 marzo 2023]. ISSN 1405-8626. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=40123894005>

DUGAN, Hilary A.; SUMMERS, Jamie C.; SKAFF, Nicholas K.; KRIVAK TETLEY, Flora E.; DOUBEK, Jonathan P.; BURKE, Samantha M.; BARTLETT, Sarah L.; ARVOLA,

Lauri.; JARJANAZI, Hamdi.; KORPONAI, János.; KLEEBERG, Andreas.; MONET, Ghislaine.; MONTEITH, Don.; MOORE, Karen.; ROGORA, Michela.; HANSON, Paul C. & WEATHERS Kathleen C. “Long-term chloride concentrations in North American and European freshwater lakes”. *Scientific data* [en línea]. 2017 (United State of American) (4), pp. 1-9. [Consulta: 30 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/sdata2017101>

ESCANDÓN GUACHICHULLCA, Carla Gabriela. & CÁCERES VINTIMILLA, María Elizabeth. Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físico químicos y microinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río san Francisco-Gualaceo [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tercer nivel) Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2022. pp. 25-28. [Consulta: 3 abril 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>

FERERES, Elias. & SORIANO, Maria Auxiliadora. “Deficit irrigation for reducing agricultural water use”. *Journal of experimental Botany* [en línea]. 2007, (España) 58(2), pp. 147-159. [Consulta: 1 abril 2023]. ISSN 0022-0957. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/jxb/erl165>

FERNÁNDEZ CIRELLI, Alicia. “El agua: un recurso esencial”. *Química Viva* [en línea]. 2012 (Argentina) 11(3), pp. 147-170. [Consulta: 28 noviembre 2022]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86325090002>

FUENTES AGUILAR, Luis. “Efectos de los Bicarbonatos contenidos en el agua de riego sobre el suelo”. *Investigaciones geográficas* [en línea]. 1969, (México) 1(2), pp. 201-207. [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 2448-7279. Disponible en: <https://doi.org/10.14350/rig.58840>

FUENTES, María Cristina. “Informe de Gestión” [en línea]. 2017. [Consulta: 27 marzo 2023]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/03/Informe-Rendici%C3%B3n-de-Cuentas-ARCA-2017.pdf>

GARCÍA VARGAS, Alfonso.; REYES NAVARRETE, María Guadalupe.; ALVARADO DE LA PEÑA, Alicia Irene.; GONZÁLEZ VALDEZ, Laura Silvia.; MAGDALENA ANTUNA, Dora.; VÁZQUEZ ALARCÓN, Elisa del Carmen.; ESTABAN MÉNDEZ, Maricela.; QUINTOS ESCALANTE, Manuel. & HERRERA BENAVIDES, Alicia. “Cloruros totales en el agua de abastecimiento”. *Instituto Politécnico Nacional* [en línea]. 2012, (México) 4(1), pp. 20-21. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: <http://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/8825>

GELDREICH, E. & CLARK, H. “Distilled water suitability for microbiological applications”. *Elsevier* [en línea]. 1965, (United State of America) 28(11), pp. 351-365. [Consulta: 30 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X2205476X>

GLEICK, Peter. “Water management: Soft water paths”. *Nature* [en línea]. 2002, (United State of America) 418(1), p. 373. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 1476-4687. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/418373a>

GUADARRAMA BRITO, María. & GALVÁN FERNÁNDEZ, Antonina. “Impacto del agua residual en la agricultura”. *CIBA Revista Iberoamerica de las Ciencias Biológicas y Agropecuaria* [en línea]. 2015, (México) 4(7), pp. 56-60. [Consulta: 1 abril 2023]. ISSN 2007-9990. Disponible en: <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>

GUALDRÓN DURÁN, Luis Eduardo. “Evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos”. *Dinámica ambiental* [en línea]. 2018, (Colombia) (1), pp. 83-102. [Consulta: 28 noviembre 2022]. ISSN 2590-6704. Disponible en: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>

GUILCAMAIGUA, Doris. & CHANCUSIG, Edwin. “Evaluación de la calidad del agua de riego en tres agrosistemas: tradicional, orgánico y convencional”. *Boletín Informativo Spondylus* [en línea]. 2019, (Ecuador) 1(3), pp. 56-84. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6932/1/CON-PAP-Guilcamaigua-Chancusig-Evaluacion.pdf>

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. & DE LA VARA SALAZAR, Román. *Análisis y diseño de experimentos* [en línea]. Guadalajara-México: McGraw-Hill Interamericana, 2008. [Consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

HACH COMPANY. *Manual de análisis de agua* [en línea]. Colorado-Estados Unidos, 2000. [Consulta: 24 mayo 2023]. Disponible en: <https://agua.org.mx/biblioteca/manual-de-analisis-de-agua-manual/>

HEREDIA, Olga Susana. “Calidad y criterios de interpretación en análisis para riego complementario en la región pampeana”. *Produciendo, Actualidad fruti hortícola, viveros, flores, ornamentales y riego.* 1999, (47). [Consulta: 24 abril 2023]. Disponible en:

<https://docplayer.es/21262743-Capitulo-6-el-agua-de-riego-criterios-de-interpretacion-efectos-sobre-el-suelo-y-la-produccion-ing-msc-olga-susana-heredia.html>

HERNÁNDEZ BARANDA, Yenisei.; RODRÍGUEZ HERNÁNDEZ, Pedro.; PEÑA ICART, Mirella.; MERIÑO HERNÁNDEZ, Yanitza. & CARTAYA RUBIO, Omar. “Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate”. *Cultivos tropicales* [en línea]. 2019, (Cuba) 40(3). [Consulta: 24 abril 2023]. ISSN 1819-4087. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n3/en_1819-4087-ctr-40-03-e10.pdf

HONG, Yajun.; ZIWEI, Zhu.; WEI, Liao.; YAN, Fei.; CHENGLIAN, Feng. & DAYONG, Xu. “Freshwater Water-Quality Criteria for Chloride and Guidance for the Revision of the Water-Quality Standard in China”. *International Journal of environmental Research and Public Health* [en línea]. 2023, (China) 20(4), pp. 28-75. [Consulta: 24 junio 2023]. ISSN 2004-2875. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/4/2875>

INTE INEN 2 176: 1998. *Agua. Calidad del agua. muestreo. Técnicas de muestreo.*

JÁUREGUI CALLE, María Antonia. Responsabilidad ambiental de los promotores en proyectos con riesgo de impacto ambiental y su relación con el proceso de regularización ambiental. Análisis del caso Camal de Gualaceo [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador. 2020, pp. 28-30. [Consulta: 31 marzo 2023]. Disponible en: <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9716/1//15347.pdf>

MANCILLA VILLA, Oscar Raúl.; BAUTISTA OLIVAS, Ana Laura.; ORTEGA ESCOBAR, Héctor Manuel.; RAMÍREZ AYALA, Carlos.; REYES ORTIGOZA, Amada Laura.; FLORES MAGDALENO, Héctor.; GONZÁLEZ EGUIARTE, Diego Raymundo. & GUEVARA GUTIÉRREZ, Rubén Darío. “Contenido de boro en el agua superficial de Puebla, Tlaxcala y Veracruz”. *Tecnología y ciencias del agua* [en línea]. 2014, (México) 5(5), pp. 97-109. [Consulta: 18 abril 2023]. ISSN 2007-2422. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000500006&lng=es&nrm=iso

MARTÍNEZ MARTÍNEZ, Jorge. “Estudio de la calidad de las aguas superficiales del río San Pedro”. *Investigación y Ciencia* [en línea]. 1996, (México) 5(17), pp. 27-39. [Consulta: 18 abril 2023]. ISSN 1665-4412. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6154440>

MCPHERSON, David. *Irrigation: Battling Bicarbonates* [Blog]. 2010 [Consulta: 11 junio 2023]. Disponible en: <https://www.golfcourseindustry.com/article/gci-0510-irrigation-battling-bicarbonates/>

MEDINA VALDOVINOS, Edna Karen.; MANCILLA VILLA, Oscar Raúl.; LARIOS, Mayra Michel.; GUEVARA GUTIÉRREZ, Rubén Darío.; OLGUÍN LÓPEZ, José Luis. & BARRETO GARCÍA, Oscar Arturo. “Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco”. *Idesia* [en línea]. 2016, (Chile) 34(6), pp. 51-56. [Consulta: 28 noviembre 2022]. ISSN 0073-4675. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v34n6/aop3516.pdf>

MENDOZA LÓPEZ, Gema Liseth. La calidad del agua de la subcuenca río Jipijapa y su utilización para riego en el valle de Joa [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Universidad estatal del sur de Manabí. Manabí, Ecuador. 2018, p. 22. [Consulta: 11 diciembre 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/1079/1/UNESUM-ECUADOR-ING.M-2018-22.pdf>

MONTES DE OCA JIMÉNEZ, Roberto.; PÉREZ RODRÍGUEZ, Jhonny Edgar. & RODRÍGUEZ DOMÍNGUEZ, María Carla. “Niveles de plomo en suelo, pasto y agua en localidades cercanas al río Lerma, del Estado de México, dedicada a la ganadería”. *Terra Latinoamericana* [en línea]. 2022, (México) 40, pp. 1-8. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 0187-5779. Disponible en: <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.949>

MORA BARRANTES, José Carlos.; SIBAJA BRENES, José Pablo. & BORBÓN ALPIZAR, Henry. “Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla”. *Tecnología en Marcha* [en línea]. 2021, (Costa Rica) 34(1), pp. 92-103. [Consulta: 19 junio 2023]. ISSN 0379-3982. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v34n1/0379-3982-tem-34-01-92.pdf>

MORENO RAMÓN, Héctor.; IBAÑEZ ASENSIO, Sara. & GISBERT BLANQUER, Juan Manuel. *Determinación en aguas de Carbonatos y Bicarbonatos* [Blog]. 2011. [Consulta: 8 noviembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/9846>

MORENO RAMÓN, Héctor.; IBAÑEZ ASENSIO, Sara. & GISBERT BLANQUER, Juan Manuel. *Sulfatos* [Blog]. 2011. [consulta: 13 diciembre 2022]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13682/sulfatos%20revisado%20definitivo.pdf;jsessionid=64176F2EF34F8332C33014D18E1EFBC3?sequence=3>

NAILA HASSAN, Omer. “Water Quality Parameters”. *IntechOpen* [en línea]. 2020, (Sudan), pp. 1-18. [Consulta: 3 abril 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/69568>

NISALA, R.; ZAMAN, B. & SUDARNO. “Natural Treatment of Desalination Process for Brackish Water”. *Iopscience* [en línea]. 2020, (Indonesia) 448(1), pp. 1-6. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 1755-1315. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/448/1/012100/pdf#:~:text=Therefore%2C%20desalination%20technology%20is%20needed,and%20have%20a%20high%20adsorption>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *Guías para la calidad del agua potable: Anexo 6* [en línea]. 1987. [Consulta: 14 noviembre 2022]. Disponible en: <http://cidbimena.desastres.hn/pdf/spa/doc7715/doc7715-7.pdf>

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. *E. coli* [Blog]. 2018. [Consulta: 18 junio 2023]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>

ORTIZ VEGA, Moisés Ignacio.; CAN CHULIM, Álvaro.; ROMERO BAÑUELOS, Carlos Alberto.; CRUZ CRESPO, Elia. & MADUEÑO MOLINA, Alberto. “Calidad del agua para uso agrícola del río Mololoa, México”. *Terra Latinoam* [en línea]. 2019, (México) 37(2), pp. 185-195. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2395-8030. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57363012009>

PABÓN, S.; BENÍTEZ, R.; SARRIA VILLA, R. & GALLO, J. “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión”. *Entre Ciencia y Tecnología* [en línea]. 2020, (Colombia) 14(27), pp. 9-18. [Consulta: 18 abril 2023]. ISSN 1909-8367. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v14n27/1909-8367-ecei-14-27-9.pdf>

PAUTA, Guillermina.; VELAZCO, María.; GUTIÉRREZ, Daniela.; VÁZQUEZ, Gabriela.; RIVERA, Santiago.; MORALES, Óscar. & ABRIL, Andrea. “Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador”. *MASKANA* [en línea]. 2019, (Ecuador) 10(2), pp.76-88. [Consulta: 24 marzo 2023]. ISSN 13906143. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2670/2074>

PAWARI, M. & GAVANDE, S. “Assessment of Water Quality Parameters: A Review”. *International Journal of Engineering Science Invection Research* [en línea]. 2013, (India),

6(14), pp. 1427-1431. [Consulta: 1 abril 2023]. ISSN 2319-7064. Disponible en: <https://www.ijsr.net/archive/v4i7/SUB156716.pdf>

PERALTA, José María. & SIMPFENDORFER, Christian. “Riego por aspersión”. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias* [en línea]. 2001. [Consulta: 18 junio 2023]. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40180/NR26419.pdf?sequence=1>

PÉREZ OSORIO, Gabriela.; ARRIOLA MORALES, Janette.; GARCÍA LUCERO, Tania.; SALDAÑA BLANCO, María Lourdes. & MENDOZA HERNÁNDEZ, José Carlos. “Evaluación de la calidad del agua de cuatro jagüeyes del parque Estatal «Flor del bosque», Puebla, México”. *Revista Ra Ximhai* [en línea]. 2016, (México) 12(4), pp.153-168. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46146927009.pdf>

PUYOL MUÑOZ, Jonathan Fabricio & RAZO FREIRE, Alfredo Geovanny. 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 [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 5-6. [Consulta: 23 junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1491/1/UNACH-EC-IAMB-2016-0006.pdf>

QUINTEROS CARABALÍ, Joffre.; GÓMEZ GARCÍA, Javier.; SOLANO, Michelle.; LLUMIQUINGA, Gabriela.; BURGOS, Christian. & CARRERA VILLACRÉS, David. Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco. *Siembra* [en línea]. 2019, (Ecuador) 6(2), pp. 46-57. [Consulta: 13 diciembre 2022]. ISSN 1390-8928. Disponible en: <https://doi.org/10.29166/siembra.v6i2.1641>

QUISHPE LASLUIZA, María Fernanda. Determinación de la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) en la lechuga (*Lactuca sativa*) que se cultiva en la parroquia presidente Urbina del cantón Píllaro, Ambato, Ecuador [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. 2022, pp. 7-10. [Consulta: 12 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34930>

RAMOS, Gonzalo. *Definición de Riego* [Blog]. 2014. [Consulta: 21 septiembre 2023]. Disponible en: <https://enciclopedia.net/riego/>

RAMOS ORTEGA, Lina María.; VIDAL, Luis.; VILARDY, Sandra. & SAAVEDRA DIAZ, Lina. “Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la bahía de

Santa Marta, Caribe colombiano”. *Acta biológica colombiana* [en línea]. 2008, (Colombia) 13(3), pp.87-98. [Consulta: 24 septiembre 2023]. ISSN 0120-548X. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>

RODRÍGUEZ, Suly.; JARAMILLO, Soraya.; ZURITA, Dominic.; VALDIVIEZO, Amanda. & CHOLOQUINGA, Carlos. “Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS)”. *Revista Politécnica* [en línea]. 2022, (Ecuador) 49(2), pp.55-64. [Consulta: 17 abril 2023]. ISSN 6887-7221. Disponible en: <https://doi.org/10.33333/rp.vol49n2.06>

RUDA, Ester.; MONGIELLO, Adriana.; ACOSTA, Adriana.; OCAMPO, Ester. & CONTINI Liliana. “Calidad del Agua Subterránea con Fines de Riego Suplementario en Argiudoles del Centro de Santa Fe, Argentina”. *Agricultura técnica* [en línea]. 2005, (Chile) 65(4), pp. 411-420. [consulta: 18 abril 2023]. ISSN 0365-2807. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072005000400007>

RUIZ BAENA, Natividad. “Calidad del agua para riego”. *Instituto de Investigación y formación Agraria y Pesquera Consejería de Agricultura y Pesca* [en línea]. 2008, (España), p.p.1-5. [Consulta: 8 abril 2023]. Disponible en: <https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/ac16139a-ee2d-431a-bc75-27014a284840>

RUIZ ROMERA, Estilita. & MARTÍNEZ SANTOS, Miren. “Infiltración y Humedad Del Suelo”. *Hidrología aplicada* [en línea]. 2015, (España) (8), p.2. [Consulta: 14 junio 2023]. Disponible en: https://ocw.ehu.es/pluginfile.php/47724/mod_resource/content/1/Material_Docente/Tema_4.pdf

SALGADO TRÁNSITO, Jorge Arturo.; PALACIOS VÉLEZ, Oscar. GALVIS SPÍNOLA, Arturo.; REYES, Francisco Gavi. & MEJÍA SÁENZ, Enrique. “Efecto de la calidad de agua del acuífero Valle de Guadalupe en la salinidad de suelos agrícolas”. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea]. 2012, (México), 3(1), pp.79-95. [Consulta: 9 diciembre 2022]. ISSN 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263123192006>

SAMBACHE HIDALGO, Andrea Catalina. & VALVERDE GUANOQUIZA, María Elena. Manejo de la cuenca del río Patate, en el cantón san pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tercer nivel). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Sangolquí, Ecuador, 2015, pp. 84-85. [Consulta: 12 marzo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10953?locale-attribute=de>

SÁNCHEZ LOZADA, Nancy Piedad. Las condiciones de la vía Potreropamba – la Clementina – Salate perteneciente al cantón San Pedro de Pelileo, provincia de Tungurahua y su incidencia en el desarrollo socioeconómico de sus habitantes [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Tercer nivel). Universidad Técnica de Ambato. Ambato, Ecuador. 2015, p. 2. [consulta: 24 marzo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/15909>

SARABIA MELÉNDEZ, Irma Francisca.; CISNEROS ALMAZÁN, Rodolfo.; ACERES DE ALBA, Jorge.; DURAN GARCÍA, Héctor Martín. & CASTRO LARRAGOITIA Javier. “Calidad del agua de riego en suelos agrícolas y cultivos del valle de San Luis Potosí, México”. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea]. 2011, (México) 27(2), pp. 103-113. [Consulta: 29 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v27n2/v27n2a2.pdf>

SENGUPTA, Pallav. “Potential Health Impacts of Hard Water”. *International Journal of preventive medicine* [en línea]. 2013, (India) 4(8), p. 867. [Consulta: 30 marzo 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3775162/pdf/IJPVM-4-866.pdf>

SIERRA ALONSO, Isabel.; PÉREZ QUINTANILLA, Damián.; GÓMEZ RUÍZ, Santiago. & MORANTE ZARCERO, Sonia. *Análisis Instrumental* [en línea]. Segunda edición. España: Netbiblo, 2010. [Consulta: 18 abril 2023]. Disponible en: http://www.google.com.ec/books/edition/Analisis_Instrumental/7kqkf47xB1cC?hl=es419&gbp v=1&dq=aliquota+quimica&pg=PA4&printsec=frontcover

SIGLER, Adam. & BAUDER, Jim. “Alcalinidad, pH, y Sólidos Disueltos Totales”. *Universidad Estatal de Montana Programa de Extensión en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales* [en línea]. 2012. [Consulta: 13 diciembre 2022]. Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

SORIANO SOTO, M. *Determinación de calcio y magnesio en aguas* [Blog]. 2011. [Consulta: 6 diciembre 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/13572>

TORRES MOLINARES, Cecibel. & ESPINO, Kleveer. “Procedimiento para la Medición de Sólidos Totales”. *Universidad Tecnológica de Panamá* [en línea]. 2006, (Panamá), pp. 1-5.

[Consulta: 6 diciembre 2022]. Disponible en: <https://utp.ac.pa/documentos/2011/pdf/PCUTP-CIHH-LSA-211-2006.pdf>

TULSMA. *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso. Agua.*

URBINA SÁNCHEZ, E. “Salinidad y sodicidad”. *Universidad Autónoma del Estado de México* [en línea]. 2016, pp. 7-9. [Consulta: 16 junio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/63679>

VILLENA CHÁVEZ, Jorge Alberto. “Calidad del agua y desarrollo sostenible”. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica* [en línea]. 2018, (Perú) 35(2), pp. 304-308. [Consulta: 30 marzo 2023]. ISSN 1726-4634. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

ZAMORA, Frank.; RODRÍGUEZ, Nectali.; TORRES, Duilio. & YENDIS, Héctor. “Efecto del riego con aguas residuales sobre propiedades químicas de suelos de la planicie de Coro, Estado Falcón”. *Bioagro* [en línea]. 2008, (Venezuela) 20(3), pp.193-199. [Consulta: 21 septiembre 2023]. ISSN 1316-3361. Disponible en: https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612008000300006&lng=es&nrm=iso



ANEXOS

ANEXO A: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA EN LOS TRES PUNTOS DE MUESTREOS: (M1: VERTIENTE SHUSHURI), (M2: RÍO SAN IDELFONSO); (M3: VERTIENTE SHUSHURI + RÍO SAN IDELFONSO)

Anexo I



Zonificación del lugar de estudio.

Anexo II



Lavado de las botellas ámbar.

Anexo III



Recolección de muestra de agua (M1-Vertiente Shushuri).

Anexo IV



Envases llenos con muestras de agua.

Anexo V



Recolección muestra de agua (M2-Río San Idelfonso).

Anexo VI



Recolección muestra de agua (M3-Vertiente + Río San Idelfonso).

ANEXO B: DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS

Anexo I



Determinación del pH.

Anexo II



Determinación de la conductividad eléctrica.

Anexo III



Filtrado de muestras.

Anexo IV



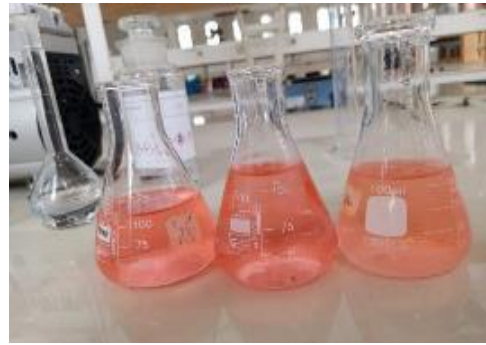
Adición de naranja de metilo.

Anexo V



Determinación de carbonatos.

Anexo VI



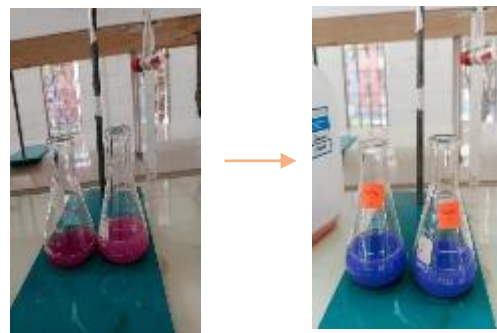
Determinación de bicarbonatos

Anexo VII



Determinación de cloruros

Anexo VIII



Determinación de magnesio y calcio.

Anexo IX



Determinación de solidos totales

Anexo X



Coliformes fecales y totales

ANEXO C: ANÁLISIS DE METALES

Anexo I



Preparación de estándares.

Anexo II



Preparación de muestras.

Anexo III



Equipo espectrofotómetro de absorción atómica de llama para medir concentración de metales.

ANEXO D: CÁLCULOS RAS

Anexo I: Cálculo RAS diciembre punto M3

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca}^{2+}} = \frac{2,5 \text{ meq/l}}{0,822 \text{ meq/l}} = 2,433$$

$$\text{Cax}^{2+} = \frac{1,14 + 1,17 + 1,6 + 1,09}{4} = 1,25 \text{ mEq/L}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = \frac{\text{Na}^+}{\sqrt{\frac{\text{Cax}^{2+} + \text{Mg}^{2+}}{2}}}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = \frac{4,401}{\sqrt{\frac{1,25 + 2,61}{2}}}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = \frac{4,059}{\sqrt{1,93}}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = \frac{4,059}{1,3892}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = 2,922$$

Anexo II: Cálculo RAS enero punto M3

$$\frac{\text{HCO}_3^-}{\text{Ca}^{2+}} = \frac{2,78 \text{ meq/l}}{0,744 \text{ meq/l}} = 3,736$$

$$\text{Cax}^{2+} = \frac{0,85 + 0,87 + 0,78 + 0,80}{4} = 0,825 \text{ mEq/L}$$

$$\text{RAS}_{\text{corr}} = \frac{3,658}{\sqrt{\frac{0,825 + 1,9}{2}}}$$

$$RAS_{\text{corr}} = \frac{3,658}{\sqrt{1,3625}}$$

$$RAS_{\text{corr}} = \frac{3,658}{1,1672}$$

$$\mathbf{RAS_{\text{corr}} = 3,133}$$

Anexo III: Cálculo RAS febrero punto M3

$$\frac{HCO_3^-}{Ca^{2+}} = \frac{2,96 \text{ mEq/l}}{0,392 \text{ mEq/l}} = 7,551$$

$$Ca^{2+} = \frac{0,55 + 0,57 + 0,43 + 0,45}{4} = 0,5 \text{ mEq/L}$$

$$RAS_{\text{corr}} = \frac{3,993}{\sqrt{\frac{0,5 + 3,69}{2}}}$$

$$RAS_{\text{corr}} = \frac{3,993}{\sqrt{2,095}}$$

$$RAS_{\text{corr}} = \frac{3,658}{1,4474}$$

$$\mathbf{RAS_{\text{corr}} = 2,527}$$

ANEXO E: TABLA DE CONCENTRACIÓN DE C (C_{ax}) QUE SE ESPERA PERMANEZCA EN EL AGUA DEL SUELO CERCA DE LA SUPERFICIE DE RIEGO CON LA RELACIÓN HCO_3/Ca y CE_w

		Salinity of applied water (EC_w) (dS/m)											
		0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	6.0	8.0
Ratio of HCO_3/Ca	.05	13.20	13.61	13.92	14.40	14.79	15.26	15.91	16.43	17.28	17.97	19.07	19.94
	.10	8.31	8.57	8.77	9.07	9.31	9.62	10.02	10.35	10.89	11.32	12.01	12.56
	.15	6.34	6.54	6.69	6.92	7.11	7.34	7.65	7.90	8.31	8.64	9.17	9.58
	.20	5.24	5.40	5.52	5.71	5.87	6.06	6.31	6.52	6.86	7.13	7.57	7.91
	.25	4.51	4.65	4.76	4.92	5.06	5.22	5.44	5.62	5.91	6.15	6.52	6.82
	.30	4.00	4.12	4.21	4.36	4.48	4.62	4.82	4.98	5.24	5.44	5.77	6.04
	.35	3.61	3.72	3.80	3.94	4.04	4.17	4.35	4.49	4.72	4.91	5.21	5.45
	.40	3.30	3.40	3.48	3.60	3.70	3.82	3.98	4.11	4.32	4.49	4.77	4.98
	.45	3.05	3.14	3.22	3.33	3.42	3.53	3.68	3.80	4.00	4.15	4.41	4.61
	.50	2.84	2.93	3.00	3.10	3.19	3.29	3.43	3.54	3.72	3.87	4.11	4.30
	.75	2.17	2.24	2.29	2.37	2.43	2.51	2.62	2.70	2.84	2.95	3.14	3.28
	1.00	1.79	1.85	1.89	1.96	2.01	2.09	2.16	2.23	2.35	2.44	2.59	2.71
	1.25	1.54	1.59	1.63	1.68	1.73	1.78	1.86	1.92	2.02	2.10	2.23	2.33
	1.50	1.37	1.41	1.44	1.49	1.53	1.58	1.65	1.70	1.79	1.86	1.97	2.07
	1.75	1.23	1.27	1.30	1.35	1.38	1.43	1.49	1.54	1.62	1.68	1.78	1.86
	2.00	1.13	1.16	1.19	1.23	1.26	1.31	1.36	1.40	1.48	1.54	1.63	1.70
	2.25	1.04	1.08	1.10	1.14	1.17	1.21	1.26	1.30	1.37	1.42	1.51	1.58
	2.50	0.97	1.00	1.02	1.06	1.09	1.12	1.17	1.21	1.27	1.32	1.40	1.47
	3.00	0.85	0.89	0.91	0.94	0.96	1.00	1.04	1.07	1.13	1.17	1.24	1.30
	3.50	0.78	0.80	0.82	0.85	0.87	0.90	0.94	0.97	1.02	1.06	1.12	1.17
4.00	0.71	0.73	0.75	0.78	0.80	0.82	0.86	0.88	0.93	0.97	1.03	1.07	
4.50	0.66	0.68	0.69	0.72	0.74	0.76	0.79	0.82	0.86	0.90	0.95	0.99	
5.00	0.61	0.63	0.65	0.67	0.69	0.71	0.74	0.76	0.80	0.83	0.88	0.93	
7.00	0.49	0.50	0.52	0.53	0.55	0.57	0.59	0.61	0.64	0.67	0.71	0.74	
10.00	0.39	0.40	0.41	0.42	0.43	0.45	0.47	0.48	0.51	0.53	0.56	0.58	
20.00	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.29	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	
30.00	0.18	0.19	0.20	0.20	0.21	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25	0.27	0.28	

Fuente: (Ayers & Westcot, 1985, pp. 60–61).



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 11 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Magaly Isabel Becerra Torres / Ericka Mishelle Guato Tite
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Química
Título a optar: Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1956-DBRAG-UTP-2023

