

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



TESIS DE GRADO

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ECOLIMO EN DOS FUENTES DE AGUA
PARA SU USO EN RIEGO, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA**

Presentado por:

YOSELIN MISHEL CORONADO TORREZ

La Paz – Bolivia

2024

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ECOLIMO EN DOS FUENTES DE AGUA
PARA SU USO EN RIEGO, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA.**

*Tesis de Grado, presentado como requisito
parcial para obtener el título de: Licenciatura
en Ingeniería Agronómica*

YOSELIN MISHEL CORONADO TORREZ

ASESORES:

Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas

Ing. M.Sc. Isidro Callizaya Mamani

Ing. M.Sc. Humberto Ortuño Rojas

TRIBUNAL EXAMINADOR:

Ing. Ph.D. René Chipana Rivera

Ing. M.Sc. Fanny Bertha Arragan Tancara

Ing. M.Sc. Rolando Céspedes Paredes

APROBADA

Presidente tribunal Examinador: _____

La Paz – Bolivia

2024

DEDICATORIA.

A mis padres Maribel Torrez y Miguel Coronado por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, a mis hermanos Mariel, Maricel, Mijael, a mi adorada sobrina Britany y a mi novio Edson, por apoyarme y acompañarme en esta etapa tan linda e importante de mi vida gracias.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer siempre a Dios por ser mi guía constante y por cuidarme a lo largo de todos los días de mi vida

Quiero extender mi gratitud a mi familia por su inquebrantable comprensión y apoyo. Sin ellos, este camino habría sido mucho más desafiante.

Agradezco de manera especial a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés que durante estos años, se ha convertido en mi segunda casa y ha sido fundamental en mi desarrollo académico y personal.

Al Centro Experimental Cota Cota, por confiar en mí para la realización de esta investigación.

A mis asesores, Ing. M.Sc. Humberto Ortuño Rojas, Ing. Ph.D. Roberto Miranda Casas e Ing. M.Sc. Isidro Callizaya Mamani, merecen mi más profundo agradecimiento por brindarme su valioso tiempo y conocimientos, los cuales fueron esenciales para llevar a cabo esta investigación.

Agradezco a los miembros del tribunal examinador: el Ingeniero Ph.D. René Chipana Rivera, la Ingeniera M.Sc. Fanny Bertha Arragan Tancara y el Ingeniero M.Sc. Rolando Céspedes Paredes. Su paciencia, dedicación y conocimientos fueron fundamentales para la corrección de este trabajo de investigación.

Gracias a Ing. Rubén Tallacagua director de la carrera de Ingeniería Agronómica, por siempre estar pre dispuesto a brindar el apoyo necesario a los estudiantes de la facultad,

Por último, deseo expresar mi agradecimiento a todos los ingenieros y licenciados con los que tuve el privilegio de trabajar durante mis prácticas pre profesional. Su confianza en mí y su generosidad al compartir sus conocimientos fueron fundamentales en mi formación. Agradezco por ser ejemplos de la clase de profesional en la que aspiro convertirme en el futuro.

CONTENIDO

CONTENIDO	v
INDICE GENERAL	vi
INDICE DE TABLAS	x
INDICE DE FIGURAS.....	xii
INDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN	xv
SUMMARY	xvi

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	3
1.1.1. Objetivo general	3
1.1.2. Objetivos específicos	3
2. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	4
2.1. Calidad de agua.....	4
2.1.1. Calidad de agua para riego	4
2.2. Dureza del agua	5
2.3. Salinidad del agua.....	6
2.4. Conductividad eléctrica	7
2.5. Potencial de Hidrogeno (pH)	7
2.6. Relación de Absorción de Sodio (RAS)	8
2.7. Agua residual	10
2.7.1. Clasificación de las aguas residuales.....	10
2.7.2. Agua residual para riego	11
2.7.3. Beneficios y Riesgos en el uso de las aguas residuales	12
2.8. Características del agua residual.....	13
2.8.1. Características físicas	13
2.8.1.1. Solidos totales.....	13
2.8.1.2. Temperatura.....	13
2.8.2. Características químicas	13
2.8.2.1. Materia orgánica	13
2.8.2.2. Agentes tenso activos	14
2.8.2.3. Ácidos	14
2.8.2.4. Hierro	14
2.8.2.5. Calcio.....	15
2.8.2.6. Sodio.....	15

2.8.3.	Alcalinidad.....	16
2.8.4.	Dureza	16
2.8.5.	Características microbiológicas.....	16
2.8.6.	Bacterias	17
2.8.6.1.	Coliformes fecales.....	17
2.8.6.2.	Escherichia coli	17
2.8.7.	Salmonella	18
2.8.8.	Protozoos.....	18
2.9.	Ecolimo	18
2.9.1.	Limonita	18
2.9.2.	Óxidos de hierro.....	18
2.9.3.	Características del producto Ecolimo	19
2.10.	Normas de calidad de agua.....	20
2.10.1.	Norma Boliviana 512 (NB 512).....	20
2.10.2.	Reglamentos a la ley de medio ambiente.....	21
2.11.	Índice General de Calidad de Agua (ICA).....	23
2.12.	Sistemas de tratamientos usados para eliminación de contaminantes	24
2.13.	Etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales	25
2.13.1.	Pre tratamiento.....	25
2.13.2.	Tratamiento primario.	26
2.13.2.1.	Coagulación.....	26
2.13.2.1.1.	Etapas de coagulación	26
2.13.2.1.2.	Factores que afectan la coagulación de la turbidez	26
2.13.2.2.	Floculación.....	27
2.13.2.2.1.	Etapas de floculación	27
2.13.3.	Tratamiento secundario.....	28
2.13.4.	Tratamiento terciario.	28
2.14.	Recolección de muestras	28
2.14.1.	Equipos y materiales especiales	29
2.14.2.	Selección del punto de muestreo	29

3. MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1. Localización.....	31
3.2. Características ecológicas.....	32
3.2.1. Clima.....	32
3.2.2. Temperatura	32
3.2.3. Suelos.....	32
3.2.4. Geología	32
3.2.5. Flora y fauna	33
3.3. Materiales.....	33
3.3.1. Materiales de laboratorio.....	33
3.3.2. Materiales de campo.....	34
3.3.3. Material de gabinete.....	34
3.4. Metodología.....	34
3.4.1. Muestreo de agua	35
3.4.2. Primera fase de la investigación.....	35
3.4.2.1. Factores de estudio.....	35
3.4.2.2. Procedimiento de la primera fase	36
3.4.3. Segunda fase de la investigación.....	37
3.4.4. Tercera fase de la investigación.....	38
3.4.5. Variables de respuesta	38
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	42
4.4. Análisis físico - químicos	42
4.5. Análisis físico químicos de los tratamientos de agua del rio Jillusaya y de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente.	42
4.5.2. Potencial de Hidrogeno (pH).....	42
4.5.3. Conductividad Eléctrica.....	45
4.5.4. Solidos Totales Disueltos (STD).....	47
4.5.5. Hierro (Fe).....	49
4.5.6. Carbonatos	50

4.5.7.	Sulfatos	50
4.5.8.	Calcio (Ca)	51
4.5.9.	Magnesio (Mg)	53
4.5.10.	Potasio (K)	54
4.5.11.	Sodio (Na).....	56
4.5.12.	Dureza Total (CaCO ₃)	57
4.5.13.	Turbidez	59
4.5.14.	Relación de Absorción de Sodio (RAS).....	59
4.6.	Análisis bacteriológicos de los tratamientos de agua del rio Jillusaya y de la Fuente de almacenamiento de agua de vertiente.	61
4.6.2.	Coliformes Totales	61
4.6.3.	Coliformes fecales.....	62
4.7.	Categorización las dos fuentes de agua post aplicación de Ecolimo según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 - Clasificación de cuerpos de agua según su aptitud de uso.....	62
4.8.	Categorización las dos fuentes de agua post aplicación de Ecolimo según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego.....	65
5.	CONCLUSIONES.	71
6.	RECOMENDACIONES	73
7.	BIBLIOGRAFÍA	74

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Clasificación de las aguas en función de su dureza (grados hidrométricos franceses, °F).	6
Tabla N° 2. Calidad del agua para riego según su conductividad eléctrica (CE).	7
Tabla N° 3. Peligro de salinidad en términos de conductividad eléctrica (Según USDA).....	9
Tabla N° 4. Beneficios y riesgos del uso de aguas residuales para riego.	12
Tabla N° 5. Composiciones orgánicas e inorgánicas del Ecolimo.	19
Tabla N° 6. Parámetros de control mínimo de la (NB 512).....	21
Tabla N° 7. Parámetros de control mínimo de acuerdo al D.S. 24176.	22
Tabla N° 8. Sistemas para la eliminación de contaminantes en aguas residuales.	25
Tabla N° 9. Selección de punto de muestreo.	30
Tabla N° 10. Descripción de los tratamientos de la primera fase.	36
Tabla N° 11. Descripción de los tratamientos de la segunda fase.	38
Tabla N° 12. Descripción de tratamientos evaluados.....	42
Tabla N° 13. Carbonatos en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	50
Tabla N° 14. Carbonatos en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	50
Tabla N° 15. Coliformes totales NMP/100 ml, en muestras de agua del río Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo	61
Tabla N° 16. Coliformes totales NMP/100 ml, en muestras de agua la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo.....	62

Tabla N° 17.	Coliformes fecales NMP/100 ml, en muestras de agua del rio Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo.	62
Tabla N° 18.	Coliformes fecales NMP/100 ml en muestras de agua la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo.....	62
Tabla N° 19.	Categorización según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 “rio Jillusaya”.	63
Tabla N° 20.	Categorización según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 “Fuente de almacenamiento de agua de vertiente”	64
Tabla N° 21.	Categorización según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego “Rio Jillusaya”.	66
Tabla N° 22.	Categorización según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego “Fuente de almacenamiento de agua de vertiente”	67

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de Coagulación y Floculación	27
Figura 2. Localización geográfica del experimento	31
Figura 3. pH del río Jillusaya medidos el día en la que se tomó la muestra de agua (día 1) y tomados después de 7 días de ser tratado con Ecolimo (día 7)	43
Figura 4. pH de la fuente, día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.	44
Figura 5. Conductividad eléctrica del río Jillusaya en ($\mu\text{S}/\text{cm}$), día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.....	45
Figura 6. Conductividad eléctrica de la fuente en ($\mu\text{S}/\text{cm}$), día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.....	46
Figura 7. Sólidos totales disueltos (STD) en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya el día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo	47
Figura 8. Sólidos totales disueltos (STD) en mg/l en muestras de agua de la fuente el día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.....	48
Figura 9. Hierro en mg/l de muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.....	49
Figura 10. Hierro en mg/l de muestras de agua de la fuente después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.....	49
Figura 11. Sulfatos en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.....	51
Figura 12. Sulfatos en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.....	51
Figura 13. Datos de calcio en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	52

Figura 14. Datos de calcio en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	53
Figura 15. Datos de magnesio en mg/l en muestras de agua del rio Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	53
Figura 17. Datos de potasio en mg/l en muestras de agua del rio Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.	55
Figura 18. Datos de potasio en mg/l en muestras de agua del a fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	55
Figura 19. Datos de sodio en mg/l en muestras de agua del rio Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.	56
Figura 20. Datos de sodio en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo	57
Figura 21. Datos de dureza total en mg $CaCO_3/l$ en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.	58
Figura 22. Datos dureza total en mg $CaCO_3/l$, en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.	58
Figura 23. Datos del RAS en meq/l de tratamientos con muestras de agua del rio Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo	60
Figura 24. Datos del RAS en meq/l de tratamientos con muestras de agua de la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo.....	61

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Fotografia del trabajo de investigacion.	80
ANEXO 2. Analisis de laboratorio.	91

RESUMEN

En Bolivia, la agricultura utiliza extensas áreas regadas con aguas residuales, lo que plantea riesgos para la salud pública debido a la calidad deficiente del agua. La mayoría de estas aguas no se somete a tratamiento, y las plantas de tratamiento existentes a menudo no funcionan adecuadamente. La desinfección y purificación del agua son costosas y requieren inversión y experiencia en ingeniería.

El uso de fuentes alternativas como el agua de lluvia y el agua residual tratada se presenta como una solución prometedora para la gestión de recursos hídricos y la seguridad del agua. Sin embargo, estas aguas alternativas también presentan contaminantes microbiológicos y químicos, lo que requiere un tratamiento adicional.

En este contexto, se planteó la evaluación de los efectos de la aplicación de Ecolimo en dos fuentes de agua utilizadas para riego, en el Centro Experimental Cota Cota. Se buscó determinar la calidad del agua antes y después del tratamiento, encontrar la dosis óptima de Ecolimo y cumplir con las normativas de calidad del agua.

Los resultados muestran mejoras en los indicadores microbiológicos en los tratamientos con Ecolimo, en el caso de los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya, se tuvo una reducción de organismos bacteriológicos como ser coliformes fecales reduciéndolos de 1600 hasta 13 NMP/100 ml y coliformes totales de 1600 a 130 NMP/100 ml con el tratamiento T3R, en el caso de los los tratamientos con muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, se tuvo resultados favorables con el tratamiento T1F, en la disminución de coliformes fecales reduciendo estos de 30 NMP/100 ml a <2 NMP/100 ml, y coliformes totales reduciéndolos igualmente de 30 NMP/100 ml a <2 NMP/100 ml. Además, se observa una reducción en la turbidez del agua debido a la acción del Ecolimo.

En resumen, el Ecolimo se presenta como una alternativa para la desinfección bacteriológica y la mejora de la calidad del agua para riego en Bolivia, lo que puede ser clave para abordar los desafíos en la gestión de recursos hídricos y la seguridad del agua en la agricultura.

SUMMARY

In Bolivia, agriculture uses extensive areas irrigated with wastewater, posing public health risks due to poor water quality. Most of this water is not treated, and existing treatment plants often do not function adequately. Water disinfection and purification are expensive and require investment and engineering expertise.

The use of alternative sources such as rainwater and treated wastewater is presented as a promising solution for water resource management and water security. However, these alternative waters also present microbiological and chemical contaminants, requiring additional treatment.

In this context, the evaluation of the effects of the application of Ecolimo in two water sources used for irrigation, at the Cota Experimental Center, was proposed. The aim was to determine the quality of the water before and after treatment, find the optimal dose of Ecolimo and comply with water quality regulations.

The results show improvements in the microbiological indicators in the treatments with Ecolimo, in the case of the treatments with water samples from the Jillusaya River, there was a reduction of bacteriological organisms such as fecal coliforms, reducing them from 1600 to 13 NMP/100 ml and total coliforms. from 1600 to 130 NMP/100 ml with the T3R treatment, in the case of the treatments with water samples from the spring water storage source, there were favorable results with the T1F treatment, in the reduction of fecal coliforms by reducing these from 30 NMP/100 ml to <2 NMP/100 ml, and total coliforms, also reducing them from 30 NMP/100 ml to <2 NMP/100 ml. In addition, a reduction in water turbidity is observed due to the action of Ecolimo.

In summary, Ecolimo is presented as an alternative for bacteriological disinfection and improving the quality of water for irrigation in Bolivia, which can be key to addressing the challenges in water resource management and water security in agriculture.

1. INTRODUCCIÓN

Bolivia tiene una superficie aproximada de 7.012 hectáreas regadas con aguas residuales, con respecto a esto, la mayor preocupación inherente obedece al riesgo de salud pública, particularmente en lo que respecta al consumo de hortalizas producidas con estas aguas. En la mayoría de los casos, el agua residual utilizada para riego, no es sometida a ningún proceso de tratamiento, y en una menor proporción el agua proviene de una planta de tratamiento que no opera de manera efectiva (MMAyA, 2018). En ambos escenarios, la calidad del agua, tanto en términos de su contenido bacteriológico como de sus propiedades fisicoquímicas, es deficiente, lo que aumenta considerablemente los riesgos para la salud de la población expuesta a esta problemática.

Por otro lado, los procesos de desinfección, descontaminación y desalinización del agua, pueden mitigar algunos de estos problemas, sin embargo, los métodos de tratamiento son generalmente químicos y energéticamente intensivos, lo que implica la necesidad de realizar inversiones considerables y contar con expertos en ingeniería. En contraste, la utilización de fuentes de agua alternativas, como el agua de lluvia y el agua residual tratada, representa una de las opciones más prometedoras en la gestión integral de recursos hídricos y las principales preocupaciones relacionadas sobre la seguridad del agua, sin embargo, la explotación de estas aguas como ya se mencionó se encuentra afectada con contaminantes microbiológicos y químicos que se presentan en mayor proporción en las aguas residuales. Bajo este contexto, es de suma urgencia el desarrollo de nuevas tecnologías de tratamiento de agua, con el propósito de cumplir con los estándares de calidad del agua para su reutilización y garantizar la preservación del medio ambiente.

El aprovechamiento de las aguas residuales con fines de riego en agricultura supone poner especial atención a la calidad del agua, desde el punto de vista agronómico como microbiológico. Por lo antes mencionado, el elemento esencial en el manejo del agua consistirá en la evaluación previa de su calidad y en una verificación a través de muestras de agua. Esto permitirá analizar los parámetros

fisicoquímicos y microbiológicos que establezca la normativa vigente en caso que exista, o de lo contrario siguiendo las directrices, que establece la OMS (Organización Mundial de la Salud) para el reúso del agua, el hecho es que muchas de las aguas residuales no cumplen con la calidad de reúso para agricultura, por lo que en la mayoría de los casos, el agua que llega a los sistemas de riego agrícola requiere de un tratamiento complementario, a fin de mejorar su calidad y hacerla apta para su aprovechamiento.

El Ecolimo ($\text{Fe O}(\text{OH})_n \text{H}_2 \text{O}$) es un mineral de hierro que se encuentra en la naturaleza y por sus propiedades representa una alternativa para ser utilizada en la purificación y tratamiento de aguas residuales para uso agrícola; ya que muestra haber sido empleada en diversas aplicaciones como aditivo en la alimentación del ganado vacuno, porcino y la piscicultura, así como, desodorante, intercambiador de suelo y purificador de agua. Este producto asegura contener minerales ricos como calcio y manganeso; otra de las cualidades del Ecolimo es su capacidad de absorber el mal olor del suelo y las aguas residuales, y es ampliamente utilizado en plantas de tratamiento de aguas, fábricas e instalaciones de cría de ganado en todo Japón. En este contexto el presente trabajo de investigación tuvo por objetivo evaluar cuáles serán los efectos de la aplicación de Ecolimo en dos diferentes fuentes de agua para su uso en riego en el Centro Experimental Cota Cota, con el fin de comprobar si el Ecolimo es una alternativa viable y efectiva al momento de utilizarla como una opción para el tratamiento y purificación de aguas residuales.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la aplicación de Ecolimo en dos fuentes de agua, para su uso en riego, en el Centro Experimental de Cota Cota.

1.1.2. Objetivos específicos

- Determinar la calidad fisicoquímica y microbiológica de dos fuentes de agua previa aplicación de Ecolimo.
- Determinar la dosis óptima de Ecolimo para el tratamiento de agua para riego.
- Categorizar las dos fuentes de agua post aplicación de Ecolimo según la normativa vigente.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA.

2.1. Calidad de agua.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua al conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversas normativas, que aseguran la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales (Romero, 2005).

La calidad del agua puede definirse como la composición físico-químico-biológica que la caracteriza y que determina su utilidad, sea para uso doméstico, agrícola e industrial. Un examen de la calidad de agua determina la presencia de organismos y compuestos químicos, orgánicos (Metcalf, 1995) mencionado por (Palacios & Aceves, 2000).

Por lo tanto, el término “calidad” debe considerarse en relación con el empleo o el ámbito de uso que se le dé al agua (FAO, 1987).

2.1.1. Calidad de agua para riego

Según Siles (2019), la calidad del agua para riego se refiere a la composición y las características físicas, químicas y biológicas del agua que se utiliza para regar cultivos. Esta calidad se evalúa considerando varios parámetros, como el contenido de sales, la presencia de elementos tóxicos, la concentración de sólidos disueltos, el pH, la cantidad de materia orgánica, la presencia de microorganismos patógenos, entre otros. La calidad adecuada del agua de riego es crucial para evitar daños a los cultivos y para mantener la salud del suelo a largo plazo.

Los parámetros y las propiedades físicas y químicas que determinan la calidad del agua para riego son: Dureza del agua, salinidad del agua, pH, alcalinidad del agua y la relación entre sodio, calcio y magnesio.

Algunos parámetros agronómicos importantes a considerar en la calidad del agua de riego son: Conductividad Eléctrica (CE), cationes: Sodio (Na), Calcio (Ca),

Magnesio (Mg) y Potasio (K); aniones: Carbonato (CO_3^{2-}), Bicarbonatos (HCO_3^-), Cloruro (Cl^-), Sulfato (SO_4^{2-}) y Nitrato (NO_3^-), entre otros. Solamente cuando se sospeche que la calidad del agua tiene algún problema relacionado con la presencia de metales pesados, se deberá solicitar la determinación de alguno(s) en específico, con base en el listado de la normatividad vigente o tomando como referencia los más importantes por sus efectos sobre la salud humana, tales como: Arsénico, Cadmio, Cianuros, Cobre, Cromo, Mercurio, Níquel, Plomo y Zinc. Para el análisis, deberán considerarse los límites establecidos dentro de la misma normatividad o las referencias internacionales (MMAyA, 2018).

Los parámetros bacteriológicos importantes a considerar en la calidad del agua de riego para cultivos agrícolas son: Coliformes Fecales C.F. (media geométrica/100 ml) y Huevos de Helmintos H.H./l, que son indicadores internacionales utilizados para establecer la contaminación del agua por bacterias y parásitos causantes de enfermedades de tipo gastrointestinal en humanos. La determinación de su presencia o ausencia en el agua de riego es importante, porque éstos afectarán la calidad sanitaria de los productos regados e incrementarán el riesgo de contraer enfermedades en los consumidores de estos productos (MMAyA, 2018).

2.2. Dureza del agua

De acuerdo con (Ayers & Westcot, 1987), la dureza del agua es básicamente la suma de las concentraciones de calcio y magnesio del agua, expresadas en ppm (partes por millón) de CaCO_3 . El calcio y el magnesio son ambos nutrientes esenciales para las plantas y una adecuada concentración de ambos elementos del agua son un beneficio. Sin embargo, cuando la dureza del agua es demasiado elevada, en el sistema de riego podrían producirse precipitaciones de sales, de calcio y de magnesio. (Una dureza del agua demasiado baja podría causar corrosión en el sistema de riego).

La dureza del agua puede calcularse bajo las siguientes expresiones:

$$\text{Dureza} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de Ca CO}_3 \right) = \left[\text{Ca} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}} \right) + \text{Mg} \left(\frac{\text{mmol}}{\text{l}} \right) \right] * 50$$

Dónde:

Ca (mmol +/l) = Concentración de Calcio.

Mg (mmol +/l) = Concentración de Magnesio.

Opcionalmente, se calcula la dureza según:

$$\text{Dureza} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ de Ca CO}_3 \right) = 2,495 * \text{Ca} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right) + 4.118 * \text{Mg} \left(\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right)$$

Dónde:

Ca (mg/l) = Concentración de Calcio.

Mg (mg/l) = Concentración de Magnesio.

Por lo que su clasificación vendría dada por la siguiente tabla 1:

Tabla N° 1. Clasificación de las aguas en función de su dureza (grados hidrométricos franceses, °F).

Dureza en °F	Clasificación
<7	Muy dulce
7 – 14	Dulce
14 – 22	Medianamente dulce
22 – 32	Medianamente dura
32 – 54	Dura
> 54	Muy Dura

Fuente: (Ayers & Westcot, 1987).

2.3. Salinidad del agua

La salinidad es uno de los parámetros del agua con los que los productores tienen mayor familiaridad e interpretan como la calidad del agua para riego. Un nivel de salinidad demasiado elevado reduce la capacidad de la planta de absorber el agua. Esto podría implicar disminución del rendimiento, marchitamiento, hojas quemadas

y otros síntomas. La salinidad del agua se mide como TDS (Sales Disueltas Totales) o como conductividad eléctrica (CE). Ambos se refieren a la concentración total de sales disueltas en el agua (Quino, 2006).

2.4. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se define como la facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través del agua, la conductividad eléctrica nos da una idea del contenido total de sales en el agua, cuanto más elevada sea la conductividad eléctrica mayor será el contenido en sales. Las unidades de medida más frecuentes están en micro siemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Aguas de menos de $1200 \mu\text{S}/\text{cm}$ no suelen plantear ningún problema, por el contrario, aguas con una conductividad por encima de $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ no son aconsejables para el riego.

La conductividad eléctrica refleja la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, varía en función de la temperatura y está directamente relacionada con la concentración de sales disueltas en el agua; por lo tanto, la conductividad eléctrica está relacionada con los Sólidos Disueltos Totales, (TDS) (Helmer & Inaldo, 1999).

Los valores de la Conductividad eléctrica (CE) se muestran en la tabla 2.

Tabla N° 2. Calidad del agua para riego según su conductividad eléctrica (CE).

Conductividad Eléctrica (dS/m)	Calidad del agua	Peligro de salinidad
0 – 1	Excelente a buena	Bajo a medio
1 – 3	Buena a marginal	Alto
> 3	Marginal a inaceptable	Muy alto

Fuente: (Vega, 2005).

2.5. Potencial de Hidrogeno (pH)

El pH se mide en una escala de 0 a 14, siendo los valores menores a 7 considerados como ácidos y los valores mayores a 7 considerados como básicos, tomando el valor de 7 como neutro. Cabe mencionar que el pH del agua junto con la alcalinidad, afecta a la disponibilidad y solubilidad de nutrientes y a otras características del agua de riego. Según Olivieri (2020), el pH del agua influye en la solubilidad de las

sales minerales, los minerales no disueltos no están disponibles para las plantas, dado que las plantas pueden absorber los minerales sólo por una solución acuosa, en forma de iones, directamente a través del agua o a través de la solución del suelo. La mayoría de los nutrientes están disponibles con un intervalo de pH comprendido entre 5,5 y 6,5.

Por otro lado, la norma boliviana 512 para la calidad de agua para consumo humano, establece como límite permisible un rango de pH de 6.5 a 9. Y la norma chilena 1333 establece un rango de pH para agua para riego de 6 a 9.

Debido a su volumen infinito es muy difícil influir en el pH del suelo controlando el pH del agua para riego. Por tanto, la regulación del pH del agua es importante en los siguientes casos:

- Para evitar el atasco de los emisores (por ejemplo, en el riego por goteo) debido a las precipitaciones minerales. Por ejemplo, carbonato de calcio.
- En la hidroponía y en los terrenos sin suelo, donde el pH del agua para riego influye directamente en la disponibilidad de los nutrientes.

2.6. Relación de Absorción de Sodio (RAS)

Fuentes (1998) citado por Quino (2019), indica, que la relación de absorción de sodio valora la proporción relativa de sodio con respecto al calcio y magnesio, si la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y, al contrario, si predomina el calcio y el magnesio, el peligro es menor.

Sadzawka (2006), señala que la relación adsorción de sodio (RAS) se calcula como la razón entre sodio y la raíz cuadrada de la semisuma de calcio y magnesio, en conjunto con la Conductividad eléctrica (CE), se usa como un índice para determinar el peligro potencial de sodio en el agua de riego.

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

Dónde:

RAS = Relación absorción sodio. meq/l

Ca = Concentración, en meq/l de Calcio disuelto.

Mg = Concentración en meq/l de Magnesio disuelto.

Na = Concentración en meq/l de Calcio disuelto.

Tabla N° 3. Peligro de salinidad en términos de conductividad eléctrica (Según USDA)

Categorías de clasificación	Rango de variación RAS	Observaciones a considerar
Agua baja en sodio S1	0 – 10	Puede usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio
Agua media en sodio S2	10 - 18	En suelos de textura pesada (fina) el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio catiónico, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura liviana (gruesa) o en suelos orgánicos de buena permeabilidad
Agua alta en sodio S3	18 – 26	Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitaran practicas especiales de manejo buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando se riegan con este tipo de aguas. Puede requerirse de mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan aguas de muy alta salinidad
Agua muy alta en sodio S4	26 – 30	Es inadecuado para riego cuando su salinidad es baja o media cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores no hace antieconómico de esta clase de aguas

Fuente: Siles (2019)

2.7. Agua residual

El agua residual, es aquella que ha sufrido una alteración en sus características físicas, químicas o biológicas por la introducción de contaminantes como residuos sólidos, biológicos, químicos, municipales, industriales, agrícolas etc., afectando así los ecosistemas acuáticos y su entorno (Novotony & Sánchez, 2003) citados por (Gomes, Garcia, & Roldan, 2008). Las aguas residuales provienen del sistema de abastecimiento de una población, por esta razón son líquidas de composición variada que pueden clasificarse según su origen en aguas residuales domésticas, industriales, siendo las más relacionadas con la contaminación del agua.

El concepto “aguas residuales” se refiere a aguas de desecho, cuya composición es variada dependiendo de su origen, y clasificándose también en función de esto en: aguas residuales domésticas, municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarias, y en general, de cualquier otro uso, así como las mezclas de ellas y que son colectadas en la red de alcantarillado, llegando en el mejor de los casos a plantas de tratamiento donde se mejora su calidad con fines de reúso o en el peor escenario son desechadas en cuerpos de agua, convirtiéndose en un problema medio ambiental, que acarrea serias consecuencias ecológicas y sociales (MMAyA, 2018).

Las Aguas residuales son aquellas aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos público urbano, doméstico, industrial, comercial, de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general, de cualquier uso, así como la mezcla de ellas. (Banderas, 2022).

2.7.1. Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales se pueden clasificar en tres: aguas residuales domésticas, que son las procedentes de zonas de vivienda y servicio, aguas residuales industriales que son las aguas vertidas desde locales utilizadas para efectuar cualquier actividad comercial o industrial y las aguas residuales urbanas que son la mezcla de las aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales y /o agua de escorrentía pluvial.

2.7.2. Agua residual para riego

El vertido de aguas residuales en suelos agrícolas es de larga data. La historia del reúso de aguas residuales en zonas agrícolas se remonta hasta hace más de 2000 años en Grecia. Sin embargo, su práctica se ha generalizado con mayor énfasis durante la segunda mitad del siglo XIX en países como Alemania, Australia, Estados Unidos, Francia, India, Inglaterra, México, Polonia, Sudáfrica, Arabia Saudita, Argentina, Israel, China, Chile, Kuwait, Sudán, Túnez y algunos países de América Latina (Silva, Torres, & Madera, 2008).

Actualmente, el reúso de aguas residuales en la agricultura a pequeña escala ha cobrado importancia en la mayoría de los países en vías de desarrollo o en desarrollo, debido a que constituyen un recurso que permite preservar la actividad agrícola o pecuaria de pequeños productores rurales periurbanos, para con un recurso que para la mayoría no representa ningún costo y que, por su origen, su disponibilidad no depende de la estación del año. Asimismo, ya que su aprovechamiento se hace en la mayoría de los casos sin planeación ni manejo adecuado, se reconoce que tal práctica representa también un importante riesgo de salud pública (MMAyA, 2018).

En Bolivia el uso informal de las aguas residuales sin tratamiento para el riego agrícola corresponde a una superficie aproximada de 8.104 hectáreas de tierra de cultivo regadas con aguas residuales de las cuales el 86% se encuentran en los departamentos de La Paz y Cochabamba estando en su mayoría en zonas periurbanas de áreas metropolitanas, donde se siembran cultivos forrajeros, frutales y hortalizas (como lechuga, zanahoria y cebolla entre otras). La mayor preocupación inherente a este riego obedece al riesgo de salud pública que representa el consumo de hortalizas producidas con estas aguas, ya que, en la mayoría de los casos, el agua residual aprovechada en el riego, no recibe ningún tratamiento, y en una menor proporción el agua proviene de una planta de tratamiento que no funciona adecuadamente (MMAyA, 2018). En cualquiera de los casos anteriores, la calidad bacteriológica y fisicoquímica del agua es mala, lo que incrementa los riesgos a la salud de la población expuesta.

2.7.3. Beneficios y Riesgos en el uso de las aguas residuales

El reusó de las aguas residuales representa por un lado un gran potencial de aprovechamiento hídrico y de nutrientes para los cultivos, pero en otro, implica un riesgo innegable a la salud pública entre la población expuesta, en reconocimiento a la dualidad conferida al reusó de las aguas residuales se presenta el siguiente cuadro que detalla a cabalidad los beneficios y riesgos que existen al utilizar aguas residuales para el riego de cultivos. (MMAyA, 2018).

Las características sobre los beneficios y los riesgos del uso de aguas residuales son mostradas en la tabla 4.

Tabla N° 4. Beneficios y riesgos del uso de aguas residuales para riego.

Beneficios	Riesgos
Las aguas residuales son un recurso hídrico que permite el desarrollo de la agricultura de riego aun en zonas áridas o semiáridas ya que por su ubicación poseen déficit de agua.	Las aguas residuales al ser un producto de desecho, contienen agentes patógenos y otros contaminantes. Por lo que esta agua al no ser tratada adecuadamente puede producir problemas al medio ambiente y a la salud.
Las aguas residuales contienen nutrientes en forma disponible para las plantas, por lo que se reducen los costos de producción al no requerir o disminuir considerablemente la aplicación de fertilizantes químicos.	Cuando las aguas residuales son vertidas a cuerpos de agua superficiales pueden provocar contaminación y eutrofización de cuerpos de agua cercanos.
Existen evidencias que muestran que los nutrientes que contienen las aguas residuales mejoran la fertilidad de los suelos. Esto se traduce en mejores rendimientos de los cultivos producidos.	Cuando las aguas residuales son utilizadas para el riego agrícola existe el riesgo de cosechar productos con mala calidad sanitaria que incrementa los riesgos de salud de los consumidores.
Las aguas residuales se pueden utilizar para aumentar los volúmenes disponibles para riego en zonas agrícolas que posean déficit para suplir la demanda de los usuarios.	La mezcla de aguas superficiales con aguas residuales podría llevar contaminantes a zonas donde antes no existía, limitando la siembra a ciertos cultivos que no impliquen riesgos a la salud.
Las aguas residuales permiten el desarrollo de pequeñas zonas agrícolas de riego, generando empleo y producción de alimentos.	Si las aguas residuales se aplican sin considerar prácticas de manejo de suelo y agua, se pueden producir un incremento de los niveles freáticos y salinización de los suelos afectando su productividad.

Fuente: MMAyA, (2018).

2.8. Características del agua residual

2.8.1. Características físicas

Según (Palacios & Aceves, 2000) citado por, (Laura, 2005), las principales características físicas del agua llegan agruparse en: sólidos totales, temperatura.

2.8.1.1. Sólidos totales

Analíticamente se define el contenido de sólidos totales como la materia que se obtiene como residuo después de someter el agua a un proceso de evaporación entre 103 y 105 °C. No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor (Laura, 2005).

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica en el transcurso de un periodo de 60 minutos (Metcalf, 1995).

2.8.1.2. Temperatura

Es un parámetro muy importante dada su influencia tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como sobre la aptitud del agua para ciertos usos útiles (Laura, 2005).

2.8.2. Características químicas

Según (Guillermo y Suenas, 1995), el agua no debe tener impurezas concentradas en cantidades peligrosas, ni ser excesivamente corrosiva, ni tener residuos de sustancias que se emplearon en su tratamiento, además hace mención que las características más importantes son los que se detallan más adelante.

2.8.2.1. Materia orgánica

Son sólidos que provienen del reino animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. Los compuestos orgánicos están formados normalmente por combinaciones de carbono, hidrogeno y oxígeno, en algunos casos con la presencia de nitrógeno, también pueden estar

presentes otros elementos como ser; azufre, fósforo o hierro según (Glyn & Hínque, 2000).

2.8.2.2. Agentes tenso activos

Los agentes tenso activos están formados por moléculas de gran tamaño, ligeramente solubles en agua, y que son responsables de la aparición de espumas en la superficie de los cuerpos receptores, de los vertidos de agua residual (Laura, 2005).

2.8.2.3. Ácidos

La acidez de agua es una medida de la cantidad total de sustancias ácidas (H⁺) presentes. Se expresa como partes por miligramo por litro de carbonato de calcio equivalente ($CaCO_3$).

La acidez mineral o acidez fuerte se da cuando el pH es menor de 4.3 produciendo malos olores y sabores. La acidez débil se encuentra cuando el pH del agua está entre 4.3 y 8.3. Este tipo de acidez no tiene ningún efecto en la salud, pero trae problemas de corrosión en las tuberías. La acidez desaparece en el agua cuando el pH es mayor de 8.3. (Castro & Mollocondo, 2015).

La acidez del agua se puede definir como su capacidad para neutralizar el radical oxidrilo. La acidez de las aguas naturales es generalmente debida a la presencia de anhídrido carbónico el cual tiende a combinarse con el agua dando origen al anión hidrogenión (Rodríguez & Marin, 2001).

2.8.2.4. Hierro

El hierro puede ser un problema complejo de calidad del agua que no sólo afecta al crecimiento de las plantas, sino que también puede obstruir el equipo de riego. Para los sistemas de micro riego, los niveles de hierro deben estar por debajo de 0,3 mg/l para evitar atascos, los niveles superiores a 1,0 mg/l pueden provocar manchas foliares en los sistemas de riego por aspersión. Por otro lado, los niveles de hierro muy elevado, superior a 5,0 mg/l, pueden causar manchas graves y toxicidad en las plantas de especies sensibles, los problemas de toxicidad por hierro son más probables cuando el medio de cultivo es ácido (por

debajo de pH 6,0). La deficiencia de hierro inducida también puede ocurrir en especies sensibles si el pH es superior a 7,0 a 7,5.

El tratamiento del hierro se consigue más fácilmente utilizando un estanque de decantación para airear y sedimentar el hierro antes de utilizar el agua para el riego, también se pueden utilizar varias formas de filtros oxidantes para oxidar y filtrar el hierro, pero pueden ser costosos para grandes volúmenes de agua de riego, en los casos en los que el hierro obstruye los sistemas de riego por goteo, se puede utilizar un tratamiento de acidificación para mantener el hierro en la solución o se puede utilizar la cloración/filtración para eliminar el hierro y evitar la obstrucción (Guzmán, 2014).

2.8.2.5. Calcio

Las concentraciones de calcio en el agua suelen ser un reflejo del tipo de roca donde se origina el agua, las aguas subterráneas y los arroyos de las zonas calcáreas tendrán niveles de calcio elevados, mientras que los suministros de agua de las zonas de arenisca o arena/grava del estado tendrán normalmente concentraciones de calcio bajas.

Los niveles de calcio por debajo de 40 mg/l suelen requerir la adición de fertilizantes de calcio para evitar la deficiencia, mientras que los niveles altos de calcio por encima de 100 mg/l pueden provocar antagonismo y la consiguiente deficiencia de fósforo o magnesio, los niveles elevados de calcio también pueden provocar la obstrucción del equipo de riego debido a la formación de incrustaciones (CaCO_3 y otros compuestos que precipitan fuera de la solución).

El ablandamiento del agua (intercambio de cationes) se utiliza normalmente para reducir los niveles de calcio en el agua, pero el ablandamiento para el riego debe utilizar potasio para la regeneración en lugar de sodio para evitar daños por el exceso de sodio en el agua ablandada. (Penn State Extensión, 2021)

2.8.2.6. Sodio

Los niveles altos de sodio pueden dañar los medios de cultivo y causar diversos problemas de crecimiento de las plantas, si se aplica con frecuencia agua con

exceso de sodio y bajo nivel de calcio y magnesio a suelos arcillosos, el sodio tenderá a desplazar el calcio y el magnesio en las partículas de arcilla, lo que provocará la ruptura de la estructura, la precipitación de la materia orgánica y la reducción de la permeabilidad. El sodio en exceso de 50 mg/l puede causar toxicidad en plantas sensibles, particularmente en sistemas de riego re circulante, para la mayoría de las plantas cultivadas no se ha demostrado que el sodio sea esencial, los síntomas de toxicidad del sodio en las hojas son manchas necróticas de color pardo, el efecto perjudicial del sodio sobre los cultivos es, en la mayoría de los casos, indirecto, debido a la influencia negativa que tiene este catión sobre la estructura del suelo. (Angel, M, 2017)

2.8.3. Alcalinidad

La alcalinidad puede definirse como la presencia del oxhidrilo y su capacidad para neutralizar la acidez. La presencia del oxidrilo en el agua se debe generalmente a la acción de las sales provenientes de ácidos débiles y bases fuertes, siendo los más comunes los carbonatos y bicarbonatos. La alcalinidad tiene su escasa influencia sanitaria a no ser por la presencia de flóculos y el sabor, se expresa en g/l de carbonatos presentes (Laura, 2005).

2.8.4. Dureza

La dureza de las aguas se debe a la presencia de cualquier catión sean estos de calcio y magnesio, etc., la presencia de estos cationes causan gran desperdicio e impiden la formación de jabones (emulsiones), el cual se mide en g/l, (Laura, 2005).

2.8.5. Características microbiológicas

Rodriguez (2001) y Gomes (2008), señalan que la presencia de bacterias, virus y otros microorganismos patógenos en las aguas son un problema importante para el uso agrícola.

La calidad bacteriológica del agua se establece a partir del número de coliformes fecales y la presencia de bacterias patógenas como ser la *Salmonella*, *Shigella* y otros. La Organización Mundial de la Salud (FAO, 1987), establece la normativa

para el agua de riego “sin restricción”, mencionando que el agua no debe tener más de 1000 coliformes fecales/100ml.

2.8.6. Bacterias

Los grupos de microorganismos más habituales en heces humanas son; *Bacteroides fragilis*, coliformes totales y fecales, *Escherichia coli* y estreptococos fecales. Muchos de estos microorganismos no son exclusivos del intestino humano, sino que también forman parte de la flora intestinal de diversos animales de sangre caliente (OMS, 1989).

2.8.6.1. Coliformes fecales

Los coliformes fecales se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Esta es la característica que diferencia entre coliformes totales y fecales. La capacidad de los coliformes fecales de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotermos es favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad. (OMS, 1989).

Fernández, (2002) mencionado por Gonsales, (2006), señala que el grupo de coliformes fecales está formado por los coliformes capaces de crecer y fermentar la lactosa a temperaturas elevadas 44-45°C, lo que incluye por lo menos, miembros de los géneros *Escherichia*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

2.8.6.2. Escherichia coli

La bacteria *Escherichia coli*, comúnmente encontrada en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente, generalmente forma parte de la flora intestinal. Sin embargo, algunas cepas de esta bacteria pueden ser patógenas y causar enteritis diarreica aguda, especialmente en niños, lo que resulta en diarrea. Los niños pueden contraer la infección a través de la transmisión directa o al consumir alimentos contaminados. Se sugiere que, en adultos, los síntomas se desencadenan al ingerir alimentos que contienen grandes cantidades de *Escherichia coli* patógena (Gasc, 2002).

2.8.7. Salmonella

Las Salmonellas pertenecen a la familia Enterobacteriaceae, se diferencian de otras tribus de esta familia con ayuda de las reacciones bioquímicas y serológicas; hasta el momento existen más de 1600 tipos serológicamente diferentes y constantemente se están añadiendo a la lista nuevos serotipos. La presencia de cualquiera de los serotipos de Salmonellas en un alimento deberá ser considerado como peligro potencial. (Fernández, 2002) mencionado por (Gonsales, 2006).

2.8.8. Protozoos

Según Hobbs y Gilbert, (1986) citados por (Gonsales, 2006), reportan que los protozoos son parásitos que tienen como hábitat habitual el intestino humano de donde salen a través de las heces para a veces ser transportados por otros portadores secundarios. (Aparicio & Diaz, 2013).

2.9. Ecolimo

2.9.1. Limonita

Romero, (2013), menciona que la limonita es una mezcla mineral de óxidos hidratados de hierro [1-4] de fórmula $(FeO(OH)_nH_2O)$ y está constituida, principalmente, por la fase goethita [α -FeO (OH)]. La limonita como mineral, por su contenido, variable, de moléculas de agua, se presenta como una fase amorfa o coloidal, caracterizada porque nunca cristaliza, pero puede tener una estructura fibrosa o micro cristalino.

2.9.2. Óxidos de hierro

Son minerales oxidados de hierro. Los minerales más habituales son oligisto, goethita, lepidocroíta, magnetita y limonita. La denominación genérica “ocres” corresponde a mezclas de óxidos de hierro hidratados con arcillas. Además de los óxidos naturales, existen los sintéticos. Estos productos se utilizan como: Pigmentos en pinturas; construcción (fabricación de cementos y morteros); industria del vidrio; esmaltes y fritas cerámicas; electrodos de soldadura; electrónica; fertilizantes y alimentación animal. (AINDEX, 2018)

2.9.3. Características del producto Ecolimo

El Ecolimo ($\text{Fe O}(\text{OH}) \text{ n H}_2 \text{ O}$) más conocido en Japón como limonita, es un recurso que contiene mineral de hierro; y se forma durante 300.000 años en el área del volcán Aso, ubicado en Kumamoto Japón, tiene una alta pureza y se ha utilizado como aditivo en la alimentación de ganado vacuno, porcino y piscicultura, así como intercambiador de suelo y purificador de agua, contiene minerales ricos como calcio y manganeso. Este producto absorbe el mal olor del suelo y las aguas residuales. Es ampliamente utilizado en plantas de tratamiento de agua, fábricas y áreas de cría de ganado en todo Japón. (J-TUBE por J-Tech, 2021).

Para mostrar un mayor detalle se presenta las composiciones orgánicas e inorgánicas del Ecolimo en la presente tabla 5.

Tabla N° 5. Composiciones orgánicas e inorgánicas del Ecolimo.

Mineral	Formula	Porcentaje
Hierro	Fe_2O_3	82.31%
Ácido Silícico	Si O_2	7.58%
Fosforo	$\text{P}_2 \text{ O}_5$	0.89%
Calcio	Ca O	1.73%
Magnesio	Mg O	0.04%
Potasio	$\text{K}_2 \text{ O}$	0.29%
Manganeso	Mn O	0.10%
Azufre	S O_3	5.69%
Aluminio	Al_2O_3	0.93%
Titanio	Ti O_2	0.35%
Cobre	Cu O	0.02%
Zinc	Zn O	0.02%
Estroncio	Sr O	0.03%
Circonio	Zr O_2	0.01%
Total		100.00%

Fuente: Japan Limonite Co., Ltd (2021).

El Ecolimo tiene la función de absorber el fósforo, que provoca las algas, para activar los microorganismos en el agua y promover la descomposición de la materia orgánica, también tiene el efecto de reducir los malos olores como el amoníaco. Cabe aclarar que no existen investigaciones previas del uso de Ecolimo en tratamiento de aguas en Bolivia, la información que se tiene del producto es la que

fue proporcionada por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y la empresa Japonesa YUFU, para fines investigativos.

2.10. Normas de calidad de agua

Las normas respecto al límite permisible de elementos contaminantes (metales pesados, microorganismos) en cuerpos de agua superficiales, son muy variables y está en función a normas locales, es decir que en cada país existe una norma las cuales no siempre pueden llegar a coincidir, en ese sentido dentro el territorio boliviano la ley N.º 1333 promulgada el 27 de abril de 1992 y el Decreto Supremo N.º 22965. Establecen y tienen por objeto la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales.

La ley del medio ambiente 1333 en su artículo 20 menciona, que se consideran actividades y/o factores susceptibles de degradar el medio ambiente, cuando estos excedan los límites permisibles a establecerse en reglamentación expresa, los que a continuación se describen:

- Los que contaminan el aire, las aguas en todos sus estados, el suelo y el subsuelo.
- Los que producen alteraciones nocivas de las condiciones hidrológicas, edafológicas, geomorfológicas y climáticas.
- Los que alteran el patrimonio cultural, el paisaje y los bienes colectivos o individuales, protegidos por Ley.
- Los que alteran el patrimonio natural constituido por la diversidad biológica, genética y ecológica, sus interpelaciones y procesos.
- Las acciones directas o indirectas que producen o pueden producir el deterioro ambiental en forma temporal o permanente, incidiendo sobre la salud de la población.

2.10.1. Norma Boliviana 512 (NB 512)

Esta norma establece los valores máximos aceptables de los diferentes parámetros que determinan la calidad de agua abastecida con destino al uso y consumo humano. Según la norma boliviana NB 512, la calidad del agua con destino al

consumo humano tiene implicaciones importantes sobre los aspectos sociales y económicos. (VAPSB, 2018).

El reglamento nacional para el control de la calidad del agua para consumo humano es presentado en la tabla 6.

Tabla N° 6. Parámetros de control mínimo de la (NB 512).

Parámetros de Control	Valor máximo aceptable
pH	6.5 – 9
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	1500
Turbidez (UNT)	5.000
Coliformes termorresistentes (UFC/100 ml)	0.000
Cloro residual (mg/l)	0.2 - 1.0
Alcalinidad total (mg/l)	0.000
Dureza total (mg/L de CaCO_3)	1000
Arsénico total (mg/l)	370.0
Cadmio (mg/l)	500.0
Cianuro libre (mg/l)	0.010
Cobre (mg/l)	0.005
Hierro total (mg/l)	0.070
Manganeso (mg/l)	1.000
Níquel (mg/l)	0.300
Nitratos (mg/l)	0.100
Plomo (mg/l)	0.001
Sulfatos (mg/l)	400.0
Zinc (mg/l)	5.000

Fuente: MMAyA (2018), VAPSB (2018).

2.10.2. Reglamentos a la ley de medio ambiente

De acuerdo al Decreto Supremo No. 24176. La clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso es señalada en la tabla 7.

Tabla N° 7. Parámetros de control mínimo de acuerdo al D.S. 24176.

Parámetros	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D
pH	6.0 - 8.5	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0	6.0 - 9.0
Sólidos totales disueltos (mg/l, ppm)	1000	1000	1500	1500
Oxígeno disuelto	< 80% saturación	< 70% saturación	< 60% saturación	< 50% saturación
Turbidez (UNT)	<10	<50	<100	<200
Arsénico total (mg/l)	0.05	0.05	0.05	0.1
Cadmio (mg/l)	0.005	0.005	0.005	0.005
Cianuro libre (mg/l)	0.02	0.1	0.2	0.2
Cobre (mg/l)	0.050	1.00	1.000	1.000
Hierro Soluble (mg/l)	0.300	0.30	1.000	1.000
Manganeso (mg/l)	0.500	1.00	1.000	1.000
Mercurio(mg/l)	0.001	0.00	0.001	0.001
Níquel (mg/l)	0.050	0.05	0.500	0.500
Nitratos (mg/l)	20.000	50.00	50.000	50.000
Plomo (mg/l)	0.050	0.05	0.050	0.100
Sulfatos (mg/l)	300.000	400.00	400.000	400.000
Zinc (mg/l)	0.200	0.20	5.000	5.000

Fuente: Decreto Supremo N° 24176 (1995).

Decreto Supremo No. 24176 – 8 de diciembre de 1995: Reglamentos a la Ley de Medio Ambiente Artículo 2.4 – Reglamento en materia de contaminación hídrica

CLASE “A”: Aguas naturales de máxima calidad, que las habilita como agua potable para consumo humano sin ningún tratamiento previo, o con simple desinfección bacteriológica en los casos necesarios verificados por laboratorio. Apto para:

- Recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión
- Riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella
- Abastecimiento industrial
- La cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.

CLASE “B”: Aguas de utilidad general, que para consumo humano requieren tratamiento físico y desinfección bacteriológica. Apto para:

- Recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión.
- Riego de hortalizas consumidas crudas y frutas de cáscara delgada, que sean ingeridas crudas sin remoción de ella.
- Abastecimiento industrial.
- La cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana.
- Abrevadero de animales.

CLASE “C”: Aguas de utilidad general, que para ser habilitadas para consumo humano requieren tratamiento fisicoquímico completo y desinfección bacteriológica. Apto para:

- Recreación de contacto primario: natación, esquí, inmersión
- Abastecimiento industrial
- La cría natural y/o intensiva (acuicultura) de especies destinadas a la alimentación humana
- Abrevadero de animales
- La navegación La navegación

CLASE “D”: Aguas de calidad mínima que, para consumo humano, en los casos extremos de necesidad pública, requieren un proceso inicial de pre sedimentación, pues pueden tener una elevada turbiedad por elevado contenido de sólidos en suspensión, y luego tratamiento físico-químico completo y desinfección bacteriológica especial contra huevos y parásitos intestinales. Apto para:

- Abastecimiento industrial
- La navegación

2.11. Índice General de Calidad de Agua (ICA)

Duran (2009), menciona que la calidad del agua de irrigación es de particular importancia en zonas áridas donde las temperaturas extremas y la humedad relativa

baja generan altas tasas de evaporación, con la consecuente deposición de sales las cuales tienden a acumularse en el perfil del suelo. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo, tales como dispersión de partículas, estabilidad de agregados, estructura y permeabilidad son muy sensibles a los tipos de iones intercambiables presentes en el agua de irrigación. Por esto cuando el uso de efluente se está planeando, muchos factores relacionados con las propiedades del suelo deben ser considerados.

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos esto en función de los usos de agua, llegando a definir la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. (Laura, 2005).

En el estudio de un río se debe hacer la comparación de la medición de la calidad de agua en diferentes tramos para ver la variación a través del tiempo. Para la determinación del ICA se deben considerar nueve parámetros:

Coliformes fecales (en NMP/100ml) - pH (en unidades de pH) - DBO₅ (en mg/l) - Nitratos (NO₃ en mg/l) - Fosfatos (PO₄ en mg/l) - Temperatura (en °C) - Turbidez (en FAU) - Sólidos disueltos totales (en mg/l) - Oxígeno disuelto (OD en % de saturación)

2.12. Sistemas de tratamientos usados para eliminación de contaminantes

En la siguiente tabla 8 se tiene un resumen los diferentes sistemas utilizados para eliminar los contaminantes más importantes de las aguas residuales y la eficacia de diferentes procesos en la reducción de algunos de los parámetros más significativos (Palmerillas, 2005).

Tabla N° 8. Sistemas para la eliminación de contaminantes en aguas residuales.

Contaminantes	Sistema de tratamiento
Sólidos en suspensión	Sedimentación. Desbaste. Filtración. Flotación. Adición de polímeros o reactivos químicos. Coagulación-sedimentación. Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Materia orgánica biodegradable	Fangos activados. Película fija: filtros percoladores. Película fija: discos biológicos. Variaciones del lagunaje. Filtración intermitente en arena. Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno. Sistemas físico-químicos
Patógenos	Cloración. Hipo cloración. Ozonización. Radiación UV. Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Nitrógeno	Variaciones de sistemas de cultivo suspendido (nitrificación Des nitrificación). Variaciones de sistemas de película fija (nitrificación-des nitrificación). Arrastre de amoniaco (stripping). Intercambio de iones.
Fósforo	Adición de sales metálicas. Coagulación y sedimentación con sal. Eliminación biológica de fósforo. Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Materia orgánica refractaria	Absorción en carbón. Ozonización terciaria. Sistemas de tratamiento por evacuación al terreno
Metales pesados	Precipitación química. Intercambio de iones
Sólidos inorgánicos disueltos	Intercambio de iones. Osmosis inversa. Electrodiálisis

Fuente: Palmerillas (2005)

2.13. Etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales

Las etapas de un sistema de tratamiento de aguas residuales se pueden clasificar en: pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario.

2.13.1. Pre tratamiento.

En este tratamiento se llevan a cabo operaciones físicas y mecánicas, con el objetivo de separar las aguas residuales la mayor cantidad de materias que podrían causar daños en los tratamientos posteriores. Los contaminantes que se eliminan en este tratamiento pueden incluir: grasas, aceites, ramas, basura. Los equipos que

se utilizan para este tratamiento son: rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores.

2.13.2. Tratamiento primario.

El tratamiento primario es de carácter físico-químico, con éste se busca reducir la materia suspendida, ya sea por medio de precipitación, sedimentación, o algunos tipos de oxidación química, en el tratamiento primario se eliminan principalmente sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Los principales procesos físico – químicos que pueden ser incluidos en este tratamiento son: sedimentación primaria, flotación, coagulación, floculación y filtración. Esta etapa de tratamiento suele tener costos altos, por lo que no se utiliza en todos los procesos.

2.13.2.1. Coagulación.

Es un proceso químico en el cual un compuesto químico, un “coagulante”, se agrega al agua, con el fin de desestabilizar las partículas suspendidas y promover la creación de flóculos. Los coagulantes más comunes son: cloruro de aluminio, sulfato de aluminio, sulfato ferroso y cloruro férrico.

2.13.2.1.1. Etapas de coagulación

Coto (2011), menciona que el proceso de coagulación se desarrolla en un tiempo muy corto, en el que se presenta las siguientes etapas.

- Hidrolisis de los coagulantes y desestabilización de las partículas en suspensión.
- Formación de compuestos químicos poliméricos.
- Adsorción de cadenas poliméricas por los coloides.
- Adsorción mutua de coloides.
- Acción de barrido.

2.13.2.1.2. Factores que afectan la coagulación de la turbidez

De acuerdo a Arboleda (2002), la coagulación del color es un fenómeno complejo donde intervienen al menos ocho factores que pueden modificarlo: dosis de coagulantes; pH; concentración de coloides o turbiedad; concentración de

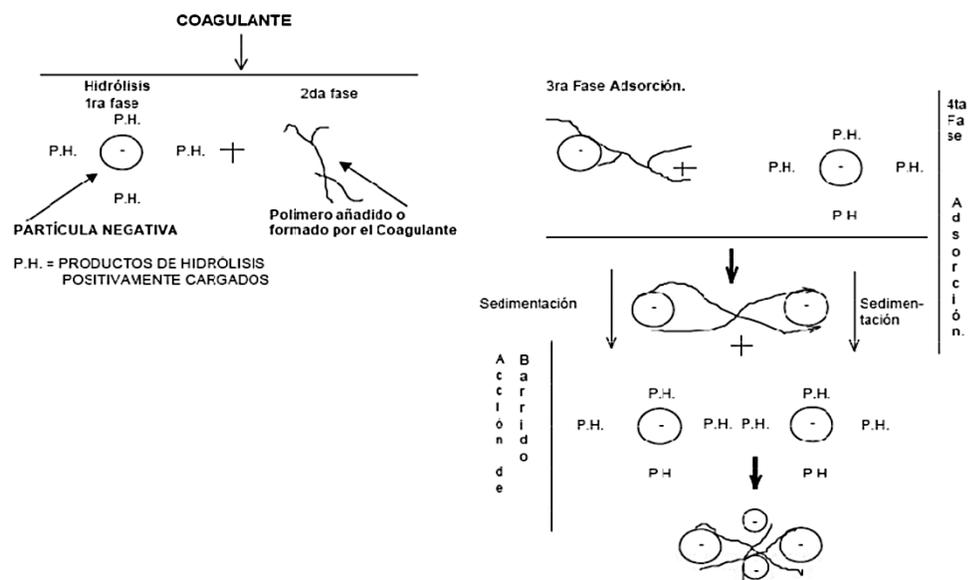
sustancias orgánicas en el agua; iones disueltos presentes; intensidad de la mezcla rápida y gradiente de velocidad de la mezcla lenta; movilidad electroforética de las partículas y la temperatura.

2.13.2.2. Floculación

Mientras que en la etapa de coagulación las partículas se desestabilizan y comienzan a formarse flóculos primarios, la floculación es la etapa en la que las partículas entran en contacto y se agregan.

Según Pompillo (2013), la floculación es la aglomeración de partículas desestabilizadas primero en micro flóculos y más tarde en aglomerados voluminosos llamados flóculos. En la presente figura 1 se muestra como los coagulantes cancelan las cargas eléctricas sobre la superficie del coloide permitiendo la aglomeración y la formación de flóculos.

Figura 1. Etapas de Coagulación y Floculación



2.13.2.2.1. Etapas de floculación

Los flóculos inicialmente son pequeños, pero se juntan y forman aglomerados mayores capaces de sedimentar. Para favorecer la formación de aglomerados de mayor tamaño se adicionan un grupo de productos denominados floculantes.

La precipitación del coloide implica por tanto dos etapas:

- Desestabilización, las teorías sobre el mecanismo de este fenómeno se basan en la química coloidal y de superficies.
- Transporte de núcleos microscópicos para formar agregados densos. La teoría del transporte está basada en la mecánica de fluidos.

2.13.3. Tratamiento secundario

Son métodos de tratamiento de agua residuales en los cuales la remoción de contaminantes se realiza a través de la actividad biológica. Se utiliza para remover sustancias orgánicas, coloidales o disueltas, Este proceso se puede llevar a cabo, mediante distintos sistemas, de manera aerobia o anaerobia por la utilización de métodos como se lodos activados, sedimentador lamelar, desinfección con cloro o rayos UV.

2.13.4. Tratamiento terciario.

El tratamiento terciario combina procesos de carácter físico, químico y biológico, mejorando así el producto final. Este puede lograr que el agua tratada pueda ser apta para el abastecimiento agrícola, industrial o potable. El tratamiento terciario o también llamado avanzado está dirigido a la reducción final de DBO, metales pesados y /o contaminantes químicos específicos y a la eliminación de patógenos y paracitos.

2.14. Recolección de muestras

Según Sadzawka, (2006), La muestra se recolecta en un sitio y tiempo determinado, representa la composición de un cuerpo de agua en el lugar y momento de la recolección. Sin embargo, una muestra puntual puede representar adecuadamente un cuerpo de agua que tiene una composición relativamente constante en el tiempo y en el espacio.

Este procedimiento puede usarse en todos los tipos de cuerpos de agua, dependiendo del objetivo del estudio

2.14.1. Equipos y materiales especiales

Para poder realizar la recolección de una muestra de agua de forma adecuada se deben considerar el uso de los siguientes materiales:

- Envases con tapa, de boca ancha de polietileno, polipropileno o policarbonato de 250 ml, 500ml o 1l y frascos de vidrio de 250 ml o 500ml. se debe tomar en cuenta que los embaces de polietileno son preferibles para la mayoría de los análisis físicos y químicos inorgánicos. Una excepción es el análisis de fosforo disuelto ya que cuando la concentración de fosfato es baja, pueden absorberse en las paredes. En este caso, se puede congelar la muestra inmediatamente después de recolectada o usar envases de vidrio lavados con ácido clorhídrico diluido caliente y luego varias veces con agua.
- Etiquetas autoadhesivas, marcador a prueba de agua.
- Bitácora de terreno.
- Formulario para los requerimientos de análisis
- Medidor de pH portátil.
- Medidor de Conductividad eléctrica (CE).
- Medidor de solidos totales disueltos (TDS).

2.14.2. Selección del punto de muestreo

INIA, (2006), menciona el criterio de la selección del punto de muestreo y el procedimiento de recolección según la fuente de agua la misma se presenta a detalle en la tabla 9.

Tabla N° 9. Selección de punto de muestreo.

Fuente de Agua	Punto de muestreo	Procedimiento
Ríos y Canales	En el centro, tanto horizontal como verticalmente, de la toma hacia el predio.	Sumergir el envase y llenarlo con la muestra, evitando la extracción de la película superficial.
Pozos y norias	Lo más cerca posible del punto de captación del agua.	Hacer funcionar la bomba por al menos 30 min o hasta que se haya evacuado toda el agua detenida y llenar el envase con la muestra. (Los pozos recién instalados deben dejarse funcionar por 5 a 7 días antes de recolectar las muestras).
Estanque de Almacenamiento	Contiguo a las tuberías de entrada o salida del estanque.	Dejar correr suficiente agua para descargar el agua acumulada en las tuberías y llenar el envase con la muestra.

Fuente: Sadzawka (2006).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Cota Cota, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés; comprende una superficie de 14,3 ha y se constituye parte del campus universitario, ubicado al sur este de la ciudad de La Paz a orillas del río Jillusaya.



Figura 2. Localización geográfica del experimento

El Centro Experimental, se encuentra a una altura aproximadamente de 3428 m.s.n.m. situándose a $16^{\circ}32'10,22''$, latitud Sur. Y $68^{\circ}03'51,66''$, longitud Oeste.

El punto de muestreo del manantial se encuentra ubicado a $16^{\circ}32'12,04''$ Latitud Sur y $68^{\circ}03'51,65''$ Longitud Oeste, el punto de muestreo del tanque se encuentra ubicado a $16^{\circ}32'12,27''$ Latitud Sur y $68^{\circ}03'51,90''$ Longitud Oeste, mientras que el punto de muestreo del canal de riego se encuentra ubicado a $16^{\circ}32'13,06''$ Latitud Sur y $68^{\circ}03'51,91''$ Longitud Oeste.

La cuenca del río Jillusaya llamado también río Wila Cota corresponde al valle alto de La Paz, forma parte de la de la cuenca del río Achumani inferior con un área de $19,2 \text{ km}^2$ de los cuales el 32% corresponde a la cuenca Jillusaya; el punto más elevado de la cuenca Achumani está a 4400 m.s.n.m. y los puntos más bajos a 3200 m.s.n.m., en la confluencia del río Achumani con el río Irpavi (Vargas, 1992).

3.2. Características ecológicas

3.2.1. Clima

La zona de Cota Cota presenta un patrón climático uní modal, que se caracteriza por tener una época húmeda en los meses de octubre a marzo y una época seca en los meses de abril a septiembre (Zeballos, 2000).

3.2.2. Temperatura

Presenta una temperatura media de $11,5^{\circ}\text{C}$, alcanzando una temperatura mínima durante la época seca registrándose 0°C en los meses de junio y julio causando daño a las plantas, las máximas temperaturas de 28°C y 29°C se registran en los meses de noviembre y diciembre provocando desecación y marchitamiento en las plantas; estos meses también se tienen los valores más altos de radiación (Zeballos, 2000).

3.2.3. Suelos

De acuerdo a la clase textural que presenta los suelos de Cota Cota van desde franco a franco limoso, en general son suelos fértiles; la topografía del lugar se caracteriza por ser relativamente accidentada con pendientes regulares a fuertes.

Los suelos son utilizados para la producción de hortalizas como lechuga, acelga, pimentón, frutillas, árboles frutales, cebolla, maíz, papa, rosas y diferentes cultivos de especies forrajeras. (Zeballos, 2000).

3.2.4. Geología

La cuenca Achumani está subdividida en superior e inferior, la inferior a la vez se subdivide en las cuencas Huayllani y Kellumani y presenta tres ríos principales: El río Achumani, cuyo lecho es de 700 m de ancho y en cuya parte final desembocan

el río Jillusaya o Wila Cota con un ancho máximo de 80 m y el río Koani con 70 m de ancho (Vargas, 1992).

En su curso estos ríos han depositado sedimentos, formando estratos con una distribución granulométrica variada: Gravosa en la parte alta y limo-arcillosa en la parte baja. Además, un sector intermedio conformado por estratos arenosos y gravosos intercalados y de formas lenticulares.

3.2.5. Flora y fauna

El área de estudio, cuenta con especies como: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), acacias (*Acacia floribunda*), chilcas (*Braccharis sp*), también existen especies de las familias Poaceae y Chenopodiaceae con predominancia de cultivos agrícolas bajo riego. La crianza de conejos, cuyes, aves de corral y porcinos entre otros es característico en el Centro Experimental de Cota Cota.

3.3. Materiales

3.3.1. Materiales de laboratorio

- Vasos de precipitado.
- Probetas.
- Tubos de ensayo.
- Embudo.
- pH metro.
- Conductivímetro.
- Agua destilada.
- Soluciones tampón.
- Balanza analítica.
- Papel tisú.
- Matraz Erlenmeyer.
- Equipo de medición multi parámetro Mettler Toledo MX300.

3.3.2. Materiales de campo

- Cama fotográfica.
- Frascos de vidrio.
- Bidones de polipropileno.

3.3.3. Material de gabinete

- Computador.
- Hojas bond.
- Impresora.

3.4. Metodología

El presente trabajo de investigación se realizó bajo la metodología de investigación descriptiva y experimental, donde en coordinación con el director del Centro Experimental Cota Cota, se determinó la posición geográfica exacta de las dos puntos de agua que se deseaba estudiar, siendo el primer punto, la entrada del agua del río Jillusaya al Centro Experimental de Cota Cota con coordenadas 16°32'14,57" S, 68°03'49,55" O, y como segundo punto de muestreo, se tomó la ubicación de la fuente de almacenamiento del agua de vertiente ubicada en las coordenada 16°32'11,07"S; 68°03'54,86"O.

La metodología de investigación se dividió en tres actividades o fases principales la primera fue, la determinación de la dosis de Ecolimo a aplicar a los tratamientos, esto debido a que no hay antecedentes de investigaciones sobre el producto, en la segunda actividad se realizó la comparación de las cantidades probadas para encontrar la dosis óptima de Ecolimo, en función a los parámetros que establecen la calidad de agua para riego, según la norma Boliviana 512 - Reglamento Nacional para el Control de la Calidad del Agua para consumo humano, reglamento hídrico 1333 de la Ley de Medio Ambiente, Decreto Supremo No. 24176 – Clasificación de los cuerpos de agua según su aptitud de uso y la Norma Chilena 1333 - Requisitos para calidad de agua para riego y como tercera actividad se realizó el traslado de

los tratamientos seleccionados a diferentes laboratorios para la determinación de parámetros complementarios, para la determinación de su calidad.

3.4.1. Muestreo de agua

El muestreo de agua se realizó en base a la norma Boliviana 496 para toma de muestras de agua potable, toda vez que no existe una normativa boliviana específica para toma de muestras de agua residual que es utilizada para riego, las muestras se tomaron de las dos puntos de agua ya establecidas, la primera correspondiente al río Jillusaya y la segunda de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, ya que son fuentes de agua que son consideradas para riego dentro el Centro Experimental Cota Cota.

3.4.2. Primera fase de la investigación.

A continuación, se presenta la secuencia metodológica que seguirá la primera fase de la investigación.

3.4.2.1. Factores de estudio

Factor A: fuentes de agua.

R = Punto de agua del río Jillusaya.

F = Fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

Factor B: Dosis de Ecolimo.

*T*₀ = 0%.

*T*₁ = 0.5% relación peso / volumen.

*T*₂ = 1%. relación peso / volumen.

*T*₃ = 3%. relación peso / volumen.

*T*₄ = 5%. relación peso / volumen.

*T*₅ = 8%. relación peso / volumen.

*T*₆ = 10%. relación peso / volumen.

Tabla N° 10. Descripción de los tratamientos de la primera fase.

Factor "A" Fuentes de agua en estudio	Factor "B" Dosis de Ecolimo	Tratamiento
Punto de agua del rio Jillusaya "R "	0%	T ₀ R
	0.5%	T ₁ R
	1%	T ₂ R
	3%	T ₃ R
	5%	T ₄ R
	8%	T ₅ R
	10%	T ₆ R
Fuente de Almacenamiento de agua de vertiente "F"	0%	T ₀ F
	0.5%	T ₁ F
	1%	T ₂ F
	3%	T ₃ F
	5%	T ₄ F
	8%	T ₅ F
	10%	T ₆ F

3.4.2.2. Procedimiento de la primera fase

El muestreo se realizó en fecha 06 de octubre de 2021 a horas 10:00 am, debido a que es a esta hora que se inicia la actividad de riego de cultivos en Centro Experimental Cota Cota.

Para el muestreo de agua se emplearon dos bidones esterilizados de polipropileno de 5 L de capacidad, cada uno para recolectar muestras de agua del rio Jillusaya y de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, antes de la recolección, se enjuagaron los bidones dos veces con el agua de los puntos a muestrear, posteriormente se realizó la toma de la muestra a una profundidad de 20 cm, llenando el bidón de agua hasta el tope evitando el ingreso de aire, simultáneamente se llevaron a cabo mediciones in situ de los parámetros de pH, conductividad eléctrica (CE) y solidos totales disueltos (STD), una vez completada la toma de muestras, estas se trasladaron al Laboratorio de Química de la Facultad de Agronomía de la UMSA, donde se procedió al armado de tratamientos para la determinación de las mejores dosis de Ecolimo,

Las dosis estudiadas fueron de 0.5%, 1%, 3%, 5%, 8% y 10% en una relación peso volumen, la cual se traduce en, 2.5 g de Ecolimo, 5 g de Ecolimo, 15 g de Ecolimo, 25 g de Ecolimo, 40 g de Ecolimo y 50 g de Ecolimo. respectivamente, en un

volumen de agua de 500 ml, cabe mencionar que dentro de los tratamientos evaluados se contempla también un valor testigo con 0% de dosis de Ecolimo en 500 ml de agua para ambas fuentes de agua en estudio.

A continuación en diferentes frascos de vidrio termo resistente esterilizados, se agregaron 500 ml de agua de los dos punto de muestreo en estudio este proceso se realizó dos veces, obteniendo así un total de 28 frascos, 14 frascos con muestras de agua del rio Jillusaya y 14 frascos con muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, seguidamente se adicionaron las cantidades de Ecolimo previamente seleccionadas, a cada uno de los frascos, una vez armados los tratamientos se tomaron datos de los parámetros de pH, CE, STD, utilizando el equipo de medición multi parámetro Mettler Toledo MX300, durante los próximos siete días, llegado a este último día, se evaluaron los resultados obtenidos de los parámetros de control mínimo de calidad de agua.

3.4.3. Segunda fase de la investigación

Una vez realizada la evaluación de los tratamientos armados en la fase uno, en fecha 14 de octubre de 2021, se procedió a la selección de las 3 mejores dosis de Ecolimo obteniendo así que las dosis de T1R, T2R, T3R, T1F, T2F, T3F son las que mejores resultados presentaron con respecto a los parámetros de control mínimo (pH, CE, STD), que fueron evaluados durante siete días en las muestras de agua del rio Jillusaya, como también en la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, las cuales son representadas por la proporción de 1%, 3% y 5% de Ecolimo en relación peso volumen, tomando como testigo T0R y T0F, que son las muestras que no llevan Ecolimo.

Por lo que, en esta fase de la investigación, la descripción de los tratamientos se reflejaría de la siguiente manera.

Tabla N° 11. Descripción de los tratamientos de la segunda fase.

Factor "A" Fuentes de agua en estudio	Factor "B" Dosis de Ecolimo	Tratamiento
Punto de agua del Rio Jillusaya "R "	0%	T ₀ R
	0.5%	T ₁ R
	1%	T ₂ R
	3%	T ₃ R
Fuente de almacenamiento de agua de vertiente "F"	0%	T ₀ F
	0.5%	T ₁ F
	1%	T ₂ F
	3%	T ₃ F

Esto se realizó para ambas fuentes de agua en estudio obteniéndose así: T1R, T2R, T3R, T0R que son los tratamientos que se armaron con las muestras de agua del rio Jillusaya y T1F, T2F, T3F y T0F que son las muestras que se prepararon con el agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

3.4.4. Tercera fase de la investigación.

Una vez ya seleccionados los tratamientos para cada punto de agua en estudio, se procedió a tomar una muestra de 500 ml de T1R, T2R, T3R, T0R, T1F, T2F, T3F y T0F para el análisis físico químico de los siguientes parámetros complementarios: sulfatos, carbonatos, dureza total, turbidez, hierro, calcio, sodio, potasio, magnesio, estas muestras de agua se trasladaron al Laboratorio de Calidad Ambiental LCA de la Facultad de Ciencias Puras y Naturales de la UMSA, para el respectivo análisis.

También se tomaron muestras de 350 ml de agua de T1R, T2R, T3R, T0R, T1F, T2F, T3F y T0F para el análisis microbiológico, los parámetros analizados fueron coliformes totales y coliformes fecales. Estas muestras se trasladaron al Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la UMSA.

3.4.5. Variables de respuesta

La información analizada en la investigación se basa en variables dependientes de las cuales para su análisis fueron:

a) Parámetros físico químicos

- Potencial de Hidrogeno (pH)

La determinación del pH se llevó a cabo en dos fases, la primera realizada mediante una medición in situ en la etapa de recolección de la muestra y la segunda a los siete días posteriores de haber realizado la preparación de los tratamientos.

Esta acción se llevó a cabo utilizando el equipo de medición multi parámetros Mettler Toledo MX300. Con el fin de obtener datos precisos de esta variable.

- Conductividad Eléctrica (CE)

La determinación de la conductividad eléctrica se realizó en la etapa inicial, una vez armado los tratamientos y en la etapa final pasado los siete días. Los resultados obtenidos se expresaron en unidades de $\mu\text{S}/\text{cm}$, este parámetro se evaluó con la ayuda de un conductivímetro portátil DEC -2.

- Sólidos Totales Disueltos (STD)

La determinación de los sólidos totales disueltos STD se realizó en dos etapas la primera inmediatamente después de haber realizado el armado de los tratamientos y la segunda al séptimo día de la preparación de los tratamientos. Los resultados obtenidos se expresaron en unidades de miligramos por litro (mg/l), este parámetro se evaluó con la ayuda el equipo de medición multi parámetros Mettler Toledo MX300.

- Carbonatos

La evaluación de los carbonatos suspendidos en el agua se lo realiza en unidades de miligramos por litro (mg/l), mediante la metodología Environmental Protection Agency EPA 310 -1 analizada por el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés.

- Sulfatos

Para la determinación de los resultados respecto al parámetro de sulfatos, se llevaron muestras de agua al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), donde se

realizó el análisis de la muestra mediante el método Standard Methods SM 4500 – $\text{SO}_4 = \text{E}$, que es utilizada para la evaluación de aguas y aguas residuales, en unidades de miligramos por litro (mg/l).

- **Calcio**

Respecto a los parámetros de calcio son evaluados mediante la metodología Environmental Protection Agency EPA 215 – 1 en unidades de miligramos por litro mg/l, la misma fue realizada por el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA).

- **Hierro**

Los parámetros de hierro (Fe) son evaluados mediante el método del espectrofotómetro en unidades de miligramos por litro (mg/l) en el laboratorio del Instituto de Investigaciones Geológicas y del Medio Ambiente (IGEMA).

- **Magnesio**

La determinación de la cantidad de magnesio en el agua se lo realiza en unidades de miligramos por litro (mg/l), mediante la metodología Environmental Protection Agency EPA 242.1 analizada por el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA) de la Universidad Mayor de San Andrés.

- **Sodio**

Para la determinación de la cantidad de sodio (Na) en el agua, se llevaron muestras de agua al Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), donde se realizó el análisis de la muestra mediante el método Environmental Protection Agency EPA 273-1, en unidades de miligramos por litro (mg/l).

- **Dureza total**

La evaluación de este parámetro se lo realizo por el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), mediante la metodología Standard Methods SM 2340 - B que es utilizada para la evaluación de aguas y aguas residuales, estos resultados se presentan en unidades de $\text{Mg Ca CO}_3/\text{l}$.

- **Turbidez**

Para los parámetros de turbidez se realiza la evaluación mediante un análisis cualitativo descriptivo ya que es una propiedad óptica la cual muestra el grado con la que el agua pierde su transparencia.

- **Relación Absorción Sodio (RAS)**

La Relación Absorción sodio (RAS) es calculada mediante la ecuación que relaciona la proporción relativa del sodio con respecto al calcio y al magnesio, este valor es importante para determinar el potencial del sodio en el agua de riego.

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

Las unidades son determinadas en meq/l.

b) Parámetros Biológicos

- **Coliformes totales**

Para la determinación de los parámetros biológicos relacionados a los coliformes totales, se realizó la evaluación por parte del Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la UMSA, utilizando la norma técnica NB – 31006 en unidades de < 200 NPM /100 ml (NPM = Numero más probable).

- **Coliformes fecales**

Para los parámetros relacionados a los coliformes fecales, se realizó la evaluación en el Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Agronomía de la UMSA, utilizando la norma técnica NB – 31006 en unidades de < 10 NPM /100 ml (NPM = Numero más probable).

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.4. Análisis físico - químicos

Para los parámetros físicos químicos, se tomaron en cuenta el potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), solidos totales disueltos (STD), carbonatos (CO_3^{-2}), sulfatos (SO_4^{-2}), calcio (Ca), hierro (Fe), sodio (Na), magnesio (Mg), relación de absorción de sodio (RAS), turbidez y dureza total.

Los resultados se analizaron considerando los diferentes tratamientos descritos en la tabla 12, que indica la cantidad de Ecolimo en gramos por milímetros de muestra de agua, tanto para el rio Jillusaya como para la fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

Tabla N° 12. Descripción de tratamientos evaluados

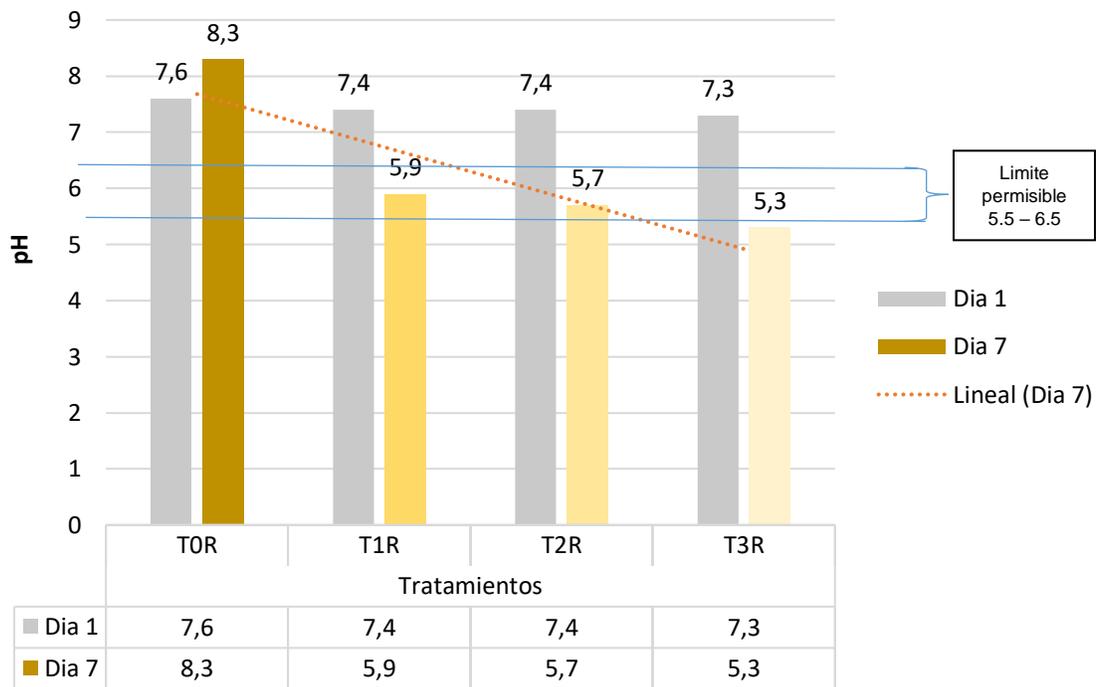
Tratamientos rio Jillusaya	Tratamientos fuente
T0R = 0 g/500 ml0%	T0F = g/500 ml.....0%
T1R = 5 g/500 ml.....1%	T1F = 5 g/500 ml..... 1%
T2R = 15 g/500 ml..... 3%	T2F = 15 g/500 ml.....3%
T3R = 25 g/500 ml5%	T3F = 25 g/500 ml.....5%
Volumen de agua de los tratamientos = 500 ml = 0,5 l	
Temperatura = 19 °C	

4.5. Análisis físico químicos de los tratamientos de agua del rio Jillusaya y de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

4.5.2. Potencial de Hidrogeno (pH).

Los resultados obtenidos respecto al análisis de laboratorio para el parámetro de pH son mostrados a detalle en la Figura 3.

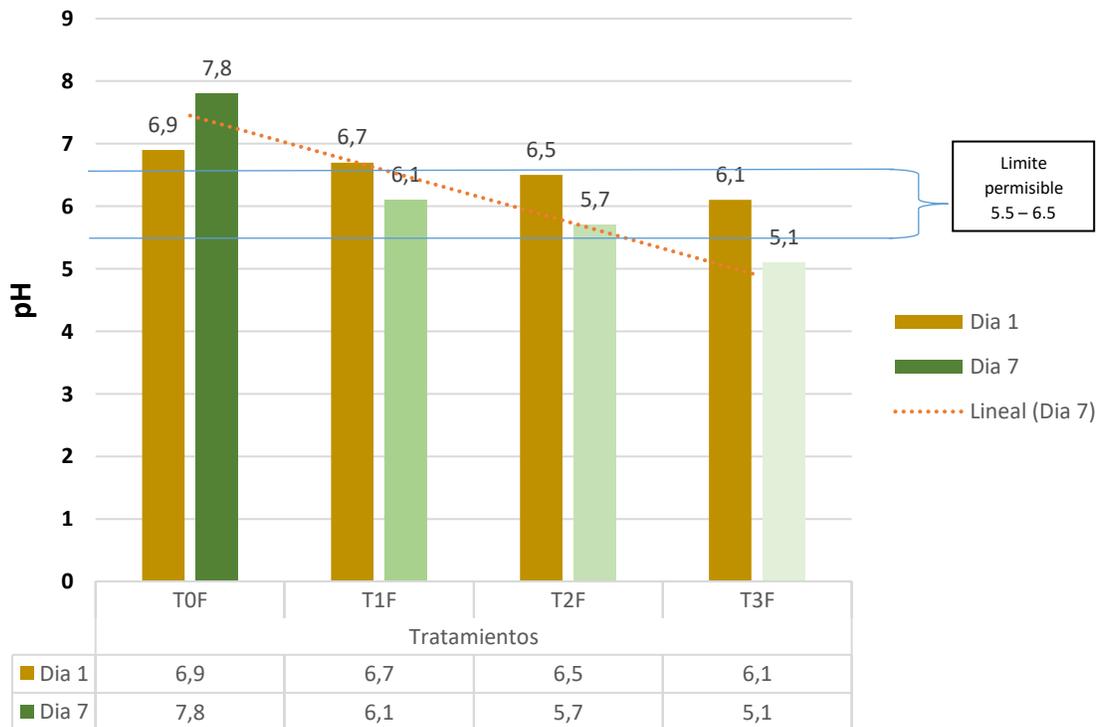
Figura 3. pH del río Jillusaya medidos el día en la que se tomó la muestra de agua (día 1) y tomados después de 7 días de ser tratado con Ecolimo (día 7)



Los valores de la figura 3, describen los datos de pH obtenidos el primer día, que corresponde al día en el que se tomó la muestra de agua del río Jillusaya y simultáneamente se realizó el armado de los tratamientos, el pH del día 1 es relativamente igual en todos los tratamientos con rangos de 7,6 correspondientes al (T0R), seguido de los tratamientos (T1R) y (T2R) ambos con un valor de 7,4 y por último el tratamiento (T3R) con un pH de 7,3. Todos los tratamientos representan valores básicos. El problema de regar cultivos con agua con tendencia a pH básico, es que esto puede provocar que la planta no pueda absorber los nutrientes de manera correcta ya que se insolubilizan y quedan retenidos en el suelo. En la misma figura se puede también evidenciar los datos de pH tomados después de 7 días de haber sido tratadas con Ecolimo, reflejando que los tratamientos (T1R) presenta un valor de pH de 5,9 seguido de los tratamientos (T2R) con un pH de 5,7 y (T3R) con un valor de 5,3, al respecto los tratamientos demuestran una tendencia de pH ácido y entran en el rango apropiado para el riego de cultivos, el cual varía entre un valor de 5,5, a 6,5 esto puede deberse a la presencia de hierro en la composición del

Ecolimo. En el caso del (T0R) se observa que después de 7 días, el pH de esta muestra de agua, incrementa a 8,3 manteniéndose dentro de rango de pH básico.

Figura 4. pH de la fuente, día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.

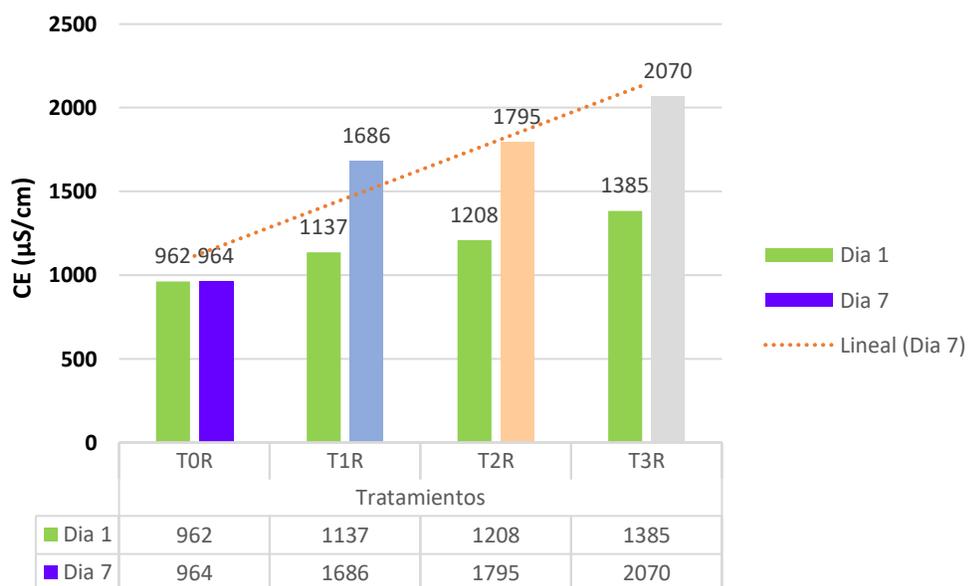


De acuerdo a la Figura 4, los resultados obtenidos para el pH de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, muestran que el día 1, todos los tratamientos presentan valores de pH similares, con valores de 6,9 correspondientes a (T0F), (T1F) con un valor de 6,7, (T2F) con un valor de 6,5 y (T3F) con un valor de 6,1, lo que corresponden a un rango de pH ácido, lo que indica que se encuentra dentro del rango ideal para el riego de cultivos, posterior a que las muestras de agua fueran tratadas con Ecolimo por 7 días, se evidencia que la muestra denominada como (T0F) muestra un incremento en el pH a un valor de 7,8 lo que representa un pH básico, respecto a los tratamientos T1F, T2F y T3F se muestra que los rangos de pH reducen a valores 6,1; 5,7 y 5,1 respectivamente, los cuales se mantienen dentro de pH ideal para el riego de cultivos de acuerdo a lo mencionado por Olivieri (2020).

4.5.3. Conductividad Eléctrica

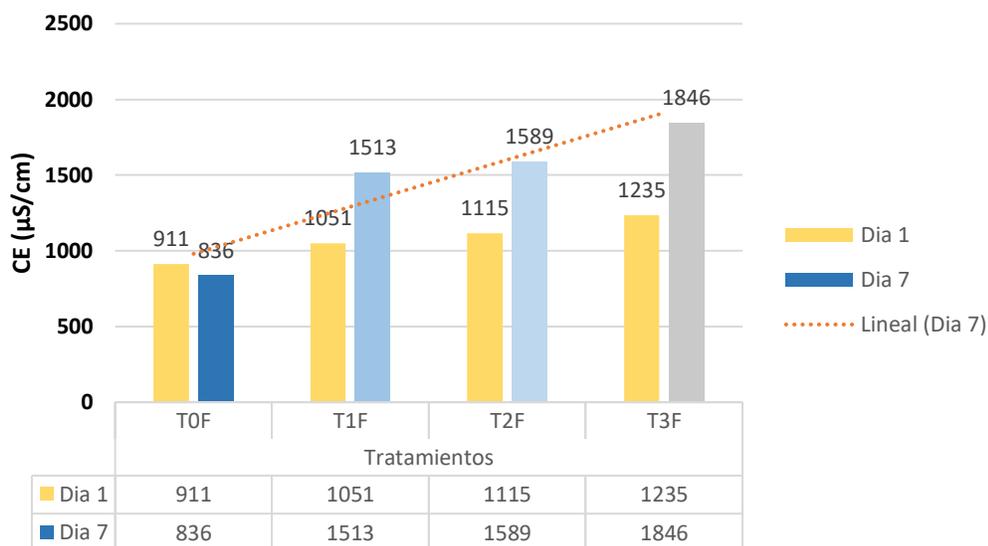
A continuación, se presenta en la figura 5, la información relativa a la conductividad eléctrica de las muestras de agua del río Jillusaya, tanto en su estado original tomado el primer día, como después de ser sometidas por 7 días al tratamiento con Ecolimo.

Figura 5. Conductividad eléctrica del río Jillusaya en ($\mu\text{S}/\text{cm}$), día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.



De manera similar, en la figura 6 se presentan los datos de conductividad eléctrica obtenidos el primer día y posteriormente de un período de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

Figura 6. Conductividad eléctrica de la fuente en ($\mu\text{S}/\text{cm}$), día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo



En la Figura 5 y 6 se presentan los datos de conductividad eléctrica (CE) obtenidos, en los mismos se observa que en el primer día, los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya (T0R, T1R, T2R y T3R) y también en el caso de los tratamientos con muestras de agua de la fuente (T0F, T1F, T2F y T3F), los valores de CE se sitúan en el intervalo de 750 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tal como lo establece la Norma Chilena para agua de riego 1333. Esta norma indica que las aguas que caen dentro de este rango pueden tener impactos adversos en cultivos sensibles.

Después de un período de 7 días de tratamiento con Ecolimo, tanto los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya: T1R, T2R y T3R, como los tratamientos con muestras de agua de la fuente: T1F, T2F y T3F, experimentaron un aumento en sus niveles de conductividad eléctrica (CE), ingresando en el rango de 1500 a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según lo establecido por la norma chilena 1333. Esta norma señala que las aguas que caen en este rango pueden tener efectos perjudiciales en varios cultivos y, por lo tanto, requieren una gestión cuidadosa. En contraste, T0R y T0F que continúan manteniéndose en el rango de 750 a 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Este incremento de la conductividad eléctrica en las muestras de agua tratadas, puede deberse a que, a estas muestras de agua, se les agregó una cantidad de Ecolimo, es decir a mayor

cantidad de Ecolimo agregado, se incrementa la cantidad de solidos totales disueltos en las mismas y por consiguiente su conductividad eléctrica.

4.5.4. Solidos Totales Disueltos (STD)

La información recopilada sobre los sólidos totales disueltos (STD) se representa en las figuras 7 y 8. Estos datos corresponden a las muestras de agua del río Jillusaya y de la fuente de almacenamiento agua de vertiente respectivamente, los mismos, se tomaron tanto el primer día que fue el día, como ya se mencionó en el que se tomaron las muestras de agua y se procedió al armado de tratamientos, como después de un período de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

Figura 7. Solidos totales disueltos (STD) en mg/l en muestras de agua del rio Jillusaya el día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo

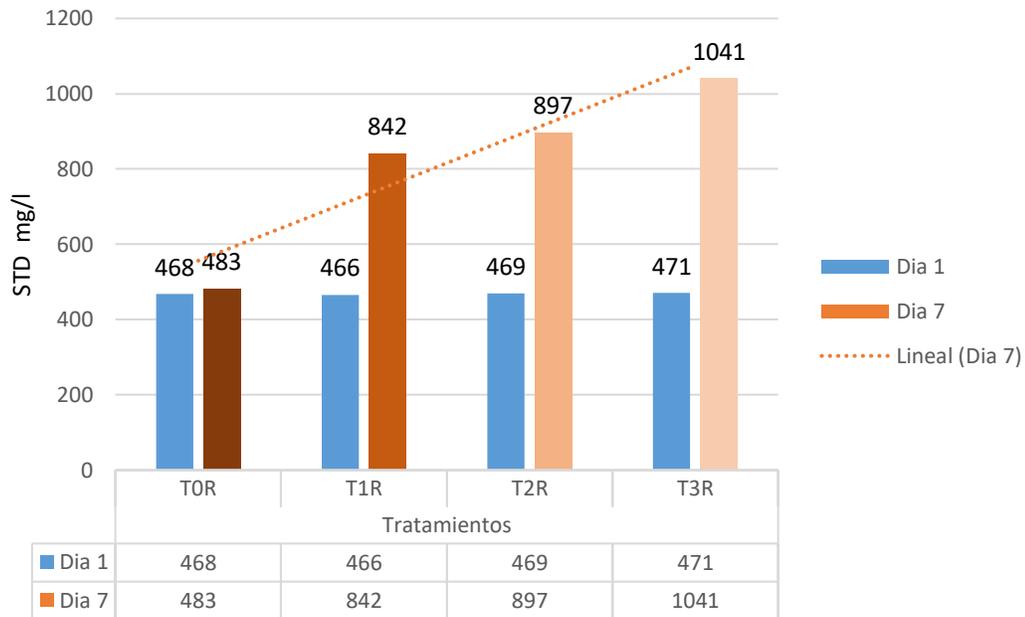
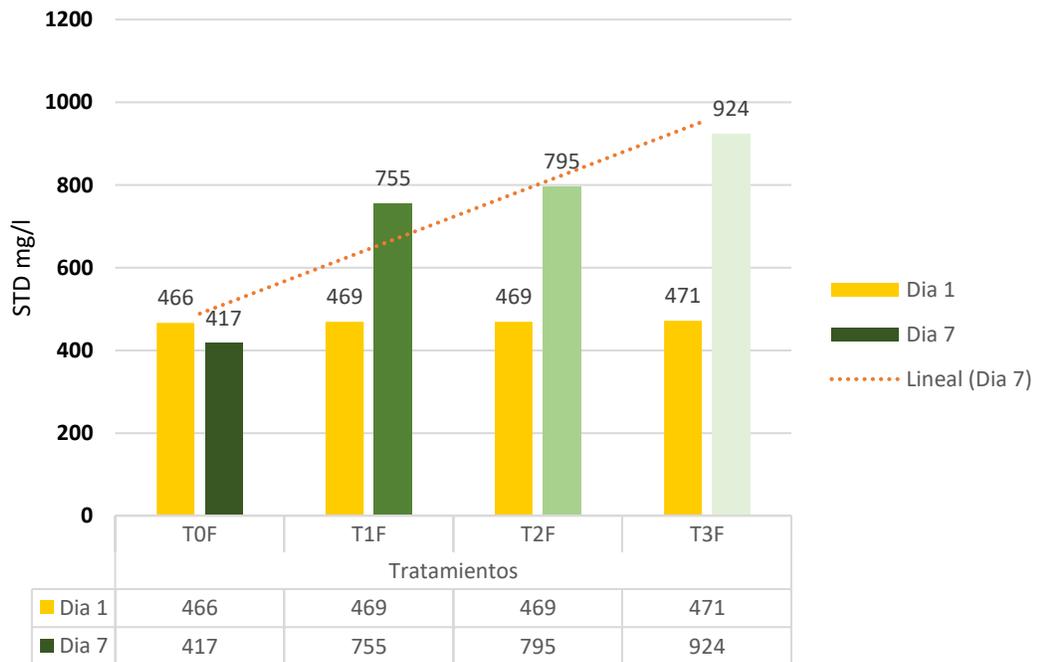


Figura 8. Sólidos totales disueltos (STD) en mg/l en muestras de agua de la fuente el día 1 y día 7 de tratamiento con Ecolimo.



Los valores de sólidos totales disueltos (STD) en el primer día, tanto para los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya: T0R, T1R, T2R y T3R, así como para los tratamientos con muestras de agua de la fuente: T0F, T1F, T2F y T3F, se encuentran dentro del rango de < 500 mg/l, como lo describe la Norma Chilena 1333. Según esta norma, en aguas con estos niveles de STD, generalmente no se esperan efectos adversos.

Después de un período de siete días de tratamiento con Ecolimo, tanto los tratamientos T1R, T2R y T3R como T1F, T2F y T3F experimentaron un aumento en los valores de STD, situándose en el rango de 500 a 1000 mg/l, en estos casos, la Norma Chilena 1333, advierte que las aguas que se encuentran en este rango pueden tener efectos perjudiciales en cultivos sensibles, esto puede deberse a la concentración de Ecolimo que se agregó a los tratamientos, a más cantidad de Ecolimo se evidencia mayor incremento en la cantidad de sólidos totales disueltos.

4.5.5. Hierro (Fe)

A continuación, en las figuras 9 y 10 se detallan los resultados obtenidos en lo que respecta a la concentración de hierro en las muestras de agua del río Jillusaya y en la fuente de almacenamiento de agua de vertiente después de un período de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

Figura 9. Hierro en mg/l de muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

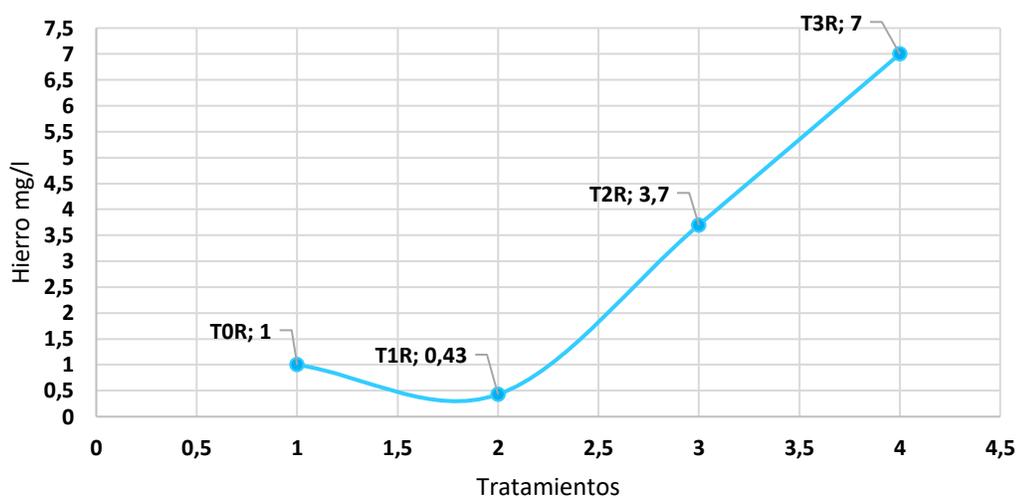
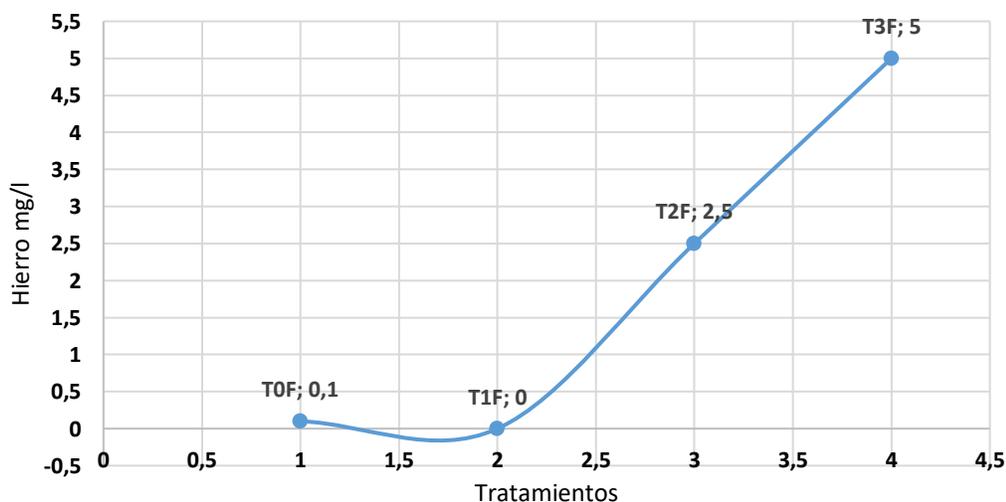


Figura 10. Hierro en mg/l de muestras de agua del de la fuente después de 7 días de tratamiento con Ecolimo



En lo que respecta a los niveles de hierro medidos después de un tratamiento de siete días con Ecolimo, se puede observar en las Figuras 7 y 8 que tanto T0R, T1R,

T2R como T0F, T1F, T2F y T3F se mantienen dentro del límite máximo permitido según la norma chilena 1333, que es de 5 mg/l. Sin embargo, en el tratamiento T3R se registró un valor de 7 mg/l, lo cual supera el valor máximo permitido en el agua destinada para riego.

4.5.6. Carbonatos

Los valores de carbonatos obtenidos se detallan en las tablas 13 y 14. En todos los tratamientos, tanto en el agua del río Jillusaya como en la fuente de almacenamiento de agua, los niveles de carbonatos se sitúan por debajo de los límites permitidos en cuerpos de agua. Esto asegura que no causarán problemas de toxicidad ni afectarán la salud de las plantas.

Tabla N° 13. Carbonatos en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo

T0R	T1R	T2R	T3R
< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

Tabla N° 14. Carbonatos en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo

T0F	T1F	T2F	T3F
< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0

4.5.7. Sulfatos

Los niveles de sulfatos medidos en T1R, T2R y T3R superan el límite establecido por la norma chilena 1333, que es de 250 mg/l. Por otro lado, los valores obtenidos en T1F y T2F se encuentran dentro del límite permitido para el agua utilizada en riego, como se puede apreciar en las Figuras 11 y 12.

Figura 11. Sulfatos en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo

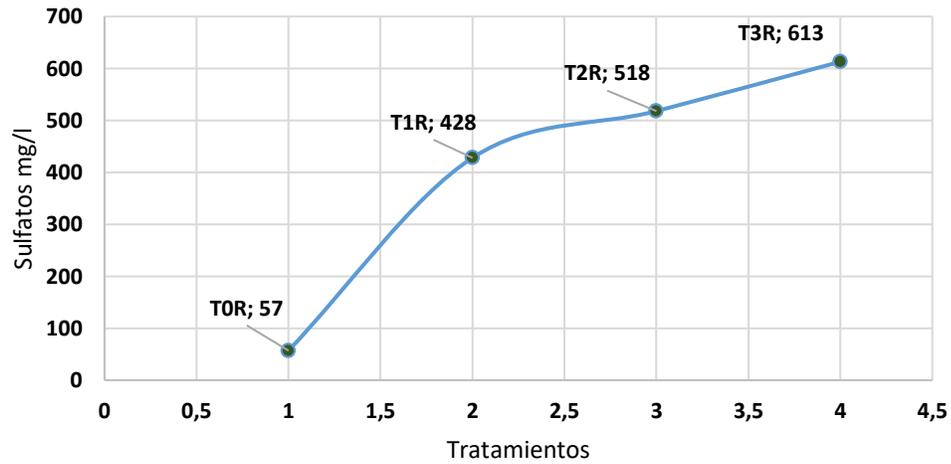
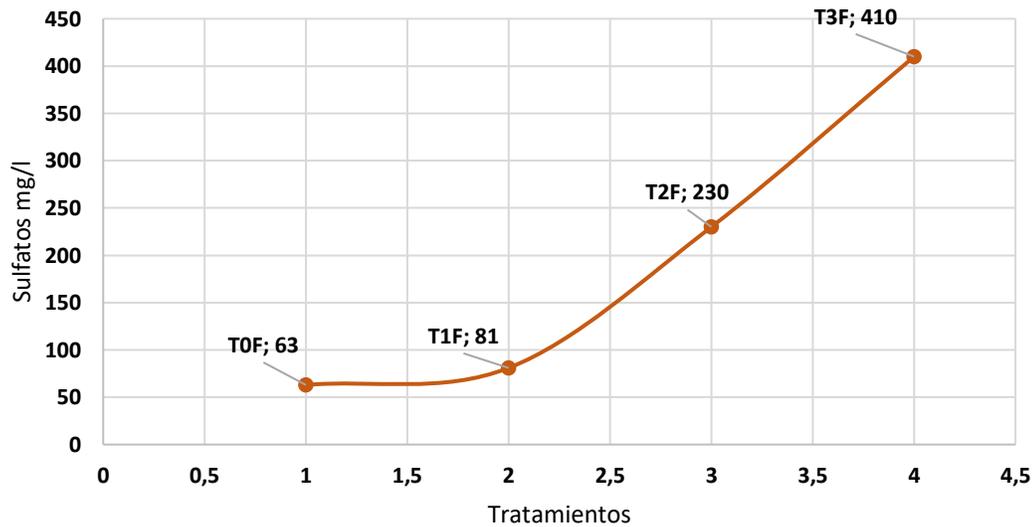


Figura 12. Sulfatos en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo



4.5.8. Calcio (Ca)

Al analizar los datos de los niveles de calcio en las muestras de agua del río Jillusaya, se observa que en el tratamiento T0R se obtuvo un valor de 42 mg/l. Comparando esto con los valores obtenidos en los tratamientos T1R, T2R y T3R, que fueron de 117, 130 y 148 mg/l respectivamente, se aprecia un aumento en los niveles de calcio en las aguas del río Jillusaya después del tratamiento con Ecolimo.

Por otro lado, en las muestras de agua la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, se obtuvieron valores de 73, 163, 170 y 182 mg/l en T0F, T1F, T2F y T3F respectivamente. De manera similar, se observa un aumento en los niveles de calcio en los tratamientos de agua de vertiente que recibieron tratamiento con Ecolimo. Teniendo en cuenta el valor máximo permitido por la norma boliviana 512, que es de 200 mg/l, se puede concluir que todos los tratamientos tanto en el agua del río Jillusaya como en la fuente de agua de vertiente se mantienen por debajo de este límite máximo permitido.

Los datos relativos a los niveles de calcio obtenidos en las muestras de agua del río Jillusaya y en la fuente de almacenamiento de agua de vertiente se encuentran detallados en las Figuras 13 y 14.

Figura 13. Datos de calcio en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya después de 7 días de tratamiento con Ecolimo

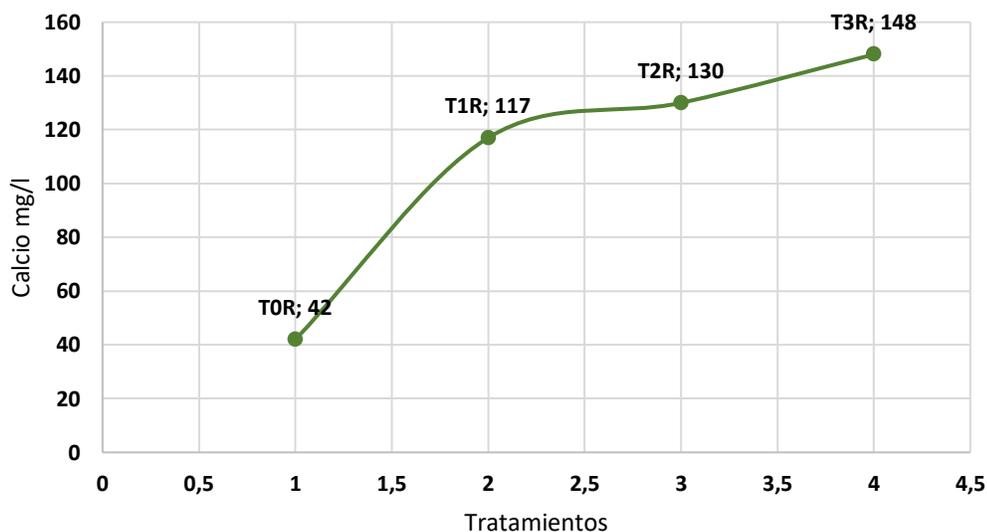
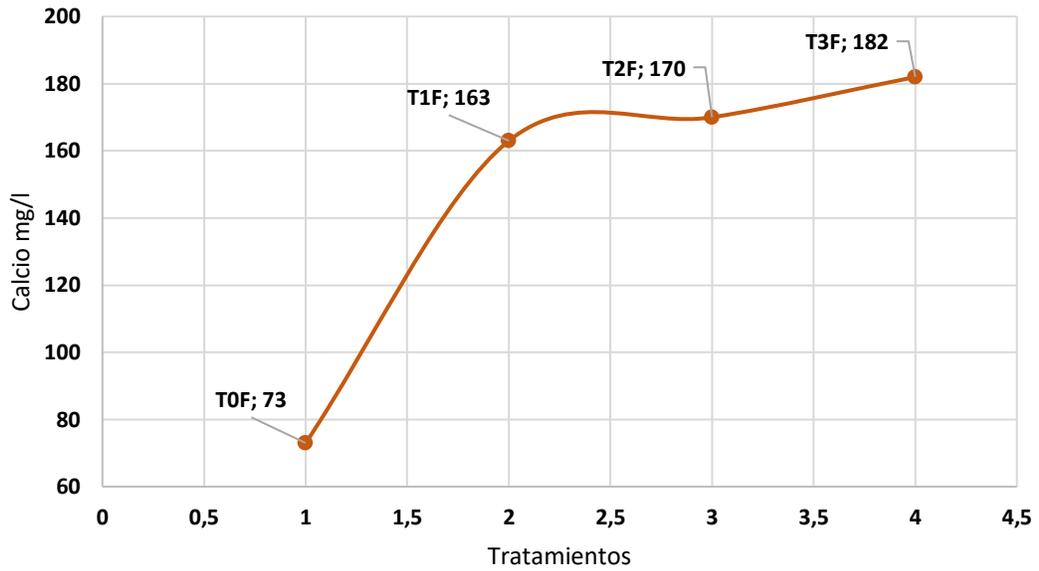


Figura 14. Datos de calcio en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo



4.5.9. Magnesio (Mg)

En las figuras 15 y 16 que se presentan a continuación, se pueden apreciar los datos recopilados sobre los niveles de magnesio en las muestras de agua tanto del río Jillusaya como de la fuente de agua de almacenamiento de agua de vertiente

Figura 15. Datos de magnesio en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo

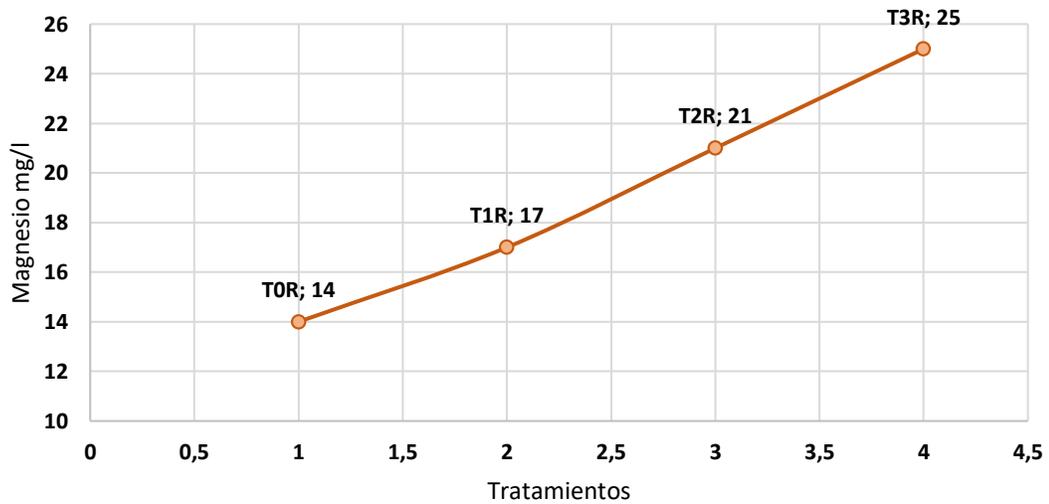
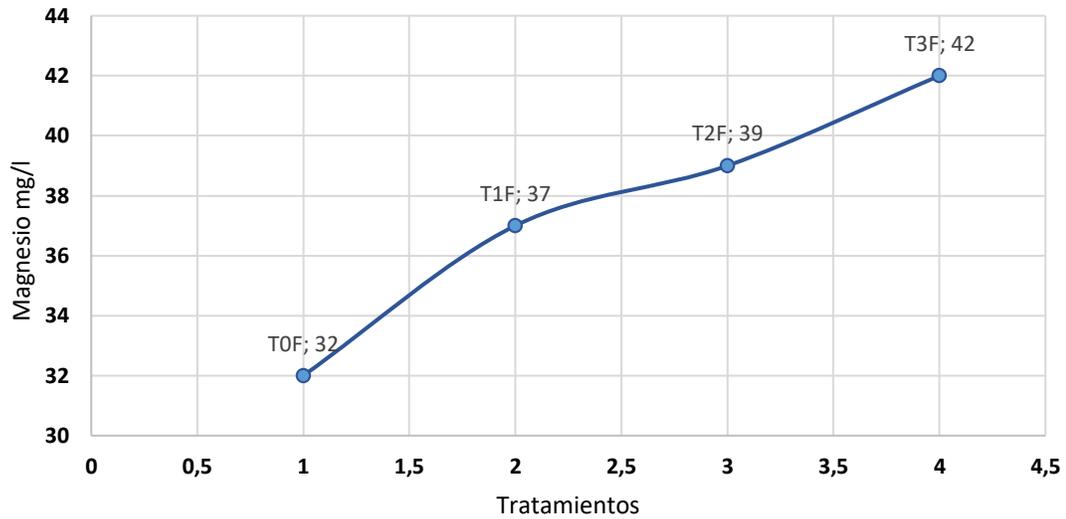


Figura 16. Datos de magnesio en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.



Al igual que el calcio, el magnesio en el agua tiende a originarse en la roca y, por lo general, sólo causa problemas cuando está por debajo de 25 mg/l, lo que hace necesaria la adición de magnesio en el abono. El magnesio también puede causar la formación de incrustaciones en concentraciones altas, lo que puede requerir el ablandamiento.

En lo que respecta a los tratamientos con agua del río Jillusaya, se registraron valores de 14 mg/l para T0R y 17, 21, y 25 mg/l para T1R, T2R y T3R, respectivamente. Estos valores se sitúan por debajo del límite permitido estipulado por la Norma Boliviana 512, que es de 150 mg/l.

En cuanto a los tratamientos con agua de vertiente, se obtuvieron valores de 31, 37, 39 y 42 mg/l para T0F, T1F, T2F y T3F, respectivamente. Estos valores también se mantienen por debajo del límite permitido establecido por la Norma Boliviana 512.

4.5.10. Potasio (K)

Niveles elevados de potasio por lo general no plantean preocupaciones significativas para el crecimiento de las plantas. Concentraciones superiores a 10 mg/l pueden indicar la presencia de contaminantes en el agua, como fertilizantes u

otras fuentes artificiales. Los niveles de potasio en el agua son más útiles para determinar los requisitos generales de fertilización para las plantas que reciben el agua de riego. En cuanto a los valores de potasio obtenidos en las muestras de agua tanto del río Jillusaya como de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, estos se encuentran detallados en las Figuras 17 y 18.

Figura 17. Datos de potasio en mg/l en muestras de agua del rio Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

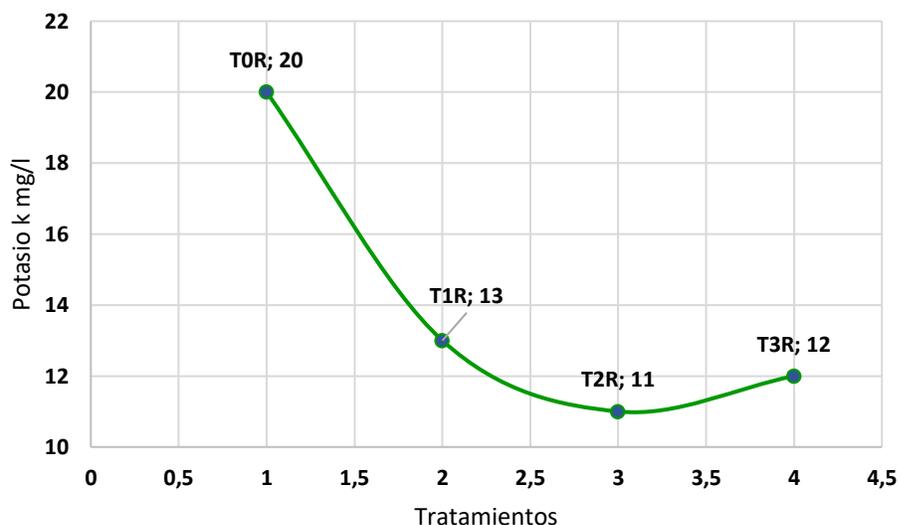
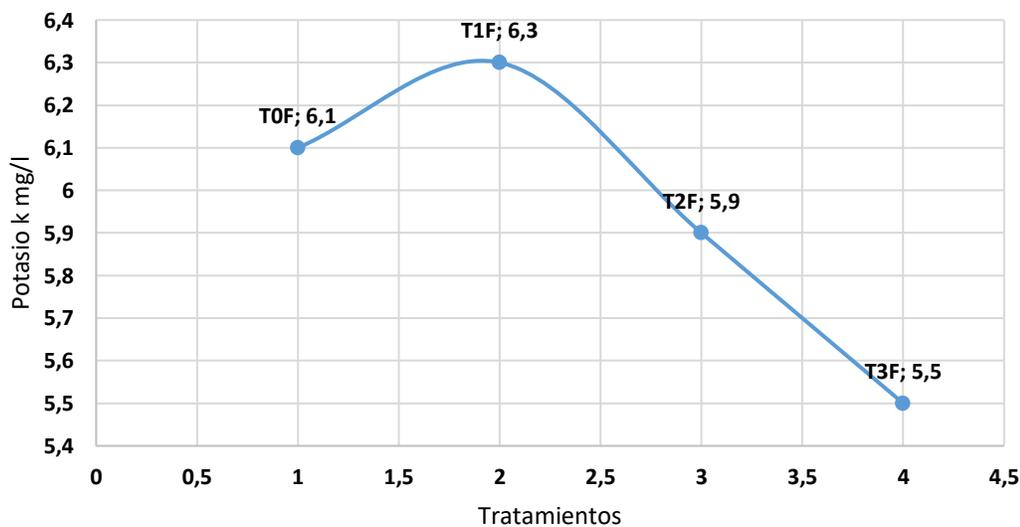


Figura 18. Datos de potasio en mg/l en muestras de agua del a fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo



Los niveles de potasio medidos en el agua del río Jillusaya después del tratamiento con Ecolimo fueron de 13, 12 y 11 mg/l para T1R, T2R y T3R, respectivamente. Estos valores representan una disminución con respecto al nivel inicial de potasio, que era de 20 mg/l. Lo mismo ocurrió con el agua tratada de la fuente, que inicialmente tenía un nivel de 6.1 mg/l en T0F, y después del tratamiento con Ecolimo se obtuvieron valores de 6.3, 5.9 y 5.5 mg/l para T1F, T2F y T3F, respectivamente. Es importante destacar que no existe una normativa específica que establezca un límite permitido para los valores de potasio en el agua destinada al riego. Sin embargo, considerando el límite establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la presencia de potasio en aguas, que es de 1000 mg/l, se puede concluir que los valores obtenidos se encuentran muy por debajo de este límite permitido.

4.5.11. Sodio (Na)

Los valores de sodio obtenidos en las muestras de agua bajo estudio se encuentran detallados en las Figuras 19 y 20.

Figura 19. Datos de sodio en mg/l en muestras de agua del río Jillusaya, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

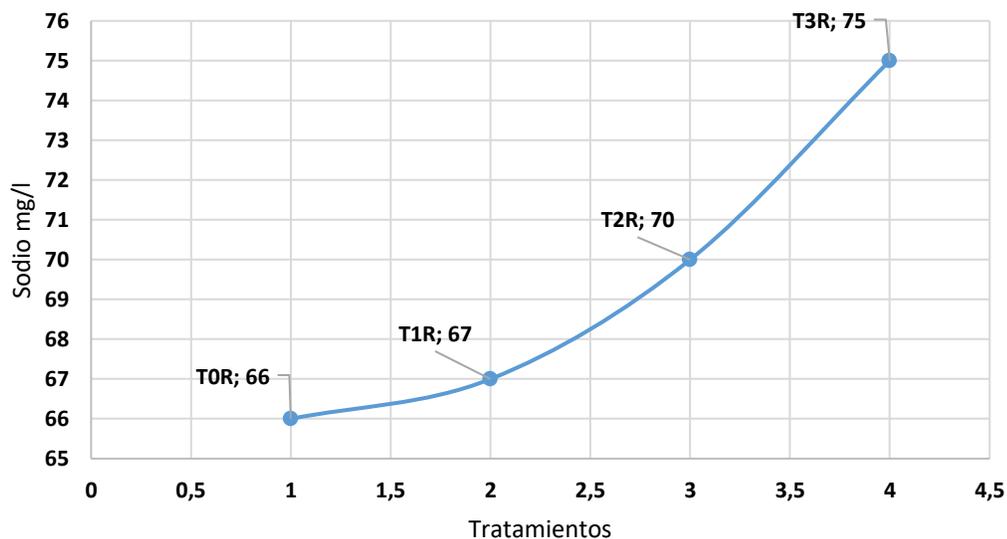
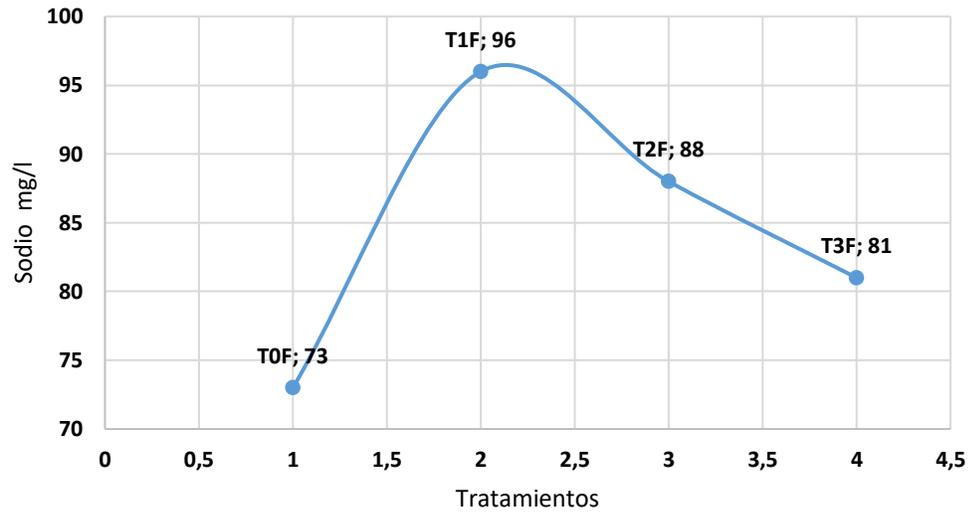


Figura 20. Datos de sodio en mg/l en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo



Los valores de sodio obtenidos para las aguas del río Jillusaya fueron de 66, 67, 70 y 75 para T0R, T1R, T2R y T3R respectivamente. En el caso de las aguas de la fuente tratadas con Ecolimo, los valores fueron de 73, 96, 88 y 81. Esto muestra una reducción en los niveles de sodio en las aguas de la fuente después del tratamiento con Ecolimo, pero un aumento de sodio en las aguas del río Jillusaya tratadas con Ecolimo. Es importante destacar que ambos conjuntos de datos superan el límite permisible establecido por la norma chilena 1333, que es de 35 mg/l.

4.5.12. Dureza total (CaCO_3)

Los datos de dureza en las muestras de agua tanto del río Jillusaya como de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente se encuentran representados en las Figuras 21 y 22.

Figura 21. Datos de dureza total en $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$ en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.

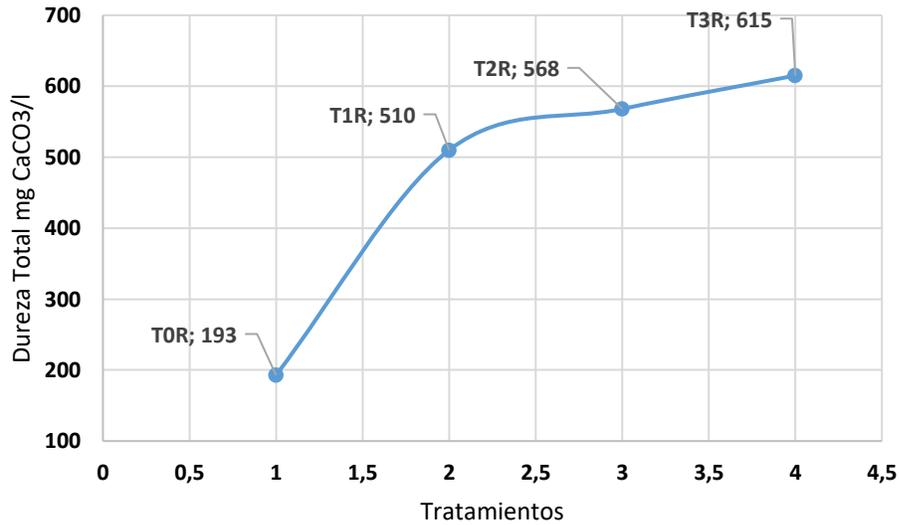
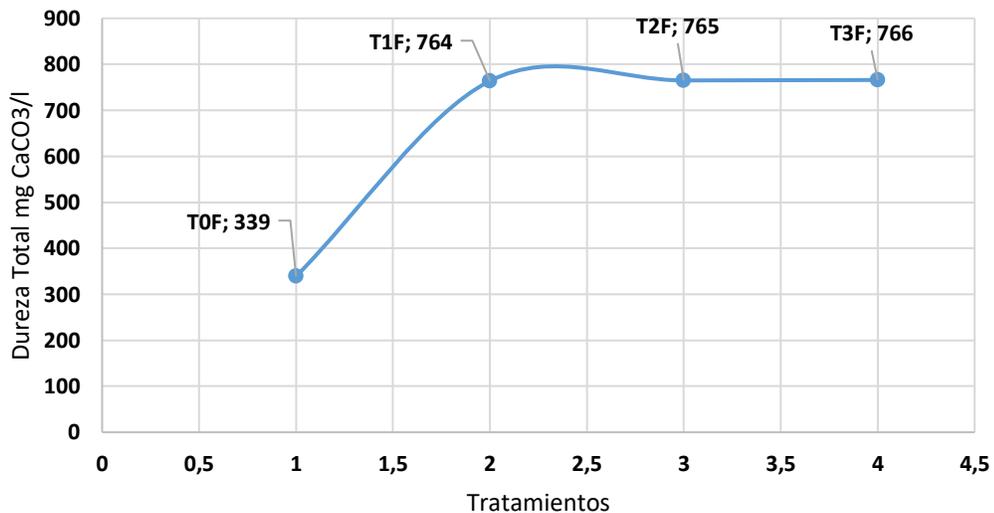


Figura 22. Datos dureza total en $\text{mg CaCO}_3/\text{l}$, en muestras de agua de la fuente, después de 7 días de tratamiento con Ecolimo.



La dureza viene determinada por el contenido de calcio y magnesio del agua, dado que el calcio y el magnesio son nutrientes esenciales para las plantas, los niveles moderados de dureza de 100 a 150 mg/l se consideran ideales para el crecimiento de las plantas, estos niveles de dureza también inhiben la corrosión del sistema de fontanería, pero no son lo suficientemente elevados como para provocar atascos graves por la formación de incrustaciones.

Las altas concentraciones de dureza por encima de 150 mg/l se acumulan en las superficies de contacto, taponan las tuberías y los conductos de riego y dañan los calentadores de agua, estos niveles también pueden causar depósitos foliares de cal. La eliminación de la dureza mediante el uso de un ablandador de agua es necesaria sólo si el agua está causando problemas por lo contrario el agua extremadamente blanda, por debajo de 50 mg/l, puede requerir una fertilización con calcio y magnesio.

La Dureza Total en los tratamientos T1R, T2R y T3R, así como en T1F, T2F y T3F presentan valores por encima del límite permitido por la Norma Boliviana 512 el cual es de 500 mg/l y serian clasificadas como aguas muy duras.

4.5.13. Turbidez

En cuanto a la turbidez, se observa que en los tratamientos T1R, T2R y T3R, así como en T1F, T2F y T3F, se produce una coagulación de las partículas en suspensión en el agua. Esto permite que estas partículas precipiten, lo que da como resultado un agua con una apariencia más clara en estos tratamientos. Por otro lado, en los tratamientos T0R y T0F, que no recibieron dosis de Ecolimo, aún presentan una mayor turbidez en las muestras de agua.

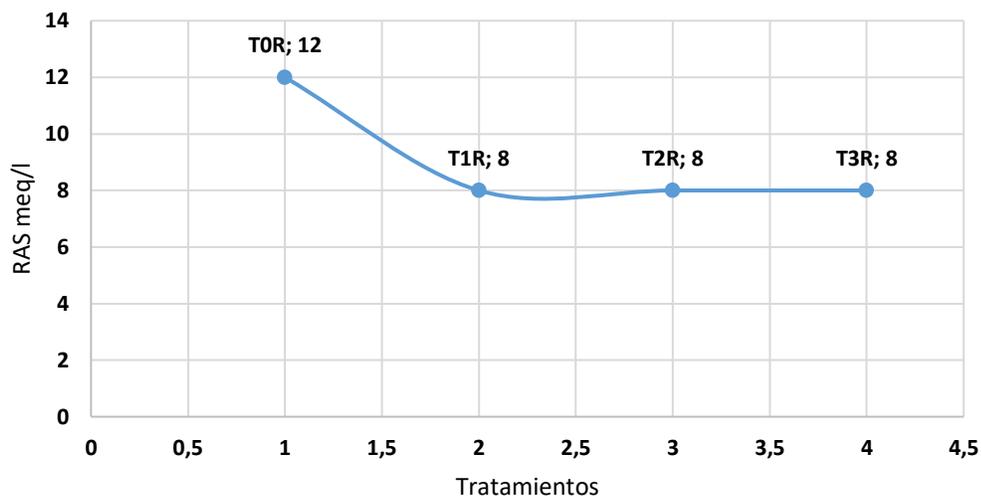
4.5.14. Relación de Absorción de Sodio (RAS)

A continuación, en la figura 23 se puede observar los datos calculados de la relación de absorción de sodio RAS correspondiente a los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya, los mismo muestran en T1R, T2R y T3R una disminución del RAS a 8 meq/l, comparándolo con T0R que presenta 12 meq/l de RAS.

En el caso de T1R, T2R y T3R el valor del RAS nos indica según la USDA son aguas bajas en sodio S1, que pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio. Con respecto al valor del RAS obtenido para T0R la USDA nos indica que son aguas medias en sodio S2, estas aguas solo

pueden usarse en suelos de textura liviana (gruesa) o en suelos orgánicos de buena permeabilidad

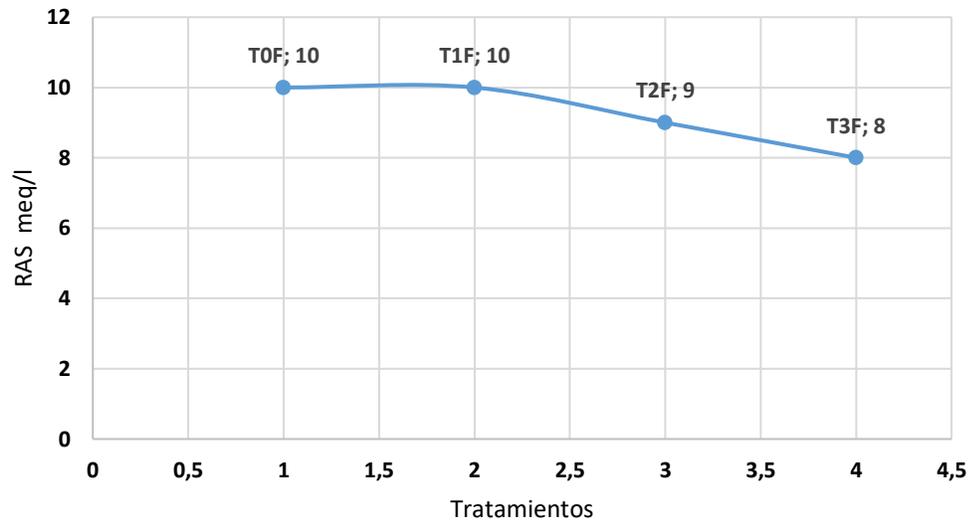
Figura 23. Datos del RAS en meq/l de tratamientos con muestras de agua del rio Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo



De manera similar en la figura 24 presentada a continuación, se puede observar los datos de RAS calculados para los tratamientos con muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente en los mismos no se observa una diferencia significativa siendo que el valor más bajo se obtuvo con T3F con 8 meq/l con respecto a los resultados obtenidos en el testigo T0F con 10 meq/l.

Con respecto a los resultados obtenidos del RAS para todos los tratamientos según la USDA nos indica que son aguas bajas en sodio S1, que pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio

Figura 24. Datos del RAS en meq/l de tratamientos con muestras de agua de la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo



4.6. Análisis bacteriológicos de los tratamientos de agua del río Jillusaya y de la Fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

4.6.2. Coliformes totales

Tomando en cuenta la norma Chilena 1333 que nos indica como clase excepcional el valor de número más probable NMP/100 ml de coliformes totales según los datos obtenidos en los tratamientos con muestra de agua del río Jillusaya T3R, se denominaría como clase excepcional lo que indica que es un agua de mejor calidad para su uso en riego, a comparación de los tratamientos T0R, T1R y T2R que se clasificarían como clase 1 según la norma chilena 1333 la cual es agua de muy buena calidad. En cuanto a los tratamientos con agua de la fuente T0F, T1F, T2F y T3F, se clasificarían como clase excepcional. Los datos descritos de coliformes totales, se presentan a continuación en las tablas 15 y 16.

Tabla N° 15. Coliformes totales NMP/100 ml, en muestras de agua del río Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo

T0R	T1R	T2R	T3R
>1600	>1600	>1600	130

Tabla N° 16. Coliformes totales NMP/100 ml, en muestras de agua la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo.

T0R	T1R	T2R	T3R
30	< 2	< 2	< 2

4.6.3. Coliformes fecales

Los datos de coliformes fecales registrados después de 7 días de tratamiento con Ecolimo se describen a continuación en las tablas 17 y 18.

Tabla N° 17. Coliformes fecales NMP/100 ml, en muestras de agua del rio Jillusaya después de siete días de tratamiento con Ecolimo.

T0R	T1R	T2R	T3R
>1600	90	17	13

Tabla N° 18. Coliformes fecales NMP/100 ml en muestras de agua la fuente después de siete días de tratamiento con Ecolimo.

T0F	T1F	T2F	T3F
30	< 2	< 2	< 2

Con respecto a los datos obtenidos de coliformes fecales después de su tratamiento con Ecolimo los tratamientos con muestras de agua del rio Jillusaya, T1R, T2R y T3R se clasificarán como clase excepcional según la norma chilena 1333 y T0R se clasificará como clase 1, respecto a los datos obtenidos para los tratamientos con agua de la fuente, todos los tratamientos entrarían dentro la clasificación como clase excepcional.

4.7. Categorización las dos fuentes de agua post aplicación de Ecolimo según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 - Clasificación de cuerpos de agua según su aptitud de uso

El Decreto Supremo No. 24176 – 8 de diciembre de 1995: Reglamentos a la Ley de Medio Ambiente Artículo 2.4 – Reglamento en materia de contaminación hídrica, establece 4 diferentes clases de agua que son: clase A, clase B, clase C y clase D.

Tabla N° 19. Categorización según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 “rio Jillusaya”.

rio Jillusaya									
Parámetro	Unidad de medición	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	Tratamientos			
						T0R	T1R	T2R	T3R
pH		6 - 8.5	6 - 9	6 - 9	6 - 9	8.3	6	6	5
STD	mg/l	1000	1000	1500	1500	483	842	897	1041
Fe	mg/l	0,3	0,3	1,0	1,0	1	0,43	3,7	7
Sulfatos	mg/l	300	400	400	400	57	428	518	613
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<50	<1000	<1000	<1000	>1600	90	17	13
Calcio (Ca)	mg/l	200	300	300	400	42	117	130	148
Magnesio (Mg)	mg/l	100	100	150	150	14	17	21	25
Sodio (Na)	mg/l	200	200	200	200	66	67	70	75

Tomando en cuenta la Norma Boliviana y el Reglamento de la Ley del Medio Ambiente en caso del testigo T0R, se puede observar que tiene los valores del pH, solidos totales disueltos, sulfatos calcio, magnesio y sodio dentro de los valores mínimos permitidos que lo denominarían como agua de clase A, sin embargo, tiene el valor de hierro como Clase C y el valor de Coliformes fecales como Clase D.

En cuanto al T1R se mantuvieron como clase A los valores de pH, solidos totales disueltos, calcio, magnesio y sodio, el valor de hierro también se mantiene como clase C, en el caso del dato de sulfatos este desciende a clase C y por último el valor de coliformes fecales asciende a clase A.

Pasando al tratamiento T2R en los datos obtenidos se tiene los valores de pH, solidos totales disueltos, coliformes fecales, calcio, magnesio y sodio clasificados dentro de la clase A, y los valores de hierro y sulfatos dentro de la clase D, con lo cual se puede decir que se obtuvo una reducción de la cantidad de coliformes fecales presentes en la muestra de agua del tratamiento dos.

Por último, en el tratamiento T3R se obtuvieron los datos de coliformes fecales, calcio, magnesio y sodio clasificadas dentro de la clase A, los valores de pH, hierro

y sulfatos dentro de la clase D, y el valor de solidos totales disueltos dentro de la clase C.

Tabla N° 20. Categorización según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 “Fuente de almacenamiento de agua de vertiente”

Fuente de almacenamiento de agua de vertiente									
Parámetro	Unidad de medición	CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D	Tratamientos			
						T0F	T1F	T2F	T3F
pH		6 - 8.5	6 - 9	6 - 9	6 - 9	7,8	6,1	5,7	5,1
STD	mg/l	1000	1000	1500	1500	417	755	795	924
Hierro (Fe)	mg/l	0,3	0,3	1,0	1,0	0,1	0	2,5	5
Sulfatos	mg/l	300	400	400	400	63	81	230	410
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<50	<1000	<1000	<1000	30	< 2	< 2	< 2
Calcio (Ca)	mg/l	200	300	300	400	73	163	170	182
Magnesio (Mg)	mg/l	100	100	150	150	32	37	39	42
Sodio (Na)	mg/l	200	200	200	200	73	96	88	81

En el caso de los datos obtenidos de las muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua e vertiente en el testigo T0F, se observan que todos los parámetros analizados se encuentran dentro de los límites establecidos por la Norma Boliviana y el Reglamento de la Ley del Medio Ambiente, en el tratamiento T1F, después de ser tratado con 1% de Ecolimo los datos de solidos totales disueltos, hierro, sulfatos, coliformes fecales, calcio, magnesio, sodio, se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la norma boliviana, sin embargo en el caso del pH se observó una disminución del mismo de 7,8 a 6,1 elevando levemente la acides de la muestra de agua.

En el tratamiento T2F los datos de solidos totales disueltos, sulfatos, coliformes fecales, calcio, magnesio, sodio, se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la ley de medio ambiente categorizándose dentro de la clase A, se observó también una disminución del pH bajando de 7,8 a 5,7 y un incremento de la cantidad

de los mg de hierro presentes en la muestra de 0,1 a 2,5 categorizando estos parámetros dentro de la clase B y D respectivamente

Finalmente, en el caso del tratamiento T3F los datos de sólidos totales disueltos, coliformes fecales, calcio, magnesio, sodio, se mantuvieron dentro de la clase A y los datos de pH se observó una disminución de 7,8 a 5,1, así también se observó un incremento de los mg de hierro y sulfatos de 0,1 a 5 y de 63 a 410 mg respectivamente entrando dentro de la clase D.

4.8. Categorización las dos fuentes de agua post aplicación de Ecolimo según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego

La norma secundaria considera un total de 61 parámetros que son utilizados para caracterizar el agua en clases o categorías las que se relacionan con su uso potencial y su valor ambiental. La normativa se refiere a cuatro clases.

Las clases de calidad asociadas a la protección de las aguas continentales superficiales para la protección y conservación de las comunidades acuáticas y para los usos prioritarios son las siguientes:

- a) Excepcional:** Indica un agua de mejor calidad que la clase 1, que su extraordinaria pureza y escasez, forma parte del patrimonio ambiental de la República de Chile. Esta calidad es adecuada también para la conservación de las comunidades acuáticas y demás usos definidos en esta norma cuyos requerimientos de calidad sean inferiores a esta clase.
- b) Clase 1:** Muy buena calidad. Indica un agua apta para la protección y conservación de las comunidades acuáticas, para el riego irrestricto y para los usos en las clases 2 y 3.
- c) Clase 2:** Buena calidad. Indica un agua apta para el desarrollo de la acuicultura, de la pesca deportiva y recreativa y para los usos comprendidos en la clase 3.
- d) Clase 3:** Calidad regular. Indica un agua adecuada para bebida de animales y para riego restringido.

De acuerdo a los lineamientos de estas normas secundarias de calidad ambiental, las clases de calidad comprendidas entre la Clase de Excepción y la Clase 3, son aptas para la captación de agua para potabilización, dependiendo del tratamiento a utilizar.

Las aguas que exceden los límites establecidos para la Clase 3 representaran un agua de mala calidad (Clase 4), no adecuada para la conservación de las comunidades acuáticas ni para el uso prioritario a los que se hace referencia en los párrafos anteriores, sin perjuicio de su utilización en potabilización con tratamiento apropiado y/o aprovechamiento industrial.

Tabla N° 21. Categorización según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego "Río Jillusaya".

Río Jillusaya									
Parámetro	Unidad de medición	Clase de excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Tratamientos			
						T0R	T1R	T2R	T3R
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<10	1000	2000	5000	>1600	90	17	13
Coliformes totales	NMP/100 ml	<200	2000	5000	10000	>1600	>1600	>1600	130

Según la Norma chilena 1333 de clasificación de agua para su uso en riego, tomando en cuenta sus indicadores microbiológicos para los tratamientos aplicados a las muestras de agua del río Jillusaya se tienen los valores de T0R para coliformes fecales dentro de la clase 3, y para coliformes totales dentro de la clase 2, en cuanto a los tratamientos con Ecolimo T1R, T2R y T3R se tienen los valores de coliformes fecales dentro de la clase 1, el valor de T1R y T2R para coliformes totales se mantiene dentro de la clase 2 y se observó una reducción de los coliformes totales en T3R en el cual se obtuvo un valor dentro de la clase de excepción.

Tabla N° 22. Categorización según la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego “Fuente de almacenamiento de agua de vertiente”.

Fuente de almacenamiento de agua de vertiente									
Parámetro	Unidad de medición	Clase de excepción	Clase 1	Clase 2	Clase 3	Tratamientos			
						T0F	T1F	T2F	T3F
Coliformes fecales	NMP/100 ml	<10	1000	2000	5000	30	< 2	< 2	< 2
Coliformes totales	NMP/100 ml	<200	2000	5000	10000	30	< 2	< 2	< 2

Para la clasificación de los valores obtenidos de los tratamientos de las muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente también comparándolos con los valores que establece la norma chilena 1333 se obtuvo para T0F para coliformes fecales un valor dentro de la clase 1 y para coliformes totales un valor dentro de la clase de excepción para los tratamientos con Ecolimo T1F, T2F y T3F tanto para coliformes fecales como para coliformes totales se obtuvieron valores dentro de la clase de excepción observando una reducción de los coliformes fecales comparándolos con el tratamiento T0F.

En general observando los resultados obtenidos se puede evidenciar que en el caso de los tratamientos con muestras de agua del río Jillusaya se tuvo un mayor impacto en la reducción de organismos bacteriológicos como ser coliformes fecales reduciéndolos de 1600 hasta 13 NMP/100 ml y coliformes totales de 1600 a 130 NMP/100ml con el tratamiento T3R, es importante mencionar que si se utilizan aguas contaminadas con coliformes para el riego de cultivos, existe el riesgo de que estos microorganismos contaminen los cultivos y posteriormente, puedan transmitir enfermedades a través del consumo humano de alimentos contaminados. Esto es especialmente preocupante si los cultivos se consumen crudos o insuficientemente cocidos, ya que no habría un tratamiento térmico que mate a los posibles patógenos presentes. En ese sentido (Mamani, 2016) indica un resultado obtenido en análisis bacteriológicos realizados en muestras de agua del río Jillusaya la presencia de coliformes totales en un valor de 9.070.000 a 5.767.466 NMP/100 ml y en los resultados de sus análisis refleja también la presencia de 20 a 153.333.388

NMP/100ml coliformes fecales por lo que indica que se debe tomar en cuenta que el agua del río, por su elevado contenido de Coliformes totales y fecales puede afectar a la salud de los estudiantes que realizan sus prácticas en las diferentes asignaturas. Es en este entendido se puede decir que el tratamiento con Ecolimo si es una alternativa viable para el tratamiento del agua del rio Jillusaya.

En el caso de las los tratamientos con muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente se tuvo mayor impacto con el tratamiento T1F con el cual se redujo el pH de 7,8 hasta 6,1, es importante mencionar que según (Sabspa, 2020) la mayoría de los nutrientes están disponibles con un intervalo de pH comprendido entre 5,5 y 6,5. Otro de los parámetros en los que se obtuvo resultados favorables con el tratamiento T1F es en la disminución de coliformes fecales reduciendo estos de 30 NMP/100 ml a <2 NMP/100 ml, y coliformes totales reduciéndolos igualmente de 30 NMP/100 ml a <2 NMP/100 ml, por lo tanto se puede decir que el tratamiento con Ecolimo ayuda a mejorar la calidad del agua de la fuente para su uso en riego.

Cabe mencionar que el tratamiento con Ecolimo en cualquiera de las dos fuentes en estudio, con los mejores tratamientos obtenidos podrían ser utilizados en el Centro Experimental Cota Cota, como un parte de un tratamiento secundario, es decir sería importante realizar un tratamiento posterior al tratamiento con Ecolimo, esto para estabilizar los demás parámetros en los cuales no se obtuvieron mejoras como ser la conductividad eléctrica, solidos totales disueltos, sulfatos y calcio y mejorar así aún más la calidad del agua para riego en el centro experimental.

Por otro lado en cuanto al uso de aguas residuales en sistemas de riego el (MMyA, 2018) recomienda optar por el riego presurizado utilizando micro aspersores o goteros o en todo caso el riego por gravedad en surcos o melgas, esto debido a que en el riego por aspersión con agua residual que contiene relativamente altas concentraciones de sodio o iones de cloruro, puede causar daño foliar a cultivos sensibles, especialmente donde las condiciones climáticas favorecen la evaporación (zonas donde se presentan altas temperaturas y baja humedad). Un daño similar a los cultivos se presentará cuando el agua residual con altos niveles

de cloro residual (>5 mg/l) sea asperjado directamente sobre las hojas de los cultivos. También es importante la adopción de prácticas que reduzcan el contacto de los cultivos o de sus frutos con el agua de riego, y para mejorar la calidad sanitaria de los productos previos a la comercialización. Entre las prácticas para evitar el contacto del agua de riego con el producto o fruto están el uso de acolchados plásticos, el uso de material tutorial para el envarado de cultivos (estacas de madera con líneas de alambre, hilo u otro material que permita que el cultivo se desarrolle verticalmente, evitando con ello el contacto de los frutos con el agua de riego), la aplicación localizada del riego (goteo), etc. La supresión del último riego antes de la cosecha y el manejo post - cosecha del cultivo. Como ejemplo se puede mencionar el lavado con agua limpia, desinfección (existen algunas alternativas al uso de cloro, tales como el peróxido de hidrógeno, ozono y fosfato trisódico) esto en cultivos que serán consumidos en estado crudo.

En cuanto a otros métodos de desinfección bacteriológica de aguas residuales, existen varios, pero en el caso del Centro Experimental Cota Cota (Quispe, 2015) recomienda tres métodos que son, desinfección con hipoclorito de sodio, ozonización, y desinfección con radiación ultravioleta.

La desinfección con radiación ultravioleta (UV) representa un tipo de desinfectante físico que no deja efecto residual, se ha demostrado en estudios anteriores la eficiencia en 102 la remoción de microorganismos de agua residuales domesticas e industriales con la finalidad de ser reutilizadas (Sánchez et al., 2012).

La acción del ozono se produce cuando las moléculas de oxígeno (O₂) son disociadas por medio de una fuente de energía produciendo átomos de oxígeno que posteriormente chocan con una molécula de oxígeno para formar un gas inestable, el ozono (O₃), es el que se utiliza para desinfección de las aguas residuales según 99 (E.P.A., 1999). Para la generación de ozono es mediante la aplicación de una corriente alterna de alto voltaje (6 a 20 kilovoltios) a través de una brecha entre placas dieléctricas de descarga en donde se encuentra un gas de alimentación que contiene el oxígeno (Silva, Torres, & Madera, 2008).

Respecto a la aplicación de un método de riego con cloro hace mención (Guillermo & Suenas, 1995) juntamente a la OMS, que el método preferido para la eliminación de agentes patógenos, en el caso de los coliformes, es el tratamiento biológico seguido de la cloración controlada.

Realizando una comparación del Ecolimo con los 3 otros métodos de desinfección mencionados, resalta que el Ecolimo, deja residuos químicos en el agua tratada, como ser el incremento de sulfatos y calcio, al igual que el hipoclorito de sodio puede proporcionar un efecto residual en el agua tratada, lo que significa que continúa desinfectando el agua incluso después de la aplicación inicial. Esto puede ser beneficioso para mantener la calidad del agua a lo largo del tiempo (EPA, 1999). Al contrario de lo que ocurre con la desinfección con rayos UV y ozonización que no dejan residuos químicos en el agua tratada, lo que las hace adecuadas para aplicaciones donde se desea evitar la adición de productos químicos según lo mencionado por (Sánchez et al., 2012) y (Pérez, 2002).

En lo que respecta al costo del Ecolimo, según la información proporcionada por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y la empresa japonesa YUFU el costo aproximado de 1 Kg de Ecolimo sería de 5 Bs. Lo que, en relación a los tratamientos utilizados en la presente investigación, y realizando los cálculos para el tratamiento de 1 m³ de agua, se traduciría en T1 = 10 Kg/m³ tendría un costo de 50 Bs/m³, T2 = 30 Kg/m³ tendría un costo de 150 Bs/m³ y T3 = 50 Kg/m³ tendría un costo de 250 Bs/m³.

5. CONCLUSIONES.

- En cuanto a la calidad fisicoquímica de las fuentes de agua en estudio antes de la aplicación de Ecolimo, los resultados indican lo siguiente:

Para el agua del río Jillusaya, los parámetros de control mínimo revelan un pH que oscila entre 7.3 a 7.6, una conductividad eléctrica en el rango de 962 a 1385 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y sólidos totales disueltos que se sitúan entre 468 a 471 mg/l. Por otro lado, para las muestras de agua tomadas de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente previo al tratamiento con Ecolimo, se observan valores de pH entre 6.1 y 6.9, conductividad eléctrica que varía de 911 a 1235 $\mu\text{S}/\text{cm}$, y sólidos totales disueltos que se encuentran en un intervalo de 466 a 471 mg/l. Estos tres parámetros de control mínimo de calidad sugieren que tanto las aguas del río Jillusaya como las de la fuente, antes de ser tratadas con Ecolimo, podrían considerarse como de calidad buena a marginal. Esto las categoriza como aguas de utilidad general, según lo estipulado en los Reglamentos de la Ley de Medio Ambiente, de acuerdo al Decreto Supremo No. 24176.

- En relación a la dosis óptima de Ecolimo para el tratamiento del agua del río Jillusaya al analizar los antecedentes sobre su calidad, se evidencia que el principal problema de estas aguas radica en su contaminación bacteriológica, es así que tomando en cuenta esto, el tratamiento T3R obtuvo los mejores resultados. Esto se debió a la notable mejora en la reducción de la presencia de coliformes fecales, alcanzando una disminución de aproximadamente <1500 NMP/100 ml, y en coliformes totales obteniendo una reducción de aproximadamente <1400 NMP/100 ml en comparación con el testigo. Además, al considerar los otros parámetros de control como el pH, la conductividad eléctrica (CE) y los sólidos totales disueltos (STD), se concluye que la dosis T3R, es más eficaz para el tratamiento del agua del río Jillusaya, especialmente en su aplicación para riego y que el Ecolimo ofrece una alternativa efectiva para la desinfección bacteriológica del agua del Río Jillusaya

- En cuanto a la dosis optima de Ecolimo para el tratamiento de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente se obtuvieron mejores resultados con T1F, debido a que revisando los antecedentes sobre la calidad del agua de la fuente, se destaca que el principal problema es su alta alcalinidad y es con el tratamiento T1F que se redujo el pH de las muestras de agua de la fuente de 7.8 a 6.1, además se obtuvo una disminución en la presencia de coliformes fecales obteniendo un dato de <2 NMP/100 ml, es así que finalmente y al considerar los demás parámetros de control se concluye que la dosis T1F es más eficaz para el tratamiento del agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente, particularmente en su aplicación para riego.
- Cabe mencionar que, en todos los tratamientos, se observó una mejora significativa en la turbidez de las muestras de agua, gracias a la acción coagulante del Ecolimo. Esta mejora contribuyó a una apariencia física notablemente mejorada de las muestras, que resultaron ser prácticamente cristalinas.
- Finalmente, se logró realizar la categorización de las dos fuentes de agua en estudio, según al reglamento a la ley de medio ambiente - Decreto Supremo N° 24176 y la Norma Chilena 1333 - Clasificación de cuerpos de agua para su uso en riego como se puede observar en las tablas 19, 20, 21 y 22

6. RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se recomienda:

- Realizar un estudio que contemple ampliar el número de parámetros evaluados y extender los tiempos de tratamiento con Ecolimo.
- Basándonos en los resultados, sería beneficioso realizar pruebas de irrigación con estas aguas tratadas en diversos cultivos con el objeto de evaluar los parámetros cuantitativos y cualitativos de la misma.
- Realizar una investigación evaluando la relación de costos, comparando el tratamiento con Ecolimo con otros métodos utilizados para el tratamiento de aguas residuales para riego.
- Finalmente, con base a los resultados obtenidos se recomienda utilizar el Ecolimo como parte de un tratamiento secundario, utilizando la dosis T3 para el tratamiento de agua de río Jillusaya y T1 para el tratamiento de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente.

7. BIBLIOGRAFÍA

- AINDEX. (2018). Minerales industriales y sus aplicaciones. *Aindex.es*, 1-4.
- Aparicio, M., & Diaz, A. (2013). Parasitos intestinales. *Guia temas clinicos*, 1-11.
- Angel, M. (2017). Interpretacion de un analisis de agua. IAGUA.
- Arboleda, J. (2000). Teoria y practica de la purificacion del agua. Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria.
- Ayers, R. S., & Westcot. (1987). La calidad del agua en la agricultura. *Estudio FAO Riego y Drenaje*, 29.
- Banderas, B. M., (2022). La quimica en la tecnologia dell medio ambiente, 2.
- Castro, B. U., & Mollocondo, H. M. (2015). *Aplicacion tecnologica del oxido de hierro en lecho fijo para la reduccion de arsenico de aguas superficiales provenientes del rio tambo a nivel laboratorio*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustin Arequipa.
- Coto, J. (2011). Estudio preliminar del uso de los coagulantes químicos en la coagulación - floculación de aguas residuales. *Tecnología en marcha*, 1-9.
- Duran, H. Z. (2009). *Evaluación del Desempeño de un conjunto de lagunas para el Tratamiento de las Aguas de Riego provenientes del canal Tibanica*. Tesis de grado Maestría en ingeniería Ambienta, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia.
- E.P.A. (1999). Folleto informativo de tecnología de aguas residuales Desinfección con cloro. *Municipal Technology Branch*, 25.
- Extensión, P. S. (2021). *Interpretación de los análisis del agua de riego*. Penn State Extensión.
- FAO. (1987). La calidad de agua en la agricultura. *Estudio FAO Riego y Drenaje*, 174.

- Fuentes, J. L. (1988). *Técnicas de riego, Ministerio de Pesca y Alimentación* (Tercera ed.). Barcelona España.
- Gasc, J. (2002). Parasitosis intestinales. 20.
- Glyn, H., & Hinue, G. (2000). *Ingeniería Ambiental*. Mexico: Hidponoamericana S.A.
- Gomes, J., Garcia, L., & Roldan, F. (2008). *Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (EM®) sobre la calidad de un agua residual doméstica*. Bogota: Microbiología industria.
- Gonsales, C. (2006). *Rastreabilidad de hortalizas para determinar su inocuidad biológica*. Tesis de grado Maestría en ciencias Agricultura Sostenible, San Salvador el Salvador.
- Guillermo, I., & Suenas, L. (1995). Parámetros de Calidad para el Uso de Aguas Residuales. *Guías de Calidad de Efluentes Para la Protección de la Salud*, 13.
- Guzman, A (2014). Determinacion de hierro en aguas de residuales utilizando el metodo de la espectrofotometria. Tesis de grado, Quimica industrial UMSA, 34.
- Helmer, R., & Inaldo, H. (1999). Control de contaminacion del agua. *CEEPIS. OPS/OMS*, 546.
- Henry, J., & Heinke, G. (s.f.). Ingenieria ambiental. *Preince hal*.
- J-TUBE por J-Tech. (20 de Mayo de 2021). *J-TUBE By J-Tech Transfer and Trading*. Obtenido de <http://www.j-tube-by-jtechtt.com>
- Laura, M. S. (2005). *Evaluación de las características físicas, químicas y microbiológicas de las aguas del Rio La Paz y su efecto en el cultivo de lechuga en la Localidad de Huahuas*. Tesis Licenciatura, UMSA, Facultad de Agronomía, La paz, Bolivia.

- Ley 133. (1992). Ley de Medio Ambiente N° 133 decreto supremo N° 22965 del 27 de Abril de 1992. 22.
- Mamani, J. G. (2016). Evaluación de la Calidad físico Química y Bacteriológica del agua de riego de la Estación Experimental de Cota Cota. L a Paz: Universidad Mayor de San Andres.
- Metcalf, E. (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Evacuación y Reutilización de las aguas residuales*. (Vol. I). España: Labor.
- MMAyA. (2012). Inventario Nacional de Sistemas de Riego. *Viceministerio de Recursos Hídricos y Riego. Estado Plurinominal de Bolivia*, 29.
- MMAyA. (2018). Guia tecnica para el rehuso de aguas residuales en la agricultura. *Ministerio de medio ambiente y agua*, 7-31.
- OMS. (1989). Directrices sanitarias sobre el uso de Aguas Residuales en Agricultura y Acuicultura. *Serie de informes técnicos*, 28.
- Olivieri, D. (2020, June 19). La calidad del agua para riego - SAB spa. Retrieved June 16, 2022, from SAB spa website: <https://www.sabspa.com/es/la-calidad-del-agua-para-riego/>
- P. Romero, J. G. (2013). Estudio in- situ de la transformacion termica de limonita utilizada como pigmento procedente de Peru. *Boletin de la Sociedad Española de Ceramica y Vidrio*, 127-131.
- Palacios, O., & Aceves, E. (2000). Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad de agua para riego agrícola. *Alatavista*, 49
- Palmerillas, L. (2005). Depuración y reutilización de aguas residuales para riego. 1-14.
- Penn State Extension. (2021). Interpretación de los análisis de agua de riego. IAGUA.

- Pérez, M. (2006). Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono, una alternativa ecológica. *CONAMA*, 8-17.
- Pompilio, C. (2013). Uso de floculantes de origen natural en el tratamiento de agua en términos de turbidez en el río Santa – Huaraz. Huacho: Universidad Jose Faustino Sanchez Carrion.
- Quino, i., 2006. Determinación de la calidad fisicoquímica de agua subterránea en la región norte y este del Lago Poopó. Tesis de Grado para optar el título de Licenciado en Ciencias Químicas. La Paz Bolivia.
- Rodriguez, J. J., & Marin, F. T. (2001). Calidad de aguas para uso agrícola. *Guía Técnica Pscosecha*, 29.
- Romero, J. (2005). Calidad de agua. *Colombia*, 468.
- Sánchez, M., Villalobos, N., Gutiérrez, E., y Caldera (2012). Diseño de un equipo de desinfección por luz ultravioleta para el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 11-18.
- Siles, A. (2019). Evaluación de la calidad de aguas de ríos y pozos en las colonias japonesas en Bolivia. CETABOL. JICA. Santa Cruz Bolivia. 38 p.
- Silva, J., Torres, P., & Madera, C. (2008). Reúso de aguas residuales domésticas en agricultura. *Agronomía Colombiana* , 347-359.
- Sabspa cheris your water. (2020). *La calidad de agua para riego*. <https://www.sabspa.com/es/la-calidad-del-agua-para-riego/>.
- Sadzawka, R. (2006). Métodos de análisis de aguas para riego, Instituto de Investigaciones agropecuarias, Centro de investigación la Platina Santiago, de Chile 2006.
- Vargas, E. (1992). *Estudio de la flora y vegetación de la cuenca del río Jillusaya (Prov. Murillo, La Paz) como base para un futuro manejo*. Tesis de grado,

Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Carrera de Biología, La Paz Bolivia.

Vega V, M. P. (2005). Calidad del agua de riego. Riego con aguas salinas. En: Cultivo del Olivo con Riego Localizado. *Mundi Prensa*.

VAPSB. (2018). Compendio normativo sobre calidad de Agua para consumo humano. *Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Basico*, 1-17.

Zeballos, M. (2000). *Estudio de los cambios en la composición florística, cobertura vegetal y fenología a lo largo de un ciclo anual en el área permanente de Cota Cota – La Paz*. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Puras y Naturales. Carrera de Biología, La Paz Bolivia.

ANEXOS

ANEXO 1. FOTOGRAFÍAS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.

Foto 1. Rio Jillusaya



Foto 2. Medición del caudal del rio Jillusaya por el método del flotador



Foto 3. Medicion de parametros de control minimo en situ



Foto 4. Toma de muestras de agua del Rio Jillusaya



Foto 5. Toma de muestras de agua de la fuente de almacenamiento de agua de vertiente



Foto 6. Armado de tratamientos con Ecolimo

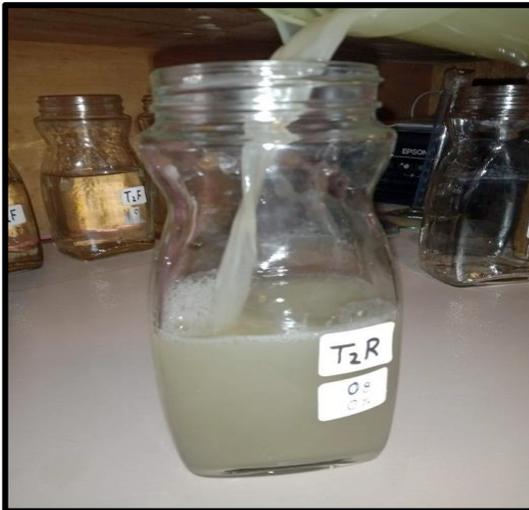


Foto 7. Frascos de muestras despues de 10 dias de tratamiento con Ecolimo



Foto 8. Medicion de parametros de pH, CE,STD



Foto 10. Frascos de muestras con agua del rio Jillusaya el primer dia de tratamiento con Ecolimo



Foto 11. Frascos de muestras con agua del rio Jillusaya despues de 10 dias de de tratamiento con Ecolimo.



Foto 12. Frascos de muestras con agua del rio Jillusaya el primer dia de tratamiento con Ecolimo



Foto 13. Frascos de muestras con agua del rio Jillusaya despues de 10 dias de de tratamiento con Ecolimo



Foto 14. Calculo de Hierro y calcio por el metodo de especto fotometro

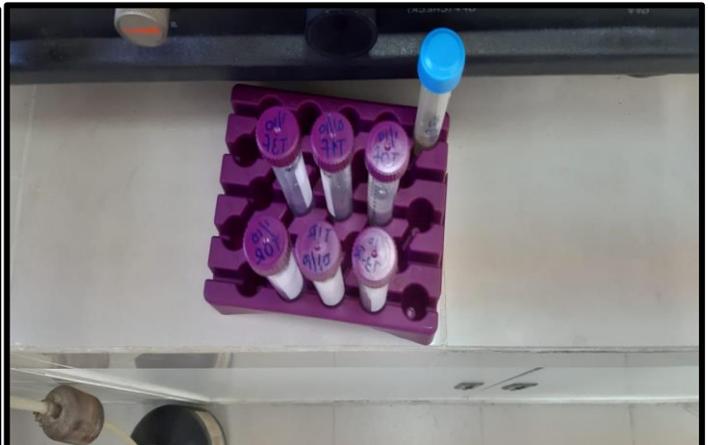
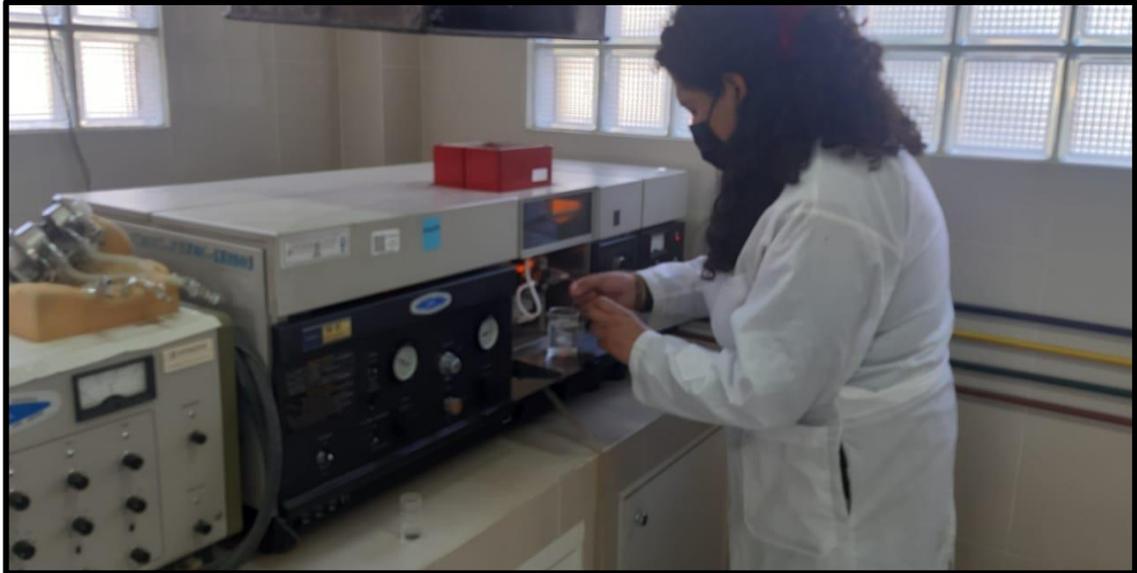


Foto 15. Transporte de muestras para analisis biologico



Foto 16. Transporte de muestras para analisis fisico quimico



ANEXO 2. ANALISIS DE LABORATORIO.

Universidad Mayor de San Andrés
Facultad de Ciencias Puras y Naturales
Instituto de Ecología
Laboratorio de Calidad Ambiental



Informe de Ensayo: A 116/20

Página 1 de 8

INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
Solicitante: **Personal**
Dirección del cliente: **No especificado**
Procedencia de la muestra: **Provincia: Murillo**
Departamento: La Paz
Punto de muestreo: **C.E.C.C.**
Responsable de muestreo: **Yoselin Coronado**
Fecha de muestreo: **16 de noviembre de 2021**
Hora de muestreo: **10:00**
Fecha de recepción de la muestra: **24 de noviembre de 2021**
Fecha de ejecución del ensayo: **Del 24 al 29 de noviembre, 2021**
Caracterización de la muestra: **Muestra no tratada**
Tipo de muestra: **Simple**
Envase: **Botella pet de 500 ml**
Código LCA: **116 - 1**
Código original de muestra: **T0 F**

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T0 F 116 - 1
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	339
Sulfatos	SM 4500-SO ₄ = E	mg/l	1,0	63

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021

Arch/Lca

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, telf..Fax: 2772522
Casilla Correo Central 10077, La Paz Bolivia

INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	C.E.C.C.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	116 - 2
Código original de muestra:	T1 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T1 F 116 - 2
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	766
Sulfatos	SM 4500-SO4 = E	mg/l	1,0	410

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	C.E.C.C.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	116 - 3
Código original de muestra:	T2 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T2 F 116 - 3
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	765
Sulfatos	SM 4500-SO4 = E	mg/l	1,0	230

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 C.E.C.C.
 Punto de muestreo:
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 116 - 4
 Código original de muestra: T3 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T3 F 116 - 4
Carbonatos	EPA 310 - 1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	765
Sulfatos	SM 4500-SO4 = E	mg/l	1,0	81

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA = Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	C.E.C.C.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Muestra no tratada
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	116 - 5
Código original de muestra:	T0 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T0 R 116 - 5
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	193
Sulfatos	SM 4500-SO ₄ = E	mg/l	1,0	57

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	C.E.C.G.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	116 - 6
Código original de muestra:	T1 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T1 R 116 - 6
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	510
Sulfatos	SM 4500-SO ₄ = E	mg/l	1,0	428

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: C.E.C.C.
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 116 - 7
 Código original de muestra: T2 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T2 R 116 - 7
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	568
Sulfatos	SM 4500-SO4 = E	mg/l	1,0	518

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods).
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 C.E.C.C.
 Punto de muestreo: C.E.C.C.
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 116 - 8
 Código original de muestra: T3 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T3 R 116 - 8
Carbonatos	EPA 310.-1	mg/l	3,0	< 3,0
Dureza total	SM 2340 - B	Mg CaCO ₃ /l	2,0	615
Sulfatos	SM 4500-SO ₄ = E	mg/l	1,0	613

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA = Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



Arch/Lca


 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
Solicitante: **Personal**
Dirección del cliente: **No especificado**
Procedencia de la muestra: **Provincia: Murillo
Departamento: La Paz**
Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
Responsable de muestreo: **Yoselin Coronado**
Fecha de muestreo: **16 de noviembre de 2021**
Hora de muestreo: **10:00**
Fecha de recepción de la muestra: **24 de noviembre de 2021**
Fecha de ejecución del ensayo: **Del 24 al 29 de noviembre, 2021**
Caracterización de la muestra: **Muestra no tratada**
Tipo de muestra: **Simple**
Envase: **Botella pet de 500 ml**
Código LCA: **33 - 1**
Código original de muestra: **T0 F**

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T0 F 33 - 1
Calcio	EPA 215 -1	mg/l	0,32	73
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	32
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	6,1
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	73

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA = Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021

JCH/LCA

INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 33 - 2
 Código original de muestra: T1 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T1 F 33 - 2
Calcio	EPA 215 -1	mg/l	0,32	163
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	37
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	6,3
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	96

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 33 - 3
 Código original de muestra: T2 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T2 F 33 - 3
Calcio	EPA 215 -1	mg/l	0,32	170
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	39
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	5,9
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	88

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA = Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
Solicitante: Personal
Dirección del cliente: No especificado
Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
Departamento: La Paz
Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo: 10:00
Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra: Simple
Envase: Botella pet de 500 ml
Código LCA: 33 - 4
Código original de muestra: T3 F

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T3 F 33 - 4
Calcio	EPA 215 -1	mg/l	0,32	182
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	42
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	5,5
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	81

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Muestra no tratada
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 33 - 5
 Código original de muestra: T0 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	TOR 33 - 5
Calcio	EPA 215 - 1	mg/l	0,32	42
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	14
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	20
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	66

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Fuente C.E.C.C.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	33 - 6
Código original de muestra:	T1 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T1R 33 - 6
Calcio	EPA 215 - 1	mg/l	0,32	117
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	17
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	13
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	67

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)

EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.

La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente:	Yoselin Mishel Coronado Torrez
Solicitante:	Personal
Dirección del cliente:	No especificado
Procedencia de la muestra:	Provincia: Murillo Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Fuente C.E.C.C.
Responsable de muestreo:	Yoselin Coronado
Fecha de muestreo:	16 de noviembre de 2021
Hora de muestreo:	10:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre de 2021
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 al 29 de noviembre, 2021
Caracterización de la muestra:	Tratada con Ecolimo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella pet de 500 ml
Código LCA:	33 - 7
Código original de muestra:	T2 R

Resultados de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T2R 33 - 7
Calcio	EPA 215 -1	mg/l	0,32	130
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	21
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	11
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	70

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA



INFORME DE ENSAYO EN AGUA A 33/21

Cliente: **Yoselin Mishel Coronado Torrez**
 Solicitante: Personal
 Dirección del cliente: No especificado
 Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
 Departamento: La Paz
 Punto de muestreo: **Fuente C.E.C.C.**
 Responsable de muestreo: Yoselin Coronado
 Fecha de muestreo: 16 de noviembre de 2021
 Hora de muestreo: 10:00
 Fecha de recepción de la muestra: 24 de noviembre de 2021
 Fecha de ejecución del ensayo: Del 24 al 29 de noviembre, 2021
 Caracterización de la muestra: Tratada con Ecolimo
 Tipo de muestra: Simple
 Envase: Botella pet de 500 ml
 Código LCA: 33 - 8
 Código original de muestra: T3 R

Resultados de Análisis

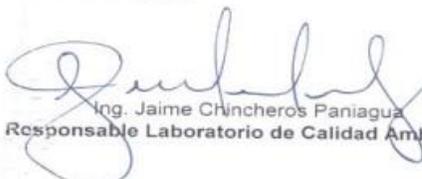
Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	T3R 33 - 8
Calcio	EPA 215 - 1	mg/l	0,32	148
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	25
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	12
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	75

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)
 EPA= Environmental Protection Agency (Sampling and Analysis Methods)
 Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.
 La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, 01 de Diciembre de 2021



JCH/LCA


 Ing. Jaime Chincheros Paniagua
 Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/016

NOMBRE DEL SOLICITANTE/PROPIETARIO: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (ToF)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 – 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:

ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB – 31006	COLIFORMES TOTALES	30 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB – 31006	COLIFORMES FECALES	30 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. NMP: Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

M.P.Z. M. Sc. Martha Gutiérrez Vásquez
COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CARRERA DE ING. AGRONÓMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 IIAREN
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO



CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/009

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T₁R)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

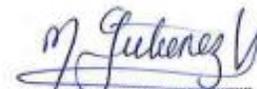
NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	>1600 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	90 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"


ANALISTA
 Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
 DOCENTE DE MICROBIOLOGIA

PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA


 M.P.Z. M. Sc. Martha Gutiérrez Vásquez
 COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
 VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 CARRERA DE ING. AGRONOMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 IIAREN
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO



CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/011

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (ToR)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	>1600 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	>1600 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. NMP: Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
 DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

M.V. M. So. Martha Gutiérrez Yáñez
 COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
 VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 CARRERA DE ING. AGRONÓMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
 INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/016

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T₃F)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	<2 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	<2 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Exp. Marcelina Condori Ticona
 DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

MVZ. M.Sc. Martha Gutiérrez Vásquez
 COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
 VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 CARRERA DE ING. AGRONÓMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/014

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T₂F)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	<2 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	<2 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

M.P. Sr. Martha Gutiérrez Vásquez
COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CARRERA DE ING. AGRONÓMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/012

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T,F)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:

ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	<2 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	<2 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

M.Z. M. Sc. Maritza Gutiérrez Pasquet
COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CARRERA DE ING. AGRONOMICAS-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 IIAREN
LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO



CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/010

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (ToF)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENCION

ANALISIS MICROBIOLÓGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	30 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	30 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

ANALISTA

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
 DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

MPZ. M/Sc. Martha Gutiérrez Vázquez
 COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
 VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 CARRERA DE ING. AGRONOMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
 INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/015

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T,R)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	130 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	17 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. **NMP:** Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"


ANALISTA
 Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
 DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
 PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA


 MYZ. M. Sc. Martha Gutiérrez Páez
 COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
 VETERINARIA Y ZOOTECNIA
 CARRERA DE ING. AGRONOMICA-UMSA





UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
IIAREN



**LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA
INFORME DE ENSAYO DE LABORATORIO**

CODIGO DE LABORATORIO: M 2021/013

NOMBRE DEL SOLICITANTE: Coronado Torrez Yoselin
PRODUCTO: AGUA (T;R)
CANTIDAD APROXIMADA DE MUESTRA: 400 ml
MUESTREADOR:
FECHA DE MUESTREO: 2021 -12-3 **HORA:**
FECHA DE REMISION: 2021-12 -3 **HORA:** 10:00
FECHA DE EMISION: 2021 - 12- 10

CARACTERISTICAS GENERALES DE LA MUESTRA:
ASPECTO: PARTICULAS EN SUSPENSION

ANALISIS MICROBIOLOGICO:

NORMA TECNICA	PARAMETRO	VALOR ENCONTRADO	VALOR DE REFERENCIA	NORMA DE REFERENCIA
NB - 31006	COLIFORMES TOTALES	>1600 NMP/100 ml	<200 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*
NB - 31006	COLIFORMES FECALES	13 NMP/100 ml	<10 NMP/100 ml (Excepcional)	NCh 133*

Nota:

1. Los resultados se refieren únicamente a la muestra analizada
2. NMP: Número Mas Probable
3. * Norma Chilena Oficial NCh 133 Of. 78 "Requisitos de Calidad de Agua para diferentes usos. Requisitos de agua para Riego"

Lic. Esp. Marcelina Condori Ticona
DOCENTE INVESTIGADOR DE MICROBIOLOGIA
PROGRAMA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA
FACULTAD DE AGRONOMIA UMSA

M.P.Z. M. Sr. Maribel Gutiérrez-Vázquez
COORDINADORA PROGRAMA DE MEDICINA
VETERINARIA Y ZOOTECNIA
CARRERA DE ING. AGRONOMICA-UMSA

