



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
INSTITUTO DE POSTGRADO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROPECUARIA
MENCIÓN EN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
MODALIDAD INFORME DE INVESTIGACIÓN**

**MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SININCAY,
SECTOR CHAMANA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL
RIEGO AGRÍCOLA**

Ing. Nathaly Priscila Simbaña Torres

Bajo la tutoría del Profesor
Ing. Ángel Rodolfo León Mejía, Mgtr.

Trabajo de titulación como requisito parcial para la obtención del grado de **Magíster en Agropecuaria** mención en **Gestión del Desarrollo Rural Sostenible**, en el Programa de Posgraduación en Agropecuaria.

Santa Elena, Ecuador

Octubre de 2025

APROBACIÓN DEL TUTOR

TUTOR: ING. ÁNGEL RODOLFO LEÓN MEJÍA, MGTR

CERTIFICA:

En mi calidad de Tutor del trabajo de titulación “MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SININCAY, SECTOR CHAMANA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL RIEGO AGRÍCOLA”, elaborado por la ING. NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES, egresada de la Maestría en Agropecuaria mención en Gestión del Desarrollo Rural Sostenible, Instituto de Posgrado de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Magíster en Agropecuaria mención en Gestión del Desarrollo Rural Sostenible, me permito declarar que luego de haber dirigido científicamente y técnicamente en su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos y científicos, razón por el cual la apruebo en todas sus partes.

Atentamente,

ING. ÁNGEL RODOLFO LEÓN MEJÍA, MGTR.
TUTOR

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente informe de investigación, como requerimiento previo para la obtención del título de MAGÍSTER EN AGROPECUARIA MENCIÓN EN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE, son absolutamente originales, auténticos y personales a excepción de las citas bibliográficas.

NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES
AUTORA
C.I. 2000100285

DERECHOS DE AUTOR

Yo, NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES, autorizo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, para que haga de este trabajo de titulación o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi informe de investigación con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este informe de investigación dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES
C.I. 2000100285

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Titulación presentado por **ING. NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES** como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en Agropecuaria mención en Gestión del Desarrollo Rural Sostenible.

Trabajo de Titulación **APROBADO** el: 27/10/2025

Ing. Ligia Solís Lucas, PhD.
**COORDINADORA DEL
PROGRAMA**

Ing. Ángel León Mejía, Mgtr.
DOCENTE TUTOR

Ing. Daniel Ponce de León Lima, PhD.
DOCENTE ESPECIALISTA

Ing. Idalberto Macías Socarrás, PhD.
DOCENTE ESPECIALISTA

Abg. María Rivera González, Mgtr.
SECRETARIA GENERAL

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme en cada paso de mi vida y permitirme culminar con éxito esta etapa académica tan significativa. Su presencia ha sido mi sostén en los momentos de dificultad y mi impulso en los de logro.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), expreso mi más sincero agradecimiento por haberme acogido como parte de su comunidad académica y por brindarme una formación integral, que me ha permitido seguir creciendo profesionalmente.

De manera especial, agradezco a la Facultad de Ciencias Agrarias, a todos y cada uno de sus docentes, por compartir con generosidad sus conocimientos, por su compromiso con la enseñanza, y por ser una guía constante a lo largo de mi carrera.

A mi tutor, el Ing. Ángel León, expreso mi gratitud por su dedicación, paciencia y valiosa orientación durante el desarrollo de este trabajo de titulación. Su acompañamiento y sugerencias fueron clave para lograr los objetivos propuestos.

Con todo mi corazón, agradezco a mis padres, Norma Torres y Mario Simbaña, por ser mi pilar fundamental. Su amor, apoyo incondicional, esfuerzo y sacrificios han sido la base de cada uno de mis logros. Gracias por creer siempre en mí y por impulsarme a dar lo mejor de mí en todo momento.

Finalmente, a todas las personas que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo, motivación y confianza durante este proceso, les expreso mi más sincero agradecimiento. Cada gesto, palabra y acompañamiento han contribuido significativamente en la culminación de esta meta.

DEDICATORIA

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por haberme dado la vida, la sabiduría y la fortaleza necesarias para superar cada etapa de este proceso académico. Su guía ha sido fundamental en cada decisión tomada.

A mis padres, Norma Torres y Mario Simbaña, por su amor incondicional, sacrificios y constante apoyo. Gracias por ser el motor que me impulsa a seguir adelante y por enseñarme con su ejemplo el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis hermanos Melani y Steven, por su compañía, comprensión y palabras de aliento que me motivaron a no rendirme en los momentos más difíciles.

Y a mi novio Randeep, por su amor, paciencia y comprensión, por estar a mi lado en cada paso de este camino, brindándome ánimo y apoyo constante, siendo una parte esencial en la realización de este logro.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Justificación	1
Planteamiento del problema.....	2
Formulación del problema científico	3
Objetivos.....	3
<i>Objetivo General:</i>	3
<i>Objetivos Específicos:</i>	3
Hipótesis:	3
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO	4
1.1 Calidad del agua.....	4
1.2 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que afectan la calidad del agua para riego.....	5
1.2.1 <i>Parámetros físicos</i>	5
1.2.2 <i>Parámetros químicos</i>	7
1.2.3 <i>Parámetros microbiológicos</i>	12
1.3 Normativas internacionales y nacionales para la clasificación de la calidad del agua para riego	12
1.3.1 <i>Normativa Internacional Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)</i>	12
1.3.2 <i>Normativa Nacional del Acuerdo Ministerial 097A</i>	12
1.4 Parámetros de evaluación para la clasificación la calidad de la calidad del agua para riego.....	13
1.4.1 <i>Dureza (°FH)</i>	13
1.4.2 <i>Relación Absorción Sodio (RAS)</i>	14
1.4.3 <i>Carbonato de Sodio Residual (CSR)</i>	15
1.4.4 <i>Índice de Scott</i>	16
1.4.5 <i>Norma Riverside</i>	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	20

2.1	Ubicación del área de estudio	20
2.2	Tipo de investigación	21
2.3	Diseño de investigación	21
	2.3.1 <i>Determinación del punto de monitoreo y protocolo de muestreo</i>	21
	2.3.2 <i>Medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</i>	22
	2.3.3 <i>Análisis y clasificación del agua del río Sinincay, sector Chamana</i>	22
2.4	Plan de acciones para la conservación de la calidad del agua	22
2.5	Parámetros evaluados	23
	2.5.1 <i>Parámetros físicos</i>	23
	2.5.2 <i>Parámetros químicos y microbiológicos</i>	24
2.6	Análisis de los resultados.....	25
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		26
3.1	Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Sinincay en el sector Chamana destinada al riego agrícola, mediante análisis estadísticos y criterios normativos.....	26
	3.1.1 <i>Análisis estadísticos de los parámetros físicos</i>	26
	3.1.2 <i>Criterios normativos de los parámetros químicos y microbiológicos</i>	32
3.2	Clasificación de la calidad de agua del río Sinincay, sector de Chamana aplicada al riego agrícola, mediante indicadores de salinidad y sodicidad como la dureza, RAS, CSR, índice de Scott y norma Riverside.	34
	3.2.1 <i>Dureza (°FH)</i>	34
	3.2.2 <i>Relación de Adsorción de Sodio (RAS)</i>	35
	3.2.3 <i>Carbonato de Sodio Residual (CSR)</i>	36
	3.2.4 <i>Índice de Scott</i>	36
	3.2.5 <i>Norma Riverside</i>	37
3.3	Acciones de manejo sostenible que permitan garantizar la calidad de agua para riego agrícola usada en unidades productivas del sector de Chamana.	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		41
	Conclusiones	41
	Recomendaciones	42

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del agua para riego en función de la dureza.	14
Tabla 2. Valores permisibles del SAR en el agua para riego.	15
Tabla 3. Clasificación del agua para riego de acuerdo con el contenido de CSR.	16
Tabla 4. Clasificación del agua para riego según el índice de Scott.....	17
Tabla 5. Clasificación del agua para riego según las Normas Riverside.....	19
Tabla 6. Estadística descriptiva del pH.....	27
Tabla 7. Estadística descriptiva de la temperatura.....	28
Tabla 8. Estadística descriptiva de los SDT	30
Tabla 9. Estadística descriptiva de la CE.....	31
Tabla 10. Norma internacional de calidad de agua superficial establecidos por la EPA ...	33
Tabla 11. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua - Norma AM 907-A.	34
Tabla 12. Nivel de Dureza del río Sinincay, sector Chamana.	35
Tabla 13. Nivel de Relación Adsorción de Sodio del río Sinincay, sector Chamana.....	36
Tabla 14. Clasificación del CSR del río Sinincay, sector Chamana.....	36
Tabla 15. Índice de Scott del río Sinincay, sector Chamana.	37
Tabla 16. Clasificación del río Sinincay en el sector Chamana según las Normas Riverside.	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propuesto para evaluar la calidad de las aguas de riego agrícola.	18
Figura 2. Mapa de ubicación del punto de monitoreo en la microcuenca del Río Sinincay, sector Chamana. elaborado en el sistema de referencia de coordenadas UTM Zona 17S (Datum WGS84).....	20
Figura 3. Variación mensual del pH.....	27
Figura 4. Variación mensual de la temperatura.....	28
Figura 5. Variación mensual de los SDT.....	30
Figura 6. Variación mensual de la CE.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado de sistema antiplagio compilatio

Anexo 2. Registro fotográfico del área de estudio y actividades de muestreo en el Río Sinincay sector Chamana

Anexo 3. Análisis químico del mes de octubre

Anexo 4. Análisis microbiológico del mes de octubre

Anexo 5. Análisis químico del mes de noviembre

Anexo 6. Análisis microbiológico del mes de noviembre

Anexo 7. Análisis químico del mes de diciembre

Anexo 8. Análisis microbiológico del mes de diciembre

GLOSARIO

Aptitud del agua: Capacidad del agua para ser utilizada en el riego agrícola sin causar efectos negativos en el suelo, los cultivos o la salud humana. Su evaluación se basa en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos según normativas nacionales e internacionales.

Contaminación antrópica: Degradación del agua o del suelo causada por actividades humanas como vertido de residuos o aguas residuales.

Deforestación: Eliminación de vegetación que reduce la infiltración del agua, aumenta la erosión y deteriora la calidad del recurso hídrico.

Desarrollo sostenible: Enfoque que busca satisfacer las necesidades actuales sin comprometer los recursos para futuras generaciones.

Dureza del agua: Presencia de sales de calcio y magnesio en el agua; puede influir en el rendimiento de los cultivos y la estructura del suelo.

Eutrofización: Acumulación de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en cuerpos de agua, que causa proliferación de algas y reduce el oxígeno disponible.

Índice de Scott: Herramienta que clasifica el agua para riego considerando su salinidad y sodicidad combinadas.

Manejo sostenible: Uso planificado y racional de los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad) para asegurar su disponibilidad futura.

Microbiología del agua: Estudio de microorganismos presentes en el agua que pueden representar riesgos para cultivos, animales y seres humanos.

Monitoreo hídrico: Observación y medición periódica de parámetros para evaluar la calidad del agua en cuerpos superficiales o subterráneos.

Normativa ambiental: Conjunto de leyes y regulaciones que definen límites y criterios para el uso adecuado del recurso hídrico.

pH: Medida de acidez o alcalinidad del agua; influye en la solubilidad de nutrientes y en la toxicidad para los cultivos.

Relación de Adsorción de Sodio (RAS): Indicador del potencial de un agua para provocar sodificación en suelos agrícolas.

Salinidad: Presencia de sales disueltas en el agua que puede afectar el crecimiento de los cultivos y la estructura del suelo.

Sodicidad: Proporción de sodio en relación con calcio y magnesio en el agua, que puede afectar la estructura del suelo.

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se centra en el monitoreo de la calidad del agua del río Sinincay, en el sector Chamana, con el propósito de generar información técnica que respalde el manejo sostenible del riego agrícola. La relevancia de este estudio radica en garantizar la productividad y sostenibilidad de las actividades agrícolas en una microcuenca influenciada por factores antrópicos y condiciones ambientales cambiantes.

Para ello, se evaluaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de muestras colectadas entre octubre, noviembre y diciembre del año 2024, cuyos resultados se compararon con normativas nacionales e internacionales. La calidad fisicoquímica del agua resultó favorable para riego, con valores estables en dureza, relación de adsorción de sodio (RAS), carbonato de sodio residual (CSR) e índice de Scott, lo que indica un bajo riesgo de salinidad y sodificación.

Sin embargo, se evidenció una contaminación microbiológica crítica, con concentraciones de coliformes fecales que superan ampliamente los límites permitidos. Los valores registrados fueron de 4100 NMP/100 mL en octubre, 5400 NMP/100 mL en noviembre y 9200 NMP/100 mL en diciembre, excediendo el máximo permitido de 1000 NMP/100 mL según la normativa internacional de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y la normativa nacional AM 097A. Esta situación representa un riesgo significativo para la salud y la seguridad alimentaria cuando se utiliza el agua para riego.

Las conclusiones resaltan la necesidad de implementar acciones integrales, como el tratamiento adecuado de aguas residuales, educación ambiental, manejo de residuos, protección de riberas, monitoreo participativo y capacitación a agricultores, para garantizar la calidad del agua y la sostenibilidad del sistema agrícola.

Palabras clave: Aguas residuales, coliformes fecales, contaminación antrópica, contaminación microbiológica, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

This thesis focuses on monitoring the water quality of the Sinincay River in the Chamana sector, aiming to generate technical information that supports the sustainable management of agricultural irrigation. The study is relevant for ensuring the productivity and sustainability of agricultural activities in a micro-basin influenced by anthropogenic factors and variable environmental conditions.

Physicochemical and microbiological parameters were analyzed from samples collected in October, November, and December 2024, and the results were compared with national and international standards. The physicochemical quality of the water was found to be suitable for irrigation, with stable values of hardness, sodium adsorption ratio (SAR), residual sodium carbonate (RSC), and the Scott index, indicating a low risk of salinity and sodification.

However, critical microbiological contamination was detected, with fecal coliform concentrations significantly exceeding the permissible limits. The recorded values were 4 100 MPN/100 mL in October, 5 400 MPN/100 mL in November, and 9 200 MPN/100 mL in December, surpassing the maximum limit of 1,000 MPN/100 mL, according to the international guidelines of the United States Environmental Protection Agency (EPA) and the national regulation AM 097A. This situation poses a considerable risk to human health and food safety when the water is used for irrigation purposes.

The findings emphasize the urgent need to implement comprehensive measures such as proper wastewater treatment, environmental education, waste management, riverbank protection, participatory monitoring, and farmer training to safeguard water quality and ensure the sustainability of the agricultural system.

Keywords: Wastewater, fecal coliforms, anthropogenic pollution, microbiological contamination, food safety.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso fundamental en la agricultura, desempeñando un rol vital para asegurar la seguridad alimentaria. Una porción del agua utilizada para el riego agrícola proviene de ríos, arroyos u otros cuerpos de agua, cuya calidad es de gran importancia ecológica para el bienestar ambiental y el desarrollo económico. Por ello, la conservación del agua y preservación de los recursos hídricos es trascendental en el logro de los objetivos de desarrollo sostenible (Banco Mundial, 2022).

La agricultura es el sector que mayor demanda supone a nivel mundial. Con una utilización del 70% del recurso en el riego de tierras agrícolas, siendo un elemento esencial en la producción y seguridad de los alimentos. Por esa razón, el desarrollo y mejora de las estrategias agrícolas está condicionado al mantenimiento, mejora y expansión de la agricultura de regadío, siendo fundamental que los agricultores tengan la capacidad de supervisar la calidad del agua que emplean en sus distintas actividades agrícolas (Villalobos et al., 2017).

En ese sentido, identificar los criterios que definen el estado del recurso hídrico empleado en la irrigación resulta esencial para el rendimiento y la permanencia de la agricultura, debido a que posibilita reconocer agentes nocivos y formular planes sociales, productivos, ecológicos y técnicos pertinentes (Villena, 2018).

El análisis de los límites aceptables de calidad del agua, fundamentado en normas nacionales e internacionales y en la clasificación basada en parámetros para evaluar su aptitud para riego, nos permitirá revelar las condiciones actuales del recurso hídrico para uso agrícola en el sector Chamana, debido a la presencia de actividades agropecuarias que se desarrollan en los márgenes del río a lo largo de todo este sector, siendo necesario estudios periódicos que informen sobre su estado y calidad, pues cada aspecto debe ser considerado y gestionado de manera efectiva para lograr una agricultura de riego exitosa (Juárez, 2023).

Justificación

El río Sinincay, situado en la parroquia Sinincay de la ciudad de Cuenca, atraviesa una zona donde se realizan diversas actividades agropecuarias cotidianas, aunque presenta varios problemas ambientales vinculados principalmente a la intervención humana. Entre estas destacan el vertido de residuos plásticos y textiles, el derrame de aguas residuales provenientes del sistema de alcantarillado del sector, el arrastre de sedimentos durante la

época lluviosa, la deforestación y la presencia de ladrilleras a lo largo del cauce. Cabe resaltar que en la zona de Chamana no se dispone de registros recientes ni constantes acerca de las condiciones del caudal fluvial, lo cual ocasiona dudas respecto a su conveniencia para abastecer los sembradíos de maíz y leguminosas, principales en el área (Mora y Tamay, 2022).

Por consiguiente, las dos variedades de siembras precisan de un recurso hídrico en condiciones adecuadas para alcanzar un desarrollo favorable. Además, el maíz presenta susceptibilidad a la salinidad, lo que puede ocasionar disminución en su crecimiento y en la producción cuando se irriga con aguas con sales o impurezas. Las leguminosas, por su parte, aunque presentan cierta tolerancia a condiciones adversas, también pueden verse afectadas por altos niveles de sodio, sales disueltas y contaminantes microbiológicos, ya que estos interfieren en la fijación de nitrógeno, la absorción de nutrientes y la salud del sistema radicular. La presencia de patógenos en el agua de riego puede transferirse a los tejidos de las plantas o permanecer en sus superficies, representando un riesgo si se destinan al consumo humano o animal (Tartabull y Betancourt, 2016). Como resultado, la evaluación del estado del agua es clave para resguardar el rendimiento agrícola, pero también para asegurar la seguridad y calidad de los alimentos producidos en la zona.

Desde una perspectiva precautoria, el estado del agua de irrigación tiene cierta repercusión en la salud de los individuos, puesto que el empleo de corrientes con presencia de contaminantes microbiológicos tiene la posibilidad de transferir microorganismos dañinos a los productos agrícolas como coliformes fecales, aumentando la probabilidad de trastornos digestivos en las personas que ingieren frescos o en los animales que lo utilizan como fuente inicial de alimento. Además, la posible presencia de metales pesados, de existir, representaría un riesgo toxicológico a largo plazo debido a su acumulación en los cultivos (Pacheco, 2024). En este contexto, evaluar y monitorear la calidad del agua no solo contribuye a la sostenibilidad de la producción agropecuaria, sino que también representa una medida clave para proteger la salud pública de las comunidades del sector.

Planteamiento del problema

La Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (2016), menciona que, a nivel nacional, garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible forma parte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Ecuador, en los cuales establece estrategias, metas, indicadores y metodologías para el manejo del recurso hídrico del país. Aun así, el tema de

la calidad del agua para riego evidencia una falta de medición y control sobre el empleo de agua a nivel nacional, sobre todo en territorios de pequeña escala como el sector Chamana, por el cual atraviesa el río Sinincay.

Este proyecto hace parte de la línea de investigación de manejo y conservación de recursos naturales y se espera que sea un estudio de línea base para el desarrollo de políticas agrícolas y establecimiento de acciones de manejo que promueva el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria de pequeños agricultores y/ o campesinos. Además de proporcionar información actualizada sobre la composición fisicoquímica del recurso hídrico en el sector de Chamana.

Formulación del problema científico

¿Es apta el agua del río Sinincay, en el sector Chamana, para el riego agrícola según los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en normativas nacionales e internacionales y los criterios de evaluación de aptitud del agua para riego?

Objetivos

Objetivo General:

- ❖ Monitorear los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del río Sinincay en el sector de Chamana para determinar la calidad del agua para uso agrícola.

Objetivos Específicos:

1. Evaluar la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Sinincay en el sector Chamana destinada al riego agrícola, mediante análisis estadísticos y criterios normativos.
2. Clasificar la calidad de agua del río Sinincay, sector de Chamana aplicada al riego agrícola, mediante indicadores de salinidad y sodicidad como la dureza, RAS, CSR, índice de Scott y norma Riverside.
3. Proponer acciones de manejo sostenible que permitan garantizar la calidad de agua para riego agrícola usada en unidades productivas del sector Chamana.

Hipótesis:

El agua del río Sinincay en el sector Chamana cumple con los parámetros de calidad para uso en riego agrícola según las normas nacionales e internacionales

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1 Calidad del agua

La calidad del agua se define por las propiedades físicas, químicas y biológicas que presenta, ya sea en su estado natural o como resultado de la intervención humana. Esta se clasifica conforme a las normativas o estándares establecidos por organismos especializados, dependiendo del uso que se le dará al agua. Este tema se ha convertido en un motivo de preocupación dado por diversos factores de índole actual como crecimiento de la población humana, amenaza de cambio climático que provoca alteraciones en el ciclo hidrológico y expansión de la actividad industrial y agrícola (Baeza, 2016).

La calidad de los cuerpos de agua se encuentra determinada por la concentración y composición de las sales solubles presentes en el agua, para diversos fines (consumo humano y ganado, riego de cultivo, etc.). Es por esto que la calidad de las fuentes hídricas es un factor importante para el uso sostenible de agua para la agricultura de regadío, especialmente cuando se espera que el desarrollo de la salinidad sea un problema en zonas agrícolas de regadío (Zaman et al., 2018).

El uso de agua de mala calidad puede ocasionar problemas en el suelo y en los cultivos; estos pueden ser problemas de salinidad que incide directamente en el daño o rendimiento bajo en los cultivos, disminución de la tasa de infiltración y permeabilidad, toxicidad específica, disminución de fertilidad de las plantas, taponamiento de los sistemas de riego ya sea total o parcial, por ello es importante es crucial considerar factores como la turbidez, la conductividad y el contenido de sólidos en el agua para evitar problemas de obstrucción en los sistemas (Bonet y Ricardo, 2011).

A nivel de sistema de riego entre los problemas que destacan están la aglomeración de sales en la parte superior de los caballones en regadío por surcos, en sistemas de riego por aspersión se presenta toxicidad iónica específica y en sistemas de riego por goteo se manifiesta aglutinamiento de sales entre la superficie de los suelos y las líneas de goteo (Aragués, 2011).

La calidad óptima del agua para riego debe ser tal que favorezca el crecimiento saludable de las plantas y mantenga la integridad del suelo. El líquido que se destina a la irrigación debe conservarse claro, sin impurezas como sales excesivas, metales tóxicos o microorganismos

dañinos, que cuenten con un rango de acidez entre 6 y 7 y baja capacidad conductiva. Todo esto con el propósito de asegurar la asimilación de nutrientes y evadir perjuicios por agrupación salina en las plantas. Los nutrientes se deben balancear, evadiendo la deficiencia y el exceso. Monitorear y conservar estos parámetros garantiza un riego eficiente que incrementa la productividad agrícola y resguarda la salud del ecosistema de cultivo (García, 2015).

1.2 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que afectan la calidad del agua para riego

1.2.1 Parámetros físicos

a. pH del agua

El pH es un parámetro que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, determinado por la concentración de iones de hidrógeno presentes. Se mide en una escala logarítmica que va de 0 a 14, donde valores bajos reflejan una mayor acidez y valores altos indican una mayor alcalinidad o basicidad del agua. El valor del pH es un buen indicador de si el agua es dura o blanda, donde el agua pura tiene un pH de 7 (State Water Resources Control Board, 2023).

Aunque muchos agroquímicos son estables en aguas con pH ligeramente ácido, entre 4 y 6.5, cuando el pH aumenta más allá de ese rango, comienzan a descomponerse por hidrólisis, lo que provoca que pierdan su efectividad molecular; esto trae como consecuencia la disminución del tiempo de vida promedio del ingrediente activo y por ende pérdida de la eficacia. Contrario a lo que pasa cuando la mezcla es medianamente ácida, puesto que se facilita la estabilidad de los agroquímicos, ya que el medio en que se disuelve los agroquímicos es moderadamente ácido (Moreno y Peñaranda, 2016).

b. Temperatura

Es un parámetro físico que indica el nivel de calor presente en un cuerpo de agua, midiendo la energía cinética promedio de sus moléculas. Este factor influye significativamente en la calidad del agua, ya que afecta propiedades y procesos como la viscosidad, la solubilidad de gases y sales, así como los procesos fisiológicos de los organismos, que pueden alterar su metabolismo y favorecer la proliferación de ciertos microorganismos. Esta se debe medir en grados centígrados o grados Fahrenheit (State Water Resources Control Board, 2023).

Así, el calor del recurso hídrico ajusta el rendimiento de riego y el desempeño vegetal, puesto que temperaturas altas generan la disminución de la retención de humedad y nutrientes. De igual manera, las temperaturas muy frías dan paso a tensiones en las raíces y limitan el crecimiento. Por esto, conservar una temperatura propicia en el agua de riego es clave para mantener la productividad agrícola (Elnemr y Elatta, 2024).

c. Conductividad eléctrica (CE)

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, relacionada con los sólidos disueltos totales (SDT), su medida se realiza con una sonda electrónica que aplica un voltaje entre dos electrodos. La caída de voltaje se utiliza para evaluar la resistencia del agua, la cual se relaciona directamente con la conductividad. Esta última es el inverso de la resistencia y se expresa como la capacidad de conducción eléctrica a lo largo de una distancia específica. Las unidades son (Siemens/cm, mhos/cm) y sus equivalencias son las siguientes: $1 \text{ dS/m} = 1 \text{ milimhos/cm} = 1000 \text{ }\mu\text{S/cm}$ (California State Water Resources Control Board, 2023).

La medida de conductividad constituye un factor esencial para evitar la salinización del terreno, puesto que niveles altos limitan la captación de agua y provocan presión osmótica en los cultivos; y valores por encima de 3 dS/m suponen un riesgo considerable y demandan acciones de manejo especializado (Soil Health Nexus, 2023).

d. Sólidos disueltos totales (SDT)

Se define como la acumulación de todas las sales solubles en el suelo o en el agua, tales como sodio, calcio, magnesio, cloruros y sulfatos. Los altos niveles de SDT pueden causar problemas de salinidad que dificultan la absorción de agua por parte de las raíces. Esto puede disminuir la productividad de los cultivos y afectar negativamente la estructura del suelo, especialmente en áreas donde el drenaje es deficiente. Así, aunque ciertos sólidos disueltos aportan nutrientes favorables, su concentración elevada puede resultar dañina y demandar técnicas de manejo particular o la incorporación de especies más resistentes a la salinidad, con el fin de mantener una producción agrícola sostenible (Adjovu et al, 2023).

En lo que concierne al nivel de SDT, este igualmente incide en la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos, debido a que su composición química puede alterar la disolución

y el desplazamiento de diversos elementos en el terreno. Además, niveles elevados de algunos iones específicos dentro de los SDT, como sodio y cloruros, pueden provocar toxicidad directa en las raíces y alterar el equilibrio iónico del suelo, afectando la salud y productividad de los cultivos (Khan et al., 2021).

1.2.2 Parámetros químicos

a. Bicarbonatos

Son compuestos químicos que desempeñan un papel clave en la calidad del agua para riego, su presencia puede afectar la alcalinidad, la disponibilidad de nutrientes, la formación de precipitados y la neutralización de contaminantes. Altas concentraciones de bicarbonatos pueden provocar la precipitación de calcio y magnesio, lo que disminuye la capacidad del suelo para mantenerse estructurado y fértil, aumentando la proporción de sodio intercambiable (RAS), afectando negativamente la infiltración del agua, la aireación y la salud de las raíces. De acuerdo con Schiavon y Moore (2021), concentraciones de bicarbonato superiores a 2.95 meq/L se consideran altas y pueden generar efectos adversos en la calidad del agua y en la estructura del suelo.

Por otro lado, la presencia de bicarbonatos en el recurso hídrico usado para riego incrementa la alcalinidad del suelo, disminuye la disponibilidad de micronutrientes y propicia la formación de compuestos insolubles de calcio y magnesio, los cuales bloquean tuberías, reducen la eficacia de los sistemas y aumentan los gastos de operación (ICL Growers Solutions, 2025). Por estas razones, se considera un parámetro clave al evaluar la aptitud del agua para riego agrícola (Martínez et al, 2020).

b. Boro

Es un micronutriente esencial para las plantas, su presencia en el agua de riego es un factor crítico en la evaluación de la calidad del agua. Infiriendo directamente en funciones vitales en el desarrollo vegetal de la planta como la estructura celular, el metabolismo y la polinización, pero en cantidades elevadas se vuelve tóxico, niveles superiores a lo recomendado pueden causar clorosis, necrosis en hojas y reducción en el rendimiento de los cultivos.

En esa medida, el exceso de boro genera efectos tóxicos en especies agrícolas sensibles, pues concentraciones mayores a 1.0 mg/L ocasionan amarillamiento, necrosis foliar y caída del rendimiento, por lo que resulta imprescindible regular sus niveles en el agua utilizada para irrigación (Botella Díez, 2021). Para mitigar estos efectos, se recomienda utilizar aguas con

concentraciones de boro inferiores a 1.0 mg/L para cultivos sensibles y aplicar técnicas de remediación en casos de concentraciones elevadas (Fertilab, 2025).

c. Calcio

El calcio juega un papel multifacético en la calidad de agua para riego, tanto en su influencia en la estructura del suelo como por su rol de nutriente esencial para las plantas. La presencia equilibrada de calcio favorece la porosidad y la ventilación del terreno, lo que disminuye la acumulación de sodio y evita su endurecimiento; no obstante, según Swistock (2022) cantidades elevadas de este mineral, superiores a 100 mg/L pueden ocasionar depósitos en las conducciones y restringir la absorción de elementos como el magnesio o fósforo. Por lo cual su control es vital para el bienestar de los cultivos y el rendimiento de los sistemas de irrigación (Carrillo et al, 2021).

En ese orden de ideas, el calcio resulta fundamental para conservar la cohesión del sustrato, dado que estimula la unión de las partículas, mejora el paso del agua y contrarresta la acción del sodio en la superficie de intercambio, lo que asegura la disponibilidad de nutrientes y el adecuado desarrollo de las plantas (Inbioma, 2025).

d. Carbonatos

Los carbonatos juegan un papel crucial en la calidad del agua y la salud del suelo, principalmente a través de su influencia en el pH y la interacción con otros minerales. Pueden tener un impacto tanto positivo como negativo, en niveles moderados, los carbonatos contribuyen a una estructura del suelo más estable y a la actividad microbiana, mientras que cuando su concentración supera los 0.25 meq/L se considera que comienzan los riesgos de precipitación de calcio y magnesio, lo que puede afectar la estructura del suelo y causar obstrucciones en los sistemas de riego (Schiavon y Moore, 2021).

En consecuencia, un exceso de carbonatos incrementa la alcalinidad del terreno; limita la solubilidad de micronutrientes como hierro, zinc y manganeso; y favorece la formación de compuestos insolubles de calcio y magnesio, los cuales bloquean los sistemas de irrigación, reducen su efectividad y elevan los gastos de operación. Por ello, es importante evaluar constantemente la concentración de carbonatos y tomar medidas para mitigar los efectos negativos y optimizar el uso del agua en el riego (ICL Growing Solutions, 2025).

e. Hierro

El hierro es un micronutriente vital para las plantas y tiene un impacto importante en la calidad del agua de riego. Por un lado, contribuye al crecimiento vegetal al participar en

procesos como la fotosíntesis y la respiración. Sin embargo, cuando se encuentra en concentraciones altas, puede causar problemas, ya que al oxidarse tiende a formar depósitos insolubles que pueden obstruir tuberías, emisores y filtros, especialmente en sistemas de riego por goteo. Además, puede manchar hojas y frutos, y en suelos mal drenados con bajo oxígeno, puede acumularse en formas tóxicas para las raíces (New Jersey Agricultural Experiment Station, 2005).

Así mismo, el hierro en el agua de riego puede causar obstrucciones en los sistemas de riego por goteo debido a la precipitación de óxido férrico cuando el agua se oxida. Lo anterior es problemático de manera particular en aguas con niveles de hierro mayores a 0.3 mg/L. Además, la presencia de bacterias ferrooxidantes puede acelerar la formación de depósitos gelatinosos que obstruyen los emisores y reducen la eficiencia del riego. Por ello es importante controlar su concentración para evitar problemas agronómicos y técnicos (Penn State Extension, 2024)

f. Magnesio

El magnesio es un elemento esencial para la nutrición vegetal, potenciando el color de las plantas y la actividad fotosintética, además de permitir la activación de enzimas y el metabolismo del nitrógeno, contribuyendo al crecimiento y desarrollo de los cultivos. No obstante, cuando las concentraciones de magnesio en el agua de riego superan aproximadamente 25 mg/L, puede comenzar a competir con el calcio y el potasio, reducir su disponibilidad y provocar desequilibrios nutricionales (Swistock, 2022). Además, podría tener otros efectos como contribuir a la salinidad del agua, lo que afecta negativamente la absorción del agua por parte de las plantas (Lewoyehu et al, 2023).

De igual manera, concentraciones elevadas de magnesio pueden contribuir a la dureza del agua, lo que puede causar la formación de incrustaciones en sistemas de riego por goteo y reducir la eficiencia del riego, por ello es esencial monitorear y gestionar adecuadamente la concentración de magnesio en el agua de riego para mantener un equilibrio nutricional adecuado y asegurar la salud de los cultivos (Intagri, 2018).

g. Nitratos

Los nitratos en el agua de riego son una importante fuente de nitrógeno, un nutriente esencial para el crecimiento vegetal, donde en concentraciones moderadas pueden beneficiar los cultivos al reducir la necesidad de fertilización adicional. No obstante, cuando su concentración supera los 50 mg/L, puede provocar un desarrollo excesivo del follaje en

detrimento de la floración y la formación de frutos, lo que hace que los cultivos sean más vulnerables a plagas y enfermedades (Greenpeace, 2021).

De esa manera, la presencia elevada de nitratos en el recurso hídrico destinado al riego perjudica el desarrollo de los cultivos y contamina los mantos freáticos, sobre todo en terrenos arenosos o con aplicación excesiva de agua; por tanto, se requiere un control riguroso de sus concentraciones para optimizar la producción sin afectar la sostenibilidad ambiental (Intagri, 2023).

h. Potasio

El potasio es un nutriente esencial que influye significativamente en la calidad del agua para riego. Desempeña un papel fundamental en procesos vitales para las plantas, como la activación de enzimas, la producción de proteínas y almidones, el transporte de azúcares, y el control de la apertura y cierre de los estomas. Todo esto afecta directamente cómo las plantas utilizan el agua y su capacidad para resistir periodos de estrés hídrico. Generalmente a diferencia de otros iones, el potasio rara vez causa toxicidad directa a las plantas por su concentración en el agua de riego; de hecho, suele ser un beneficio. Sin embargo, concentraciones extremadamente altas que superen los 10 mg/L, podrían contribuir a la salinidad general del agua, lo cual sí puede afectar negativamente la calidad del riego (Soto, 2023).

El potasio presente en el agua de riego afecta de manera indirecta la dinámica iónica del suelo, ya que participa en el balance entre los cationes como potasio, calcio, magnesio y sodio. Asimismo, el potasio interviene en la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad del terreno, además de alterar la conductividad eléctrica del agua, indicador de la disponibilidad de nutrientes; por ello, su evaluación resulta esencial para garantizar la adecuada nutrición vegetal y el balance fisicoquímico del suelo (Antonangelo et al., 2024).

i. Sodio

El sodio en el agua de riego es un factor crítico, al acumularse en el suelo, puede desplazar al calcio y al magnesio, provocando la dispersión de las partículas del suelo, lo que reduce su permeabilidad, aireación y capacidad de retención de agua generando una compactación del suelo y dificultar el crecimiento radicular. Además de estos efectos físicos en el suelo, el sodio puede ser directamente tóxico para muchas plantas, causando quemaduras foliares y desequilibrios nutricionales, lo que se evalúa comúnmente a través de la Relación de Absorción de Sodio, donde un RAS alto indica un mayor riesgo de sodicidad (Monge, 2017).

De acuerdo con Swistock (2022), un valor de RAS superior a 9.0 meq/L representa un riesgo significativo de deterioro de la estructura del suelo y de infiltración deficiente en suelos arcillosos. El exceso de sodio en el agua de riego puede, además, interferir en la absorción de nutrientes como el potasio y el calcio, esenciales para el crecimiento vegetal. Cuando la RAS y la CE son elevadas, disminuye la productividad de los cultivos. Estudios recientes destacan que estos efectos son especialmente críticos en suelos arcillosos mal drenados. Por ello, es crucial controlar su concentración en el agua usada para riego (Mohanavelu et al, 2021).

j. Sulfatos

Los sulfatos en el agua de riego son una fuente esencial de azufre para las plantas, siendo un nutriente esencial para las plantas que interviene en la formación de proteínas y enzimas, contribuyendo a un crecimiento saludable y una mayor resistencia a enfermedades. Sin embargo, al igual que otros iones, las concentraciones excesivas de sulfatos que superen los 250 mg/L, pueden ser perjudiciales y afectar la calidad del agua, más aún si se combinan con otros iones salinos (magnesio o sodio) aumentando la salinidad y deteriorar la estructura del suelo (García y Tucto, 2020).

Por ello, si bien los sulfatos suministran azufre necesario para las plantas, su exceso provoca toxicidad, interfiere en la fotosíntesis y eleva la salinidad del sustrato junto con el sodio, lo que limita el desarrollo y disminuye el rendimiento de especies sensibles; de ahí la necesidad de mantener bajo control su presencia (Reich et al., 2020).

k. Cloruro

El cloruro en el agua para riego, en moderadas concentraciones, es un micronutriente necesario para las plantas, debido a su participación en procesos como la fotosíntesis, la regulación estomática y el crecimiento. Pero, al contrario, el exceso de cloruros puede causar toxicidad en cultivos sensibles, manifestándose en quemaduras en los bordes y puntas de las hojas, necrosis, reducción del crecimiento, caída prematura de hojas y frutos, y en casos severos, la muerte de la planta, afectando especialmente a cultivos sensibles a la salinidad (Aguirre, 2024).

Por consiguiente, un nivel elevado de cloruros ocasiona daños en cultivos frágiles como cítricos, vides y frutales, lo que afecta gravemente su productividad cuando supera los 3.95 meq/L; por lo tanto, son indispensables un monitoreo permanente y un drenaje eficiente del suelo para evitar pérdidas y resguardar el sistema agrícola (Zaman et al, 2018).

1.2.3 Parámetros microbiológicos

a. Coliforme fecales

Los coliformes fecales es un conjunto agrupado de bacterias que se localizan en el intestino de animales de sangre caliente y en sus heces. La presencia de estas bacterias en el agua es un indicador de contaminación fecal, lo que sugiere que el agua puede estar contaminada con patógenos que pueden causar enfermedades. Esto es especialmente relevante en el contexto del agua para riego, ya que el uso de agua contaminada puede llevar a la transmisión de enfermedades a través de los cultivos (Font, 2022).

La supervisión de la pureza del recurso hídrico destinado al riego exige vigilar la presencia de coliformes fecales, cuyos valores máximos están normados y se expresan en unidades de colonias por cada 100 mL, por lo que se emplean ensayos de filtración y técnicas de detección cualitativa. Esta medida indica el número de colonias de coliformes fecales que se encuentran en 100 mililitros de agua (Escalona et al, 2025).

1.3 Normativas internacionales y nacionales para la clasificación de la calidad del agua para riego

1.3.1 Normativa Internacional Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)

La EPA establece normativas para el uso del agua en riego agrícola con el fin de proteger la salud humana y el medio ambiente. Sus disposiciones legales fijan umbrales para parámetros fisicoquímicos y biológicos como coliformes, metales pesados, nitratos y sales; además, la EPA respalda la utilización de agua depurada y prácticas de manejo responsable, en especial en productos agrícolas ingeridos en estado fresco (EBSCO Information Services, 2024).

Igualmente, la reglamentación de la EPA incentiva el aprovechamiento de aguas residuales depuradas bajo exigencias estrictas, con lo que se establecen referencias para la CE, la RAS y los SDT, y se recomiendan análisis periódicos en escenarios con escasez hídrica o riesgo de polución (Adjovu, 2023).

1.3.2 Normativa Nacional del Acuerdo Ministerial 097A

El Acuerdo Ministerial 097-A, emitido por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador, establece los criterios y límites máximos permisibles para la calidad del agua destinada a diferentes usos, incluido el riego agrícola. Esta normativa nacional busca garantizar la protección del suelo, la salud humana y los cultivos, regulando

parámetros fisicoquímicos como el pH, la CE, la concentración de metales pesados (como arsénico, plomo y cadmio), así como parámetros microbiológicos como coliformes fecales y *Escherichia coli*. Su cumplimiento es obligatorio para las fuentes de agua que se destinan al riego de productos agrícolas, especialmente aquellos de consumo directo (Ministerio del Ambiente, 2015).

Por otro lado, el Acuerdo 097-A fomenta el manejo integral de los caudales hídricos y la conservación de ecosistemas acuáticos por medio del control de descargas, a partir de los cuales se definen categorías de calidad desde su destino en riego, consumo humano o dinámicas recreativas. En el área agrícola, estas normas funcionan como instrumentos imprescindibles para evitar la degradación de suelos, la bioacumulación de contaminantes en cultivos y la proximidad de los consumidores a riesgos sanitarios, promoviendo acciones de producción sostenibles y responsables.

1.4 Parámetros de evaluación para la clasificación la calidad de la calidad del agua para riego

1.4.1 Dureza (°FH)

La dureza del agua se define a la agrupación de iones metálicos polivalentes, que provienen de las rocas sedimentarias, filtraciones y el desprendimiento del suelo. En el contexto del riego, los iones de calcio y magnesio pueden interactuar con las moléculas de los agroquímicos, inactivándolas o degradándolas. Por ello, es fundamental tratar el agua para neutralizar estos iones cuando están presentes. La eliminación de la dureza se realiza mediante un proceso de quelatación, justo antes de preparar la mezcla para aspersión (Ayers y Westcot, 1985, citado en Moreno y Peñaranda, 2016).

La Asociación Americana de Salud Pública APHA (2017) establece que la dureza del agua se mide comúnmente en grados hidrotimétricos franceses (°Fh), y su cálculo se realiza aplicando la fórmula desarrollada para determinar la dureza total a partir de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como carbonato de calcio. En la siguiente fórmula se muestra el procedimiento utilizado para calcular la dureza total del agua:

$$Dureza = \frac{[Ca^{+2}] * 2.50 + [Mg^{+2}] * 4.12}{10}$$

Donde:

Dureza = Se expresa en grados hidrotimétricos.

Ca^{2+} = Concentración de calcio en el agua (mg/L).

Mg^{2+} = Concentración de magnesio en el agua (mg/L).

La clasificación del agua en función de la dureza se muestra en la Tabla 1 a continuación:

Tabla 1. Clasificación del agua para riego en función de la dureza.

Tipo de agua	Grados Hidrométricos Francés (°F)
Muy dulce	°F < 7
Dulce	7 < °F < 14
Medianamente Dulce	14 < °F < 22
Medianamente Dura	22 < °F < 32
Dura	32 < °F < 54
Muy dura	°F > 54

Ayers y Westcot (1985) citado por Moreno y Peñaranda (2016).

1.4.2 Relación Absorción Sodio (RAS)

La RAS se calcula desde las concentraciones de sodio, magnesio y calcio que se hacen presentes en el agua. Este índice permite estimar la probabilidad de que el agua cause compactación y apelmazamiento del suelo. A medida que el valor de la RAS aumenta, la calidad del agua para riego disminuye. Pues esto ejerce efectos secundarios importantes sobre el desarrollo vegetal debido a que, como consecuencia de la pérdida de la estructura del suelo, origina una aeración y permeabilidad deficientes, así como una baja disponibilidad del agua. Cuando la proporción relativa de sodio es elevada, aumenta el riesgo de sodificación; en cambio, si predominan el calcio y el magnesio, dicho riesgo disminuye (Quispe, 2016).

La RAS, también conocida como “índice de sodio”, se determina mediante la fórmula propuesta originalmente por Richards (1954, citado en Awan et al., 2021), la cual es ampliamente utilizada para evaluar el riesgo de sodicidad del agua de riego, tal como se muestra a continuación:

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

Donde:

R.A.S = Relación de Absorción de Sodio.

Na⁺ = Concentración de sodio en miliequivalentes por litros (meq/L).

Ca²⁺ = Concentración de calcio en miliequivalentes por litro (meq/L).

Mg²⁺ = Concentración de magnesio en miliequivalentes por litro (meq/L).

La clasificación del agua de riego según su RAS se muestra en la Tabla 2, los valores permisibles se manifiestan a continuación:

Tabla 2. Valores permisibles del SAR en el agua para riego.

Valores de RAS	Peligros de sodio en el agua
1-10	Bajo
10-18	Medio
18-26	Alto
>26	Muy Alto

Richards (1954) citado por Guerra (2022).

1.4.3 Carbonato de Sodio Residual (CSR)

El CSR es un indicador químico que se emplea para analizar la calidad del agua de riego, especialmente en cuanto a su potencial para provocar sodificación en los suelos. Este indicador examina el balance entre los iones bicarbonato y carbonato en contraste con los cationes calcio y magnesio. Cuando el CSR es mayor de lo que se requiere, aumenta el riesgo de que el calcio y el magnesio se precipiten, fomentando al almacenamiento de sodio en el suelo, lo cual podría perjudicar la estructura de este y afectar la aireación e infiltración (Del Rey, 2019). Por esto, el CSR es importante para anticiparse a problemas de sodificación en suelos irrigados. La fórmula para calcularlo se muestra a continuación:

$$CSR = (CO_3^{2-} + (HCO_3^-) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}))$$

Donde:

C.S.R = Carbonato de Sodio Residual

Donde:

CO_3^{2-} = Concentración de carbonatos en miliequivalentes por litro (meq/L).

HCO_3^- = Concentración de bicarbonatos en miliequivalentes por litro (meq/L).

Ca^{2+} = Concentración de calcio en miliequivalentes por litro (meq/L).

Mg^{2+} = Concentración de magnesio en miliequivalentes por litro (meq/L).

Donde todos los iones están expresados en miliequivalente por litro (meq/L). Un valor positivo indica exceso de carbonatos/bicarbonatos frente a calcio y magnesio, aumentando el riesgo de sodificación. Según Richards (1954, como se citó en Mencías, 2015), la clasificación de las aguas para riego de acuerdo con el contenido de CSR se muestra en la Tabla 3:

Tabla 3. Clasificación del agua para riego de acuerdo con el contenido de CSR.

Clasificación	CSR (meq/L)
Buena	Menos de 1.25
Condicionada	De 1.25 a 2.50
No recomendable	Más de 4.0

Richards (1954) citado en Mencías (2015).

1.4.4 Índice de Scott

El índice de Scott evalúa el riesgo de toxicidad causada por los iones cloruro y sulfato presentes en el agua de riego, los cuales pueden acumularse en el suelo en forma de cloruro y sulfato de sodio, respectivamente. Este indicador se utiliza para determinar la calidad agronómica del agua y el potencial daño que las concentraciones de estos iones pueden ocasionar en el suelo (Rodríguez, Yfran y Fogar, 2019). Según Canovas (1960) para su cálculo deben diferenciarse tres casos:

- 1^{er} Caso: Si meq/l de Na^+ \leq meq/l de Cl^- :

$$K_1 = \frac{57.5}{Cl^-}$$

Donde:

Cl^- = Concentración de cloruro en miliequivalentes por litro (meq/L).

- 2^{do} Caso: Si meq/l de Na^+ $>$ meq/l de Cl^- pero \leq meq/l de SO_4^{2-} :

$$K_2 = \frac{288}{(Na^+ + 4 * Cl^-)}$$

Donde:

Na^+ = Concentración de sodio en miliequivalentes por litros (meq/L).

Cl^- = Concentración de cloruros en miliequivalentes por litro (meq/L).

- 3^{er} Caso: Si meq/l de Na^+ > meq/l Cl^- + meq/l de SO_4^{-2} :

$$K_3 = \frac{28,8}{(Na^+ - 0.5 * Cl^- - 0.9 * SO_4^{-2})}$$

Donde:

Na^+ = Concentración de sodio en miliequivalentes por litros (meq/L).

Cl^- = Concentración de cloruro en miliequivalentes por litro (meq/L).

SO_4^{-2} = Concentración de sulfatos en miliequivalentes por litro (meq/L).

La clasificación de las aguas según del índice de Scott se muestra en la Tabla 4, a continuación:

Tabla 4. Clasificación del agua para riego según el índice de Scott.

Valor del índice de Scott	Calidad del Agua
$K > 18$	Buena
$18 > K > 6$	Tolerable
$6 > K > 1.2$	Mediocre
$K < 1.2$	Mala

Rodríguez, Yfran y Fogar (2019).

1.4.5 Norma Riverside

La Norma Riverside es un sistema determinado para la clasificación de las aguas para riego desarrollado por el servicio de agricultura de los EE. UU. Utilizan dos índices, la CE a 25°C (CE) y la SAR, para poder establecer los peligros de salinidad y sodicidad respectivamente, asociados al empleo de las aguas para riego. La combinación de los índices CE y SAR permite clasificar diferentes categorías de agua, identificadas mediante las siglas de cada índice acompañadas de un número subíndice que va del 1 al 4. Mientras este número se incrementa, la aptitud del agua para riego disminuye (Quispe, 2016).

Se da preferencia a los criterios que derivan de este modelo, ya que en su elaboración se combinan conjuntamente las dos variables que mejor determinan la calidad química del agua: la CE en el eje de las abscisas y la RAS, en el eje de las ordenadas (Hasang, 2022).

La clasificación de las aguas de riego según las Normas de Riverside se muestra en la Figura 1, a continuación

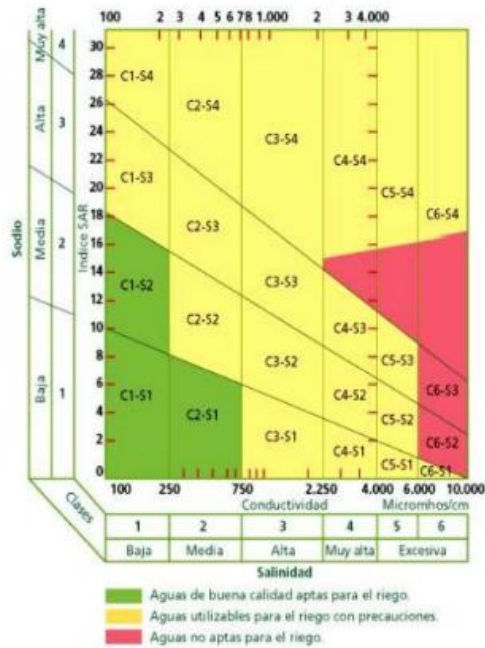


Figura 1. Propuesto para evaluar la calidad de las aguas de riego agrícola. Richards (1954) citado por Acosta y Salvadori (2017).

El Laboratorio de Salinidad de Riverside (U.S. Salinity Laboratory) propone clasificar el peligro de salinización y sodificación del agua de riego en función de la conductividad eléctrica (CE) y el contenido de sodio (Richards, 1954, citado en Acosta y Salvadori, 2017). Esta clasificación, conocida como Normas de Riverside, se presenta en la Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación del agua para riego según las Normas Riverside.

Tipos	Calidad y Normas de uso de agua
C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad. CE: 0.100 a 0.250 dS m-1.
C2	Agua de salinidad media, apta para el riego. En ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a salinidad. CE: 0.250 a 0.750 dS m-1.
C3	Agua de salinidad alta que puede utilizarse para el riego de suelos con buen drenaje, empleando volúmenes de agua en exceso para lavar el suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad. CE: 0.750 a 2.250 ds m-1.
C4	Agua de salinidad muy alta que en muchos casos no es apta para el riego. Sólo debe usarse en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar las sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.
C5	Agua de salinidad excesiva, que sólo debe emplearse en casos muy contados, extremando todas las precauciones apuntadas anteriormente.
C6	Agua de salinidad excesiva, no aconsejable para riego.
S1	Agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.
S2	Agua con contenido medio en sodio, y por lo tanto, con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo, especialmente en suelos de textura fina (arcillosos y franco-arcillosos) y de baja permeabilidad. Deben vigilarse las condiciones físicas de los suelos y especialmente el nivel de sodio cambiante del suelo, corrigiendo en caso necesario.
S3	Agua con alto contenido en sodio y gran peligro de acumulación de sodio en el suelo. Son aconsejables aportaciones de materia orgánica y empleo de yeso para corregir el posible exceso de sodio en el suelo. También se requiere un buen drenaje y el empleo de volúmenes copiosos de riego.
S4	Agua con contenido muy alto de sodio. No es aconsejable para el riego en general, excepto en caso de baja salinidad y tomando todas las precauciones apuntadas.

Richards (1954) citado por Zhang (2017).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del área de estudio

La investigación se desarrollará en el sector de Chamana, área por donde atraviesa el río Sinincay, el cual tiene su origen en los declives del Cerro Cabogana, ubicado en el cantón Cuenca, provincia del Azuay, en la región Sierra Sur del Ecuador. Tiene una longitud aproximada de 14 km y un área de cuenca de 20.27 km² (Mendieta, 2020). El afluente, situado entre los 2600 y 3200 metros sobre el nivel del mar, dentro de la cuenca del Paute, e integrado al sistema del Amazonas (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, 2025).

Con respecto al patrón pluviométrico, la región presenta un régimen típicamente andino, con lluvias concentradas durante la estación húmeda. Según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2020, citado en CELEC, 2024), la precipitación media anual alcanza 966,63 mm, valor estimado a partir de seis estaciones meteorológicas representativas de la región andina (M0001, M0105, M0064, M0002, M0024 y M0120). El régimen de lluvias se caracteriza por caudales más altos entre noviembre y abril, y más bajos de mayo a octubre, condiciones que determinan el comportamiento hidrológico del río Sinincay en el sector Chamana y su relevancia para las actividades agrícolas locales (Gobierno Parroquial de Sinincay, 2024). El mapa de ubicación muestra el punto de monitoreo donde se recolectarán las muestras de forma periódica, Figura 2 a continuación:



Figura 2. Mapa de ubicación del punto de monitoreo en la microcuenca del Río Sinincay, sector Chamana. elaborado en el sistema de referencias de coordenadas UTM Zona 17S (Datum WGS84). Mora y Tamay (2022).

2.2 Tipo de investigación

Este estudio se clasifica como aplicada, ya que busca resolver problemas específicos mediante la recopilación y análisis de datos concretos. Según la clasificación de tipos de investigación presentada por Sarango (2024) y Suárez (2023) se caracteriza por:

- **Prospectiva:** La información es recolectada directamente por el investigador, siguiendo criterios previamente establecidos y con un propósito definido para este estudio.
- **Descriptiva:** Se enfoca en recopilar y evaluar datos numéricos que den paso a detallar los rasgos del fenómeno estudiado.
- **Correlacional:** Busca reconocer la relación estadística que existe entre dos o más variables, sin establecer un vínculo de causa y efecto.
- **Observacional:** El investigador se limita al registro y caracterización de las variables, sin influir directamente en su manejo.
- **Longitudinal:** El estudio se realiza a lo largo del tiempo definido, posibilitando la identificación de variaciones o patrones en las variables analizadas.

2.3 Diseño de investigación

Esta propuesta se desarrolló mediante la siguiente serie de etapas:

2.3.1 Determinación del punto de monitoreo y protocolo de muestreo

El punto de monitoreo se ubicó en una zona estratégica del sector Chamana del río Sinincay, seleccionada por su relevancia en el uso del agua para actividades agrícolas. En este sitio se realizó la toma de muestras durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, lo que permitió obtener información representativa de la calidad del agua en el último trimestre del año.

El sitio se encuentra a una altitud aproximada de 2691 m.s.n.m, con coordenadas 2°55' S y 78°56' O (UTM: 742 350 m E; 9 727 200 m N, Zona 17S, Datum WGS84). Donde la recolección de las muestras se llevó a cabo conforme a lo establecido en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176:2013 “Calidad del agua. Técnicas de muestreo”, y la INEN 2169:2013 “Calidad del agua. Manejo y conservación de muestras”, con el propósito de asegurar la confiabilidad, representatividad y precisión de los resultados obtenidos.

2.3.2 Medición de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

A partir de esta etapa, se procedió con la recolección de muestras de agua del río Sinincay, en un punto estratégico del sector Chamana, seleccionado por su importancia en el uso del recurso hídrico para actividades agrícolas. La toma de muestras se realizó una vez por mes durante los meses de octubre, noviembre y diciembre, lo que permitió obtener una caracterización representativa de la calidad del agua durante el último trimestre del año.

En ese sentido, durante cada campaña de muestreo se registraron directamente en el sitio variables físicas como el pH, la temperatura, la concentración de SDT y la CE, para lo cual se empleó un medidor multiparamétrico, y con este se hallaron nueve registros mensuales que permitieron contar con una base sólida para el análisis en el tiempo.

Aunado a lo anterior, las variables químicas y microbiológicas (bicarbonatos, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, calcio, magnesio, sodio, potasio, hierro total, boro y coliformes fecales) se determinaron a partir de muestras recolectadas en recipientes adecuados bajo condiciones de preservación y refrigeración, procesadas en laboratorio una vez por mes, pues no se detectaron factores externos que obligaran a realizar un seguimiento más intensivo.

2.3.3 Análisis y clasificación del agua del río Sinincay, sector Chamana

Una vez obtenidos los resultados de los análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos mediante mediciones *in situ* y análisis de laboratorio se procedió a la clasificación de la calidad del agua del río Sinincay, en el sector Chamana, con fines de riego agrícola.

Para esta clasificación se aplicaron criterios establecidos por normativas tanto nacionales como internacionales, evaluando además, indicadores clave como la dureza del agua, la RAS, el CSR, el índice de Scott, así como la clasificación según la norma Riverside. Estos parámetros permiten determinar el grado de aptitud del agua para su uso en actividades agrícolas, considerando sus posibles efectos sobre el suelo y los cultivos.

2.4 Plan de acciones para la conservación de la calidad del agua

Las estrategias de manejo destinadas a preservar la calidad del agua en las fincas agropecuarias se diseñaron a partir de los resultados obtenidos en los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados al cuerpo de agua que suministra el recurso hídrico a las unidades productivas. Estas acciones están orientadas a mejorar y mantener una calidad

óptima del agua para el uso agrícola, considerando la salud del suelo, los cultivos y el entorno. En el marco de un manejo sostenible del riego agrícola, los resultados del monitoreo permiten guiar decisiones clave en la gestión del agua.

Entre las prácticas sostenibles que se pueden aplicar con base en los resultados del monitoreo incluyen:

- Creación de barreras vegetales o franjas de amortiguamiento cerca de las fuentes hídricas para reducir la entrada de contaminantes.
- Replanteamiento del tipo de cultivo a sembrar, priorizando especies más tolerantes a las condiciones hídricas detectadas.
- Uso adecuado de abonos y productos químicos agrícolas para evitar la polución del medio hídrico a causa del arrastre superficial.
- Formación y capacitación a los agricultores, con el fin de incentivar prácticas agrícolas que incluyan principios de sostenibilidad en la gestión del agua.
- Ante la contaminación microbiológica, se recomienda incluir sistemas de riego localizado o subterráneo, debido a que estos ayudan con la disminución del contacto del agua comprometida con los cultivos y mejoran la eficacia en su aprovechamiento.

En conjunto, estas acciones permiten no solo conservar la calidad del agua disponible, sino también garantizar un riego agrícola seguro, eficiente y sostenible, alineado con los principios de producción responsable y protección del entorno natural.

2.5 Parámetros evaluados

2.5.1 Parámetros físicos

El valor del pH, temperatura, SDT y CE se analizaron de manera in-situ en el punto geográfico determinado; inicialmente introduciendo el multiparámetro que posteriormente fue calibrado en un vaso de precipitación de 250 ml con la muestra de agua a analizar, donde se procedió con las lecturas respectivas una vez introducido el electrodo. Es importante señalar que, antes de cada medición, se limpió adecuadamente el bulbo del instrumento utilizando agua destilada y algodón, con el fin de prevenir posibles errores en las lecturas. Destacando además el uso de guantes durante todo el proceso para evitar la contaminación.

- **pH:** El valor del pH se determinó para todas las muestras de agua en el punto de monitoreo. La lectura del pH, se lo hizo haciendo uso de un medidor multiparamétrico.
- **Temperatura (°C):** El valor de este parámetro se determinó para todas las muestras de agua en el punto de monitoreo usando un medidor multiparamétrico, mismo que mide en unidades: Grados centígrados (°C).
- **SDT:** Para medir este valor se recolectó la cantidad de 250 ml en un recipiente, efectuando la lectura con el uso de un medidor multiparamétrico, el mismo que lo mide en unidades: (ppm o mg/l).
- **CE:** Para medir este parámetro se tomó un volumen de 250 mL de agua en un recipiente limpio y se efectuó la lectura utilizando un medidor multiparamétrico, el cual registra los valores en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). Posteriormente, los datos obtenidos fueron convertidos de $\mu\text{S}/\text{cm}$ a decisiemens por metro (dS/m), considerando que 1 dS/m equivale a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

2.5.2 Parámetros químicos y microbiológicos

El análisis químico y microbiológicos del agua se inició con la recolección de las muestras de agua por medio de muestras en recipientes de 2 000ml, los cuales fueron transportados en un cooler térmico con hielo con el fin de conservar las muestras previo al análisis que fue en menos de 24 horas. El cual se lo realizó por medio de varios procesos químicos que se efectuaron en el laboratorio, MSV Lab Cia. Ltda, ubicado en Cuenca, Ecuador.

Siendo además acreditados conforme la norma NTE INEN ISO 17025:2018, con servicio de acreditación ecuatoriano, donde dicho laboratorio aplica metodologías oficiales basadas en los manuales de referencia en el “*Métodos normalizados para el examen de aguas potables y residuales*”, así como en las normas AOAC, ISO e INEN correspondientes a la determinación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos (APHA, 2017).

En este laboratorio se determinaron los valores de bicarbonatos, boro, calcio, carbonatos, hierro total, magnesio, nitratos, potasio, sodio, sulfatos y cloruros. Los resultados obtenidos fueron reportados en miligramos por litro (mg/L), sin embargo, para el análisis de ciertos parámetros los valores fueron posteriormente convertidos a miliequivalentes por litro (meq/L), con el propósito de estandarizar las unidades y facilitar la interpretación de los resultados en los análisis.

2.6 Análisis de los resultados

Para el análisis estadístico, los parámetros físicos fueron evaluados mediante estadística descriptiva y representaciones gráficas (cajas y bigotes o barras), con el fin de analizar su distribución, tendencia y variabilidad temporal. Previamente, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro–Wilk y Levene, respectivamente, lo que permitió seleccionar el método de comparación más adecuado para cada caso. Así, en los parámetros pH y sólidos disueltos totales, que cumplieron la normalidad pero no la homogeneidad, se aplicó un ANOVA de Welch seguido de la prueba post hoc de Games–Howell. En cambio, para temperatura y conductividad eléctrica, cuyos datos no cumplieron el supuesto de normalidad, se utilizó el test no paramétrico de Kruskal–Wallis, complementado con la prueba post hoc de Dunn. En todos los casos se consideró un nivel de significancia de 0.05 para identificar diferencias significativas entre los meses evaluados.

En el caso de los parámetros químicos y microbiológicos, cuyo enfoque fue descriptivo y longitudinal, se utilizaron tablas comparativas que permitieron observar su comportamiento en el tiempo y contrastarlo con los valores establecidos en las normativas de calidad del agua aplicables.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua del río Sinincay en el sector Chamana destinada al riego agrícola, mediante análisis estadísticos y criterios normativos.

3.1.1 Análisis estadísticos de los parámetros físicos

a. pH

La estadística descriptiva del pH (Tabla 6) muestra una tendencia progresiva hacia valores más alcalinos a lo largo del periodo de estudio, acompañada de una baja dispersión reflejada en los valores reducidos de desviación estándar. Para este parámetro del pH se empleó la media geométrica, ya que se expresa en una escala logarítmica y este tipo de promedio representa de forma más precisa el comportamiento central de la variable. Naloufi et al. (2024) señalan que la uniformidad en los valores fisicoquímicos denota una alta consistencia en el monitoreo y precisión en el registro de los datos.

Previo al análisis inferencial, se verificaron los supuestos estadísticos. La prueba de Shapiro–Wilk confirmó la normalidad de los datos ($p > 0.05$), mientras que la prueba de Levene mostró desigualdad de varianzas ($p < 0.05$). Por ello, se aplicó el ANOVA de Welch, que resulta más apropiado cuando no se cumple la homogeneidad de varianzas. La prueba post-hoc de Games–Howell evidenció diferencias significativas entre los meses. En la Figura 3, las letras A, B y C sobre las barras indican grupos estadísticamente distintos, es decir, que los valores de pH de cada mes difieren significativamente entre sí, con un aumento gradual hacia el final del periodo.

El comportamiento observado coincide con lo descrito por Mohamed y Hirayama (2025), quienes registraron incrementos de pH asociados con la intensificación de procesos fotosintéticos y el aporte de compuestos alcalinos en cuerpos de agua agrícolas. De igual forma, Wang et al. (2025) reportaron un patrón similar en sistemas fluviales, donde la mayor disponibilidad de caudales durante la temporada lluviosa favorece la mezcla y oxigenación del agua, incrementando levemente su alcalinidad. En el caso del río Sinincay, estas condiciones hidrológicas explican el ascenso del pH hacia el final del monitoreo.

Tabla 6. Estadística descriptiva del pH.

Mes de monitoreo	Variable	n	Media	DE	C.V	Min	Máx	Games - Howell
Octubre	pH	9	7.48	0.09	1.15	7.35	7.58	A
Noviembre	pH	9	7.80	0.04	0.51	7.75	7.87	B
Diciembre	pH	9	7.87	0.06	0.73	7.74	7.93	C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre los meses de monitoreo según la prueba de Games-Howell ($p < 0.05$) aplicada tras el ANOVA de Welch. Simbaña (2025).

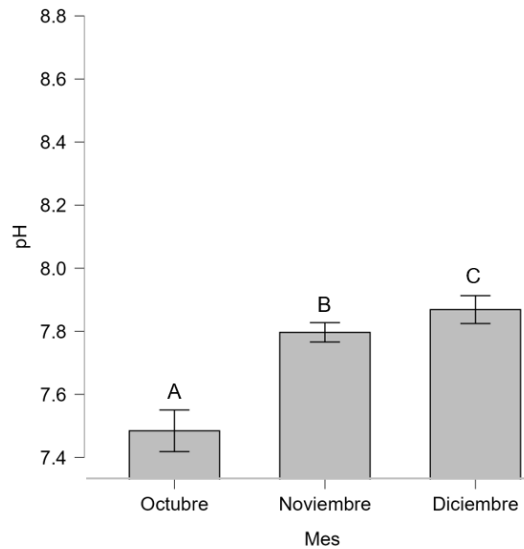


Figura 3. Variación mensual del pH.

b. Temperatura

La estadística descriptiva de la temperatura (Tabla 7) muestra una variación térmica a lo largo del periodo de monitoreo, con valores medianos más altos en noviembre y una disminución posterior en diciembre, lo que evidencia un comportamiento estacional en el río Sinincay. En cuanto a la dispersión de los datos, la desviación estándar (DE) indicó diferencias en la homogeneidad de las mediciones mensuales. Los valores más altos de DE registrados en octubre se asociaron con una mayor variabilidad térmica, mientras que la baja dispersión observada en diciembre refleja condiciones más estables y uniformes. Según Wagner et al. (2017), estas fluctuaciones son comunes en sistemas fluviales rurales expuestos a condiciones meteorológicas cambiantes.

Previo al análisis inferencial, se verificaron los supuestos estadísticos, observándose que los datos no cumplieron el criterio de normalidad, lo que justificó el uso del test no paramétrico de Kruskal–Wallis, seguido de la prueba post hoc de Dunn. Este enfoque permitió detectar diferencias significativas entre los meses de estudio. En la Figura 4, las letras A y B sobre

las cajas indican grupos estadísticamente distintos; es decir, los valores de diciembre difieren significativamente de los registrados en octubre y noviembre, los cuales no mostraron diferencias entre sí.

El comportamiento térmico identificado coincide con lo reportado por Xu et al. (2024), quienes asociaron una disminución del índice de variación con mayor estabilidad térmica en los cuerpos de agua. Asimismo, en concordancia con Caissie (2006), la temperatura de los cursos de agua se ve influenciada por la estacionalidad climática y los caudales del flujo, que en el caso del Sinincay son más altos durante la temporada lluviosa (noviembre–abril) y más bajos en la seca (mayo–octubre). Estos patrones confirman la influencia hidrometeorológica sobre la dinámica térmica y resaltan la importancia de este parámetro como indicador de calidad y aptitud del agua para riego agrícola.

Tabla 7. Estadística descriptiva de la temperatura.

Mes de monitoreo	Variable	n	Mediana (°C)	P25 (°C)	P75 (°C)	RIC (°C)	Dunn
Octubre	Temperatura	9	14.20	14.10	14.50	0.40	B
Noviembre	Temperatura	9	15.10	14.80	15.40	0.60	B
Diciembre	Temperatura	9	13.20	13.10	13.20	0.10	A

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre los meses de monitoreo según la prueba de Dunn ($p < 0.05$), aplicada tras el test de Kruskal–Wallis. Simbaña (2025).

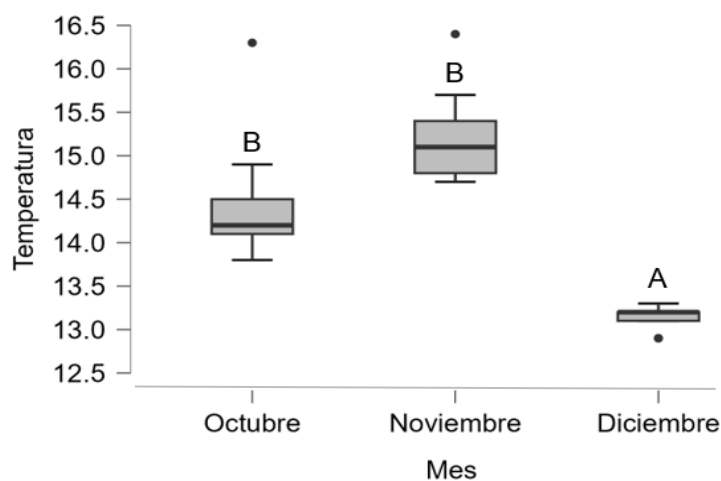


Figura 4. Variación mensual de la temperatura.

c. Sólidos disueltos totales (SDT)

La estadística descriptiva de los SDT (Tabla 8) muestra una tendencia ascendente durante los meses de monitoreo, con concentraciones más altas en diciembre. Este incremento progresivo indica un enriquecimiento gradual del agua en materia disuelta,

posiblemente asociado a procesos naturales de arrastre de sedimentos y materiales por efecto de la escorrentía durante los periodos de lluvia, así como a influencias antrópicas relacionadas con la actividad agrícola en la zona. Según Ebenezer et al. (2023), este comportamiento es característico de cuencas con una marcada estacionalidad, donde el aumento del flujo hídrico durante la temporada lluviosa intensifica la movilización de sólidos y nutrientes.

Previo al análisis inferencial, se verificaron los supuestos estadísticos, cumpliéndose la normalidad, pero no la homogeneidad de varianzas. Por tal motivo, se aplicó un ANOVA de Welch, complementado con la prueba post hoc de Games–Howell, la cual permite comparar medias cuando las varianzas difieren entre grupos. Los resultados evidenciaron diferencias significativas entre los meses, confirmando una variación temporal en la concentración de SDT. En la Figura 5, las letras A, B y C indican grupos estadísticamente distintos, donde las concentraciones aumentan de manera significativa de octubre a diciembre. Este comportamiento sugiere una mayor disponibilidad de materiales disueltos durante la época lluviosa (noviembre–abril), cuando las precipitaciones favorecen la erosión y el transporte de sales hacia el cauce del río Sinincay.

En cuanto a la variabilidad, la desviación estándar mostró una disminución progresiva hacia diciembre, lo que refleja una mayor uniformidad en las mediciones y una estabilización del sistema hídrico. Este resultado coincide con lo reportado por Akash et al. (2024) y Ngabirano et al. (2016), quienes relacionan la reducción de la dispersión con una mejora en la estabilidad hidrológica y climática. De igual forma, Li, Steward y Zhi (2022) manifiestan que en cuencas con caminos de escorrentía rápida y suelos con sales móviles en superficie, los primeros eventos de lluvia pueden inducir un pulso de lixiviación (“flushing water”) de solutos hacia el cauce, elevando temporalmente los sólidos disueltos totales y la conductibilidad eléctrica.

Tabla 8. Estadística descriptiva de los SDT

Mes de monitoreo	Variable	n	Media (mg/L)	DE	C.V	Min (mg/L)	Máx (mg/L)	Games - Howell
Octubre	SDT	9	56.00	1.50	2.68	53.00	58.00	A
Noviembre	SDT	9	58.56	0.73	1.24	58.00	60.00	B
Diciembre	SDT	9	73.89	0.33	0.45	73.00	74.00	C

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre los meses de monitoreo según la prueba de Games-Howell ($p < 0.05$) aplicada tras el ANOVA de Welch. Simbaña (2025).

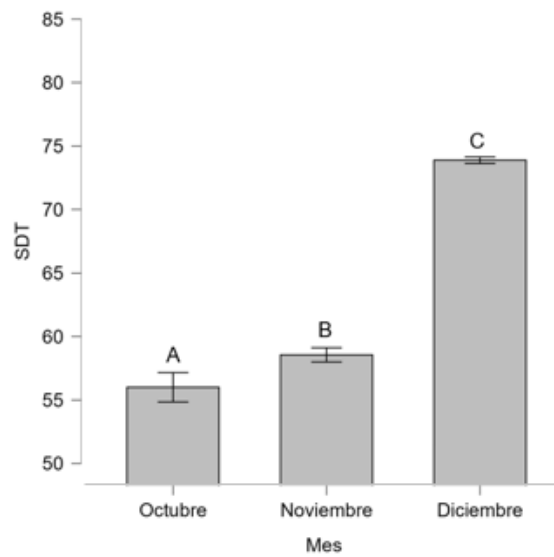


Figura 5. Variación mensual de los SDT.

d. Conductividad Eléctrica (CE)

La estadística descriptiva de la conductividad eléctrica (Tabla 9) muestra un aumento progresivo en los valores medianos desde octubre hasta diciembre, lo que refleja una mayor concentración de iones disueltos en el agua del río Sinincay. Dado que la CE es directamente proporcional a la cantidad de sólidos disueltos totales (SDT), su incremento indica una mayor mineralización del recurso hídrico conforme avanza la temporada lluviosa. Este comportamiento es coherente con los procesos naturales de arrastre y mezcla de aguas que incrementan la carga iónica superficial. En este sentido, Kumar (2023) señala que las variaciones ascendentes de la CE suelen estar asociadas a la evaporación estacional, la disolución de sales y la incorporación de contaminantes agrícolas en los cuerpos de agua, lo que coincide con la tendencia registrada en este estudio.

Previo al análisis inferencial, se verificaron los supuestos estadísticos. La prueba de Shapiro–Wilk indicó que no se cumple el supuesto de normalidad, mientras que el coeficiente de variación evidenció falta de homogeneidad de varianzas. Por ello, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal–Wallis, seguido de la prueba post hoc de Dunn, que confirmó diferencias significativas entre los meses. En la Figura 6, las letras A y B sobre las barras indican los grupos estadísticamente distintos: los valores de octubre y noviembre (A) no difieren significativamente entre sí, mientras que diciembre (B) presenta valores más elevados y significativamente diferentes. Este incremento sostenido concuerda con lo reportado por Yanes (2024), quien atribuye la elevación de la CE al aumento del flujo y la carga mineral disuelta durante el periodo lluvioso.

En cuanto a la variabilidad, los valores de CV observados en noviembre y diciembre fueron bajos, lo que sugiere una mayor estabilidad en las mediciones. Sin embargo, un CV nulo no implica necesariamente uniformidad absoluta, pues las variaciones mínimas pueden no ser detectadas debido a la precisión de los instrumentos o al formato de redondeo de los datos. En este sentido, Castro (2018), al respecto, señaló que este tipo de hallazgos pueden observarse en sistemas donde los cambios están por debajo del umbral de resolución de los instrumentos de medición o el formato en que se expuso la información. En conjunto, los resultados evidencian un comportamiento estacional de la conductividad eléctrica del río Sinincay, determinado por la influencia hidrológica de la temporada lluviosa y la dinámica natural del sistema fluvial. Según Yao et al., (2021) estudios hidrológicos han evidenciado que, en cuencas con suelos fácilmente lixiviables o con intensa actividad agrícola, la escorrentía superficial y subsuperficial puede transportar nutrientes y iones disueltos, aumentando la conductividad del agua en los primeros eventos de lluvia.

Tabla 9. Estadística descriptiva de la CE

Mes de monitoreo	Variable	n	Mediana (dS/m)	P25 (dS/m)	P75 (dS/m)	RIC (dS/m)	Dunn
Octubre	CE	9	0.11	0.11	0.12	0.01	A
Noviembre	CE	9	0.12	0.12	0.12	0.00	A
Diciembre	CE	9	0.15	0.15	0.15	0.00	B

Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas entre los meses de monitoreo según la prueba de Dunn ($p < 0.05$), aplicada tras el test de Kruskal–Wallis. Simbaña (2025).

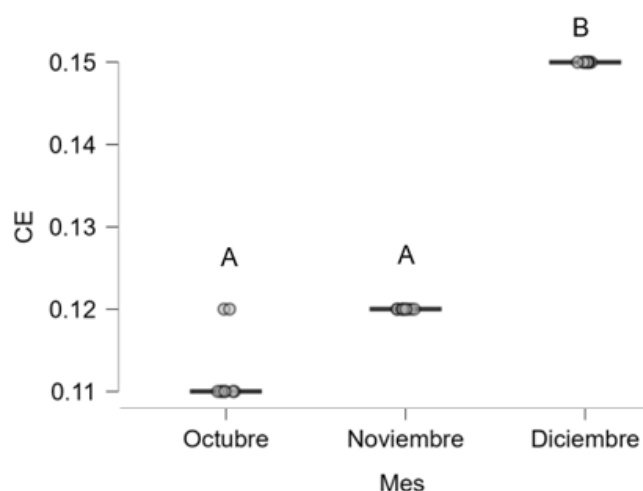


Figura 6. Variación mensual de la CE.

3.1.2 Criterios normativos de los parámetros químicos y microbiológicos

a. Comparativa con la normativa internacional EPA (Environmental Protection Agency)

La Tabla 10 presenta un análisis de la calidad del agua del río Sinincay, sector Chamana, de octubre a diciembre, basándose en los parámetros establecidos por la EPA. En cuanto a los parámetros químicos, se observó una tendencia general al aumento en los Bicarbonatos y el Calcio a medida que avanzaba la temporada, lo que sugiere un incremento en la carga de minerales disueltos, debido al arrastre de materiales por la intensificación de las lluvias y el consecuente aumento del caudal. De ese modo, el magnesio y el hierro total evidenciaron una variación más marcada, con máximos en noviembre que podrían asociarse a fenómenos de lixiviación o transporte, mientras que los nitratos, potasio, sodio y cloruros se mantuvieron en valores reducidos y dentro de parámetros aceptables, sin mostrar indicios de contaminación relevante.

Así, el aspecto más grave correspondió a la polución microbiológica por coliformes fecales, cuyos registros excedieron de manera considerable el umbral fijado por la EPA para uso agrícola (<1000 NMP/100 mL), al pasar de 4 100 en octubre a 9 200 en diciembre. Este aumento coincidió con la llegada de la estación lluviosa y el incremento del caudal, lo que reflejó arrastre de residuos fecales por escorrentía o deficiencias de saneamiento. Ante esto, Murphy (2015) señaló que concentraciones de esta magnitud son un signo evidente de

contaminación intensa por desechos fecales de origen humano o animal, lo cual representa un riesgo elevado para la salud y la inocuidad alimentaria.

Tabla 10. Norma internacional de calidad de agua superficial establecidos por la EPA

Parámetros químicos del río Sinincay, sector Chamana					
Parámetros	Octubre	Noviembre	Diciembre	Unidad	Valores máximos permisibles según la EPA
Bicarbonatos	0.02	0.72	0.99	meq/L	<1.50
Boro	0.40	<0.01	2.00	mg/L	3
Calcio	0.56	6.40	17.60	mg/L	No Aplica
Carbonato	<1.00	<1.00	<1.00	meq/L	0
Hierro Total	0.13	2.09	0.20	mg/L	<5
Magnesio	0.40	7.78	1.44	mg/L	<120
Nitratos	3.70	<4.60	<4.60	mg/L	45
Potasio	3.32	<5.00	<0.01	mg/L	No Aplica
Sodio	0.02	4.94	0.17	meq/L	<9
Sulfatos	5.00	<10.00	13.00	mg/L	<500
Cloruros	0.34	0.12	0.28	meq/L	3
Parámetros microbiológicos del río Sinincay, sector Chamana					
Coliformes fecales	4.1 E3	5.4 E3	9.2 E3	NMP/100ml	1000

Simbaña (2025).

b. Comparativa con la normativa nacional del Acuerdo Ministerial 097A

La Tabla 11, que detalla la Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua (Norma AM 907-A), muestra el estado de los parámetros químicos del río Sinincay, sector Chamana, entre octubre y diciembre. Los bicarbonatos se mantuvieron dentro del rango permisible, aunque mostraron un aumento gradual. El boro alcanzó en diciembre el valor máximo permitido de 2 mg/L, mientras que el calcio mostró un incremento sostenido durante el periodo sin tener un límite regulado. Además, el hierro total y el magnesio tuvieron picos en noviembre sin sobrepasar normas, y los nitratos, potasio, sodio y cloruros permanecieron bajos o sin valores de referencia establecidos.

Ahora bien, en la microcuenca del río Sinincay los indicadores microbiológicos reflejaron concentraciones alarmantes de coliformes fecales, que superaron ampliamente el estándar nacional e internacional de 1000 NMP/100 mL. Así, se registraron 4 100 en octubre, 5 400 en noviembre y 9 200 en diciembre, lo que confirmó una contaminación continua y de gran magnitud. Estos valores exceden drásticamente el límite permitido, indicando una

significativa contaminación fecal en el río Sinincay. Para propósitos de riego, especialmente de cultivos de consumo humano directo o aquellos donde hay contacto con la parte comestible, estos niveles de coliformes fecales representan un riesgo sanitario muy alto, reforzando la preocupación por la calidad microbiológica del agua (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2015).

Tabla 11. Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua - Norma AM 907-A.

Parámetros químicos del río Sinincay, sector Chamana					
Parámetros	Octubre	Noviembre	Diciembre	Unidad	Valores máximos permisibles AM-097A
Bicarbonatos	0.02	0.72	0.99	meq/L	1.50 - 8.50
Boro	0.40	<0.01	2.00	mg/L	0.75 - 2
Calcio	0.56	6.40	17.60	mg/L	No Aplica
Carbonato	<1.00	<1.00	<1.00	meq/L	No Aplica
Hierro Total	0.13	2.09	0.20	mg/L	5
Magnesio	0.40	7.78	1.44	mg/L	No Aplica
Nitratos	3.70	<4.60	<4.60	mg/L	10
Potasio	3.32	<5.00	<0.01	mg/L	No Aplica
Sodio	0.02	4.94	0.17	meq/L	>9
Sulfatos	5.00	<10.00	13.00	mg/L	250
Cloruros	0.34	0.12	0.28	meq/L	3
Parámetros microbiológicos del río Sinincay, sector Chamana					
Coliformes fecales	4.1 E3	5.4 E3	9.2 E3	NMP/100ml	1000

Simbaña (2025).

3.2 Clasificación de la calidad de agua del río Sinincay, sector de Chamana aplicada al riego agrícola, mediante indicadores de salinidad y sodicidad como la dureza, RAS, CSR, índice de Scott y norma Riverside.

3.2.1 Dureza (°FH)

Entre octubre y diciembre se observó un aumento progresivo en la dureza del agua, con valores de 0.30 °FH en octubre, 4.80 °FH en noviembre y 4.99 °FH en diciembre, clasificándola como muy dulce durante todo el periodo de muestreos según la Tabla 12. En octubre, con un caudal reducido, la dureza fue mínima, indicando una escasa presencia de minerales disueltos. A partir de noviembre, con el inicio de las lluvias, y más marcadamente en diciembre, con un caudal más alto, la dureza aumentó ligeramente, lo que sugiere un

mayor arrastre de calcio y magnesio desde el entorno. Sin embargo, estos valores siguen siendo bajos.

Según indican Barrow y Hartemink (2023) a nivel agrícola, la combinación de agua muy dulce (baja en Ca y Mg) y un pH ligeramente alcalino puede ser una desventaja nutricional para las plantas, ya que no solo limita el aporte de calcio y magnesio; nutrientes esenciales para el desarrollo vegetal, sino que además dificulta la absorción de otros micronutrientes presentes en el suelo. Por tanto, aunque no hay implicaciones a nivel mineral, esta calidad de agua podría afectar la nutrición vegetal, especialmente en cultivos sensibles.

Tabla 12. Nivel de Dureza del río Sinincay, sector Chamana.

Meses	Calcio (mg/L)	Magnesio (mg/L)	Dureza (°FH)	Clasificación
Octubre	0.56	0.40	0.30	Muy dulce
Noviembre	6.40	7.78	4.80	Muy dulce
Diciembre	17.60	1.44	4.99	Muy dulce

Simbaña (2025).

3.2.2 Relación de Adsorción de Sodio (RAS)

La evaluación de la calidad del agua para riego en la microcuenca del río Sinincay, sector Chamana, revela una marcada variabilidad estacional en su RAS, lo cual es crucial para la gestión del riego y la salud del suelo. En octubre, que corresponde a un periodo de caudal bajo y presumiblemente antes del inicio de las lluvias intensas, el agua presenta un RAS de 0.12, que se clasifica según la Tabla 13 como de "Bajo" peligro de sodio. Aunque este valor está muy por debajo del límite inferior de esta clasificación, indica una condición óptima en términos de riesgo de sodicidad. La baja concentración de sodio, junto con los bajos niveles de calcio y magnesio, sugiere un agua "muy blanda" que, si bien es excelente para prevenir la obstrucción de los sistemas de riego, podría requerir la suplementación de calcio y magnesio como nutrientes para los cultivos.

La situación cambia notablemente en noviembre, mes en el que comienzan las lluvias. Durante este periodo, el RAS se incrementa a 7.13, pero, aun así, sigue clasificándose dentro del rango de "Bajo" peligro de sodio, donde Suárez y Wood (2008) describen que este aumento en el RAS, podría atribuirse a un efecto de "arrastre" de sales superficiales o a una mayor concentración de sodio en las primeras escorrentías. Finalmente, en diciembre, con un caudal alto, lluvias más establecidas y una dilución mayor, el RAS desciende nuevamente a 0.24. Este valor, al igual que el de octubre, se encuentra muy por debajo del umbral de "Bajo" peligro de sodio, confirmando la excelente calidad del agua en cuanto a la sodicidad

durante los periodos de mayor caudal. La dilución de las sales por el aumento del volumen de agua debido a las lluvias es un factor determinante en esta mejora.

Tabla 13. Nivel de Relación Adsorción de Sodio del río Sinincay, sector Chamana.

Mes	Sodio (meq/L)	Calcio (meq/L)	Magnesio (meq/L)	SAR	Peligros de sodio en el agua
Octubre	0.02	0.03	0.03	0.12	Bajo
Noviembre	4.94	0.32	0.64	7.13	Bajo
Diciembre	0.17	0.88	0.12	0.24	Bajo

Simbaña (2025).

3.2.3 Carbonato de Sodio Residual (CSR)

El análisis del CSR en los meses de octubre, noviembre y diciembre arrojó cifras menores a 1.25 meq/L, umbral que calificó el recurso hídrico como de buena condición respecto al riesgo de sodificación (Tabla 14). Esto significa que dicho recurso no supone una amenaza para la estructura edáfica ni para la disponibilidad de nutrientes esenciales.

De otra parte, el mantenimiento del CSR por debajo del límite crítico evidenció la ausencia de desbalance entre carbonatos y cationes divalentes que pudiera propiciar la acumulación de sodio. Este hallazgo es relevante en la actividad agrícola, pues garantiza la preservación de la permeabilidad del suelo y evita problemas de compactación. De acuerdo con Mancilla (2020), concentraciones elevadas de sodio deterioran la estructura edáfica y el desarrollo de raíces; no obstante, en este caso el agua resultó apta para riego sin necesidad de medidas preventivas.

Tabla 14. Clasificación del CSR del río Sinincay, sector Chamana.

Mes	Carbonato (meq/L)	Bicarbonato (meq/L)	Calcio (meq/L)	Magnesio (meq/L)	CSR (meq/L)	Clasificación
Octubre	0.5	0.02	0.03	0.03	0.46	Buena
Noviembre	0.5	0.72	0.32	0.64	0.26	Buena
Diciembre	0.5	0.99	0.88	0.12	0.49	Buena

Simbaña (2025).

3.2.4 Índice de Scott

El cuadro presenta el Índice de Scott (K) y la calidad del agua en la microcuenca del río Sinincay, sector Chamana, durante los meses de octubre, noviembre y diciembre. Se observa una marcada variación en el Índice de Scott y la calidad del agua entre los meses. Según la Tabla 15; en octubre, con un Índice de Scott de 169.12, donde la calidad del agua es "Buena".

Sin embargo, en noviembre, mes que se indica como de caudal bajo, el Índice de Scott cae drásticamente a 6.02, resultando en una calidad de agua "Tolerable". En consecuencia, la reducción del índice y la calidad indicó que, en situaciones de caudal bajo, se hace más notoria la presencia de contaminantes o iones que impactan de forma negativa el parámetro.

En lo que concierne al incremento del caudal en diciembre, asociado a las lluvias, este mejoró las condiciones del agua, al elevar el índice de Scott a 205.36 y al clasificarla otra vez como "buena". Esto concuerda con Zárata et al. (2024), quienes sostuvieron que mayores flujos diluyen contaminantes e iones que afectan el índice. Así, aunque los sulfatos aumentaron de 5.00 meq/L en noviembre a 13.00 meq/L en diciembre, la reducción de sodio y cloruros junto con el efecto de dilución explicó la mejora de la calidad y el valor favorable del índice.

Tabla 15. Índice de Scott del río Sinincay, sector Chamana.

Mes	Sodio (meq/L)	Cloruros (meq/L)	Sulfatos (meq/L)	Índice de Scott (K)	Calidad del agua
Octubre	0.02	0.34	5.00	169.12	Buena
Noviembre	4.94	0.12	5.00	6.02	Tolerable
Diciembre	0.17	0.28	13.00	205.36	Buena

Simbaña (2025).

3.2.5 Norma Riverside

Durante el periodo comprendido entre los meses de octubre y diciembre, se evaluó la calidad del agua para riego en la microcuenca del río Sinincay, aplicando los criterios de la clasificación Riverside, que considera la salinidad (CE) y la sodicidad (SAR) del agua. Según la Tabla 16, en el mes de octubre, el agua fue clasificada como C1-S1, lo cual indica un bajo riesgo tanto de salinidad como de sodificación. Esta misma categoría se repitió en los meses de noviembre y diciembre, lo que evidencia condiciones estables y favorables para su uso en la agricultura durante el trimestre evaluado.

De igual manera, la clasificación del recurso hídrico en la categoría C1-S1 durante el trimestre señaló una mínima probabilidad de afectación por sales o sodio en terrenos y cultivos, aunque se aconsejó vigilancia permanente ante el leve incremento del SAR registrado en noviembre. Este enfoque precautorio es importante para asegurar la sostenibilidad del uso agrícola del agua en el tiempo. Este hallazgo coincide con lo señalado por Gevorgyan et al. (2025), quienes al evaluar la calidad del agua para riego en la cuenca del río Voghji - Armenia, encontraron que aguas clasificadas como C1-S1 presentan bajo

riesgo para la degradación del suelo y son aptas para la agricultura sin necesidad de tratamientos adicionales, siempre y cuando se refiera a una buena calidad fisicoquímica del agua.

Tabla 16. Clasificación del río Sinincay en el sector Chamana según las Normas Riverside.

Mes	CE (dS/m)	SAR (Riverside)	Peligro de salinización		Peligro de sodificación	
			Criterio	Clase	Criterio	Clase
Octubre	0.11	0.12	Bajo	C1	Bajo	S1
Noviembre	0.12	7.13	Bajo	C1	Bajo	S1
Diciembre	0.15	0.24	Bajo	C1	Bajo	S1

Simbaña (2025).

3.3 Acciones de manejo sostenible que permitan garantizar la calidad de agua para riego agrícola usada en unidades productivas del sector de Chamana.

Según la visita al campo realizada y la toma periódica de datos en la microcuenca del río Sinincay, sector Chamana, se considera que la principal problemática detectada, conforme a la norma internacional EPA, la norma nacional AM 097A y los índices de clasificación estudiados, está relacionada específicamente con la contaminación microbiológica por coliformes fecales. Además, la presencia de bacterias coliformes reveló un incumplimiento de los criterios de potabilidad, lo que constituye un riesgo para la salud humana y el entorno, en concordancia con lo señalado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2022).

Por otro lado, según García y López (2021), la causa principal de dicha polución corresponde a descargas de aguas domésticas sin tratamiento y a la disposición inadecuada de desechos sólidos en las cercanías de los cuerpos hídricos. En este sentido, la contaminación observada en el río Sinincay puede atribuirse principalmente al vertimiento de aguas residuales provenientes de las viviendas ubicadas en sus márgenes, así como al depósito inadecuado de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, lo que en conjunto representa un riesgo potencial tanto para la salud humana como para los ecosistemas asociados.

Propuestas de acción

- Incluir sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas apropiados requiere de una medida prioritaria. El desagüe directo de líquidos residuales originados en hogares ribereños aumenta la carga de contaminantes biológicos y orgánicos. Por lo tanto, se recomienda la instalación de biodigestores, sistemas sépticos optimizados o

humedales artificiales, así como fortalecer la fiscalización de efluentes industriales y agrícolas con sanciones altas en caso de irrespetar la normativa.

- La instrucción ecológica y la concienciación vecinal son imprescindibles para fortalecer la responsabilidad hacia la conservación del recurso hídrico, a través de la difusión de peligros vinculados con descargas y desperdicios, la promoción de hábitos responsables y la habilitación de cuadrillas colectivas de aseo en orillas y tributarios.
- El establecimiento de un plan integral de manejo de desechos sólidos incluye una medida clave para disminuir la polución, la cual incluye estaciones de reunión clasificadas, frecuente, de reutilización y compostaje comunitario, además de opciones de bebederos alternativos y tratamiento correcto del estiércol.
- El mantenimiento de las márgenes fluviales a través de cinturones de protección ambiental, cercos vegetales o áreas naturales de amortiguamiento suma a la depuración de contaminantes, eliminar la degradación del suelo y conservar el equilibrio del hábitat. Además, se deben evitar las intervenciones humanas en estos espacios.
- El refuerzo del control de la pureza del agua con esquemas participativos y técnicos asegura una supervisión constante, preparación en la reunión de muestras y formas de alerta previa ante focos de contaminación, y la inclusión activa de quienes habitan en el resguardo del cauce.
- El aprovechamiento racional del recurso hídrico en la irrigación por medio de metodologías sostenibles, como la microaspersión, además de las labores agrarias capaces que gestionen el empleo de abonos y químicos, minimiza la exposición de sembradíos a focos contaminantes y el cambio de impurezas hacia el río.
- La preparación técnica de campesinos en indicadores básicos de la calidad del agua a través de ejercicios prácticos permite la comprensión de los peligros y la toma de decisiones importantes en relación con el uso del recurso. Además, estos espacios pueden incluir la gestión de registros de calidad y la interpretación de hallazgos simples.
- Fomentar la diversificación de cultivos resistentes o ajustados a diferentes calidades de agua puede funcionar como medida de adaptación ante la variabilidad en la calidad del recurso. Brindar asistencia técnica para seleccionar cultivos menos vulnerables a patógenos transmitidos por agua contaminada, o que demanden menos

tratamiento, permitirá reducir riesgos sanitarios y económicos en las unidades productivas.

- La incorporación de métodos básicos de purificación en predios, como filtros de arena, aplicación dosificada de cloro o sedimentación previa al riego por goteo o aspersión, contribuye a reducir la presencia microbiana sin requerir obras complejas, pues esto se adapta al tipo de siembra y a la superficie disponible.
- Coordinar acciones entre las instituciones locales, entidades ambientales y organizaciones comunitarias es esencial para lograr resultados sostenibles. Aplicar la normativa vigente, gestionar recursos técnicos y financieros, consolidar alianzas entre el GAD de Sinincay e instituciones tanto privadas como públicas facilitará la implementación efectiva de los proyectos propuestos para la recuperación y conservación del recurso hídrico. Además de consolidar un presupuesto anual específico y suficiente para la implementación y el mantenimiento de todas las acciones propuestas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La investigación evidenció que la calidad del agua del río Sinincay en el sector Chamana estuvo sujeta a variaciones temporales significativas, analizadas mediante métodos estadísticos robustos y no paramétricos (ANOVA de Welch/Games-Howell y Kruskal-Wallis/Dunn). Se constató un incremento progresivo y estadísticamente distinto en el pH y en los sólidos disueltos totales (SDT). Las pruebas post-hoc confirmaron que estos parámetros conforman tres grupos significativamente diferentes entre los meses (A, B y C), mientras que la conductividad eléctrica (CE) presentó únicamente dos grupos (A y B), con valores más altos en diciembre. Este comportamiento refleja una mayor mineralización y alcalinidad del agua hacia el final del periodo de monitoreo, asociadas a la transición de la estación seca a la lluviosa, que intensifica el arrastre de sales y la escorrentía agrícola. Asimismo, la temperatura mostró un comportamiento estacional significativo con dos grupos distintos (A y B), influenciado por las condiciones hidrometeorológicas predominantes.

En cuanto a los parámetros químicos, los resultados evidenciaron condiciones apropiadas para el uso agrícola, al presentar valores bajos y constantes en dureza, RAS, CSR, índice de Scott y clasificación Riverside. Estos indicadores reflejan un agua muy dulce, con bajo riesgo de salinización y sodificación, lo que sugiere un impacto mínimo sobre la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes esenciales para los cultivos. A pesar de la variabilidad estacional, los valores permanecieron dentro de los límites establecidos por la normativa para riego, manteniendo una calidad química estable durante el periodo evaluado.

No obstante, a diferencia de los resultados fisicoquímicos, los parámetros microbiológicos no cumplieron con los estándares exigidos para uso en riego. Los coliformes fecales superaron ampliamente el umbral de 1 000 NMP/100 mL, registrando concentraciones de 4 100 en octubre, 5 400 en noviembre y 9 200 en diciembre, lo que constituye una evidencia clara de contaminación antrópica y representa un riesgo sanitario inminente para los cultivos y la salud pública.

En respuesta a estos resultados, se propusieron acciones integrales orientadas a garantizar la calidad del agua y el manejo sostenible del riego agrícola en Chamana, con énfasis en reducción de la contaminación microbiológica por coliformes fecales. Por consiguiente, las

estrategias propuestas contemplan la depuración de aguas residuales, la formación y sensibilización ambiental, la gestión adecuada de desechos, el resguardo de riberas, el fortalecimiento del control comunitario y la capacitación técnica a productores, junto con la implementación de prácticas responsables y métodos simples de tratamiento en los predios agrícolas. Su ejecución articulada entre las entidades locales, comunitarias e institucionales permitiría preservar el recurso hídrico, reducir riesgos sanitarios y asegurar la viabilidad agrícola en la subcuenca del río Sinincay.

Recomendaciones

- Incrementar el tiempo de monitoreo a todo el ciclo hidrológico para registrar la variación estacional total de los indicadores de calidad del recurso.
- Añadir variables adicionales de estudio, como elementos metálicos, plaguicidas y contaminantes emergentes, que pueden influir en el rendimiento agrícola del agua.
- Analizar los efectos del recurso hídrico contaminado sobre cultivos irrigados, principalmente aquellos que son destinados al consumo directo, para determinar riesgos representativos en la salud humana.
- Valorar la eficacia de tratamientos en predio, como filtración o cloración, para disminuir coliformes fecales antes del uso en riego.
- Efectuar comparaciones en otras microcuencas agrícolas del cantón Cuenca, a fin de contrastar niveles de polución y condiciones hidrológicas.
- Integrar exámenes de suelos agrícolas para detectar posibles acumulaciones derivadas del riego con agua contaminada microbiológicamente.
- Formular indicadores locales de calidad hídrica, ajustados a las características agroecológicas y sociales del área Chamana.
- Implementar técnicas de teledetección y sistemas de información geográfica para ubicar fuentes de contaminación y zonas de vulnerabilidad en la microcuenca del río Sinincay.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta García, J., & Salvadori Verón, J. (2017). *Evaluación de la calidad del agua para riego mediante el empleo de criterios actualizados*. Obtenido de https://repo.unlpam.edu.ar/bitstream/handle/unlpam/1376/a_acoeva602.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Adjovu, A., Stephen, H., & Ahmad, S. (2023). *Variabilidad espaciotemporal de los sólidos disueltos totales y los sólidos suspendidos totales a lo largo del río Colorado*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2306-5338/10/6/125#:~:text=This%20study%2C%20therefore%2C%20analyzed%20the,million%20associated%20with%20TDS%20damages.>
- Adjovu, E., Stephen, H., & Ahmad, S. (2023). *Un enfoque de aprendizaje automático para la estimación de la concentración total de sólidos disueltos en el lago Mead utilizando la conductividad eléctrica y la temperatura*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2073-4441/16/18/2639>
- Adjovu, E., Stephen, H., James, D., & Ahmad, S. (2023). *Medición de sólidos disueltos totales y sólidos suspendidos totales en sistemas de agua: una revisión de los problemas, técnicas convencionales y de teledetección*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2072-4292/15/14/3534>
- Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria . (septiembre de 2016). *Estrategia nacional de calidad del agua*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf
- Aguirre Flores, A. (2024). *Parámetros químicos de la calidad del agua para riego*. Obtenido de <https://enengiedublog.com/parametros-quimicos-de-la-calidad-del-agua-para-riego/>
- Akash, Khatun, R., & Jahan , N. (2024). *Índice regional de calidad del agua de riego para el antiguo río Brahmaputra, Bangladesh: una evaluación espaciotemporal multivariada y basada en SIG*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123024019108?utm_source

- Antonangelo, J., Culman, S., & Zhang, H. (2024). *Análisis comparativo y predicción de la capacidad de intercambio catiónico mediante suma: influencia del tipo de biocarbón y las proporciones de nutrientes*. Obtenido de <https://www.frontiersin.org/journals/soil-science/articles/10.3389/fsoil.2024.1371777/full>
- Aragués, R. (junio de 2011). *Calidad del agua para riego: Efectos sobre plantas y suelos*. Obtenido de <https://digital.csic.es/handle/10261/39164>
- Asociación Americana de Salud Pública APHA. (2017). *Métodos Estándar para el Examen del Agua y Aguas Residuales*. Obtenido de https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard-Methods-23rd-Perv.pdf?utm_source
- Awan, S., Ippolito, J., Ullman, J., Ansari, K., Cui, L., & Siyal, A. (2021). *Los biocarbones reducen la tasa de adsorción de sodio en el agua de riego*. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s42773-020-00073-z?utm_source
- Baeza Gómez, E. (16 de noviembre de 2016). *Calidad del Agua*. Obtenido de <https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf>
- Banco Mundial. (05 de octubre de 2022). *El agua en la agricultura*. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture>
- Barrow, J., & Hartemink, A. (2023). *Los efectos del pH sobre la disponibilidad de nutrientes dependen tanto del suelo como de las plantas*. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-023-05960-5?utm_source
- Bonet Pérez, C., & Ricardo Calzadilla, M. (2011). *Calidad del agua de riego y su posible efecto en los rendimientos agrícolas en la Empresa de Cultivos Varios Sierra de Cubitas*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542011000300003#:~:text=El%20uso%20de%20agua%20de,sobre%20los%20cultivos%20y%20otros.
- Botella Díez, M. (2021). *Boro en los Azarbes del Río Segura y del Río Vinalopó*. Obtenido de <https://dspace.umh.es/handle/11000/26070>
- Caissie, D. (2006). *El régimen térmico de los ríos: una revisión*. Obtenido de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2427.2006.01597.x>
- California State Water Resources Control Board. (2023). *Conductividad Eléctrica/Salinidad*. Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf

- Carrillo Martínez, C., Álvarez Fuentes, G., Aguilar Benítez, G., Can Chulím, Á., & Pinedo Escobar, J. (2021). *Calidad del agua para riego agrícola en la región del acuífero Calera en Zacatecas, México*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222021000200001
- Castro, Y. (2018). *La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes utilizados para consumo humano en Costa Rica. Tecnología en Marcha*. Obtenido de <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.5910>
- CELEC. (2024). *Estudio de impacto ambiental expost del sistema de transmisión conformado por las L/T*. Obtenido de <https://www.celec.gob.ec/transelectric/wp-content/uploads/2024/02/CAPITULO-5-LINEA-BASE.pdf>
- Del Rey, I. (2019). *Carbonato Sódico Residual*. Obtenido de <https://www.tiloom.com/carbonato-sodico-residual-agua-de-riego/>
- Ebenezer Adjovu, Stephen, H., & Ahmad, S. (2023). *Variabilidad espaciotemporal de los sólidos disueltos totales y los sólidos suspendidos totales a lo largo del río Colorado*. Obtenido de https://www.mdpi.com/2306-5338/10/6/125?utm_source
- EBSCO Information Services. (2024). *Calidad del agua*. Obtenido de <https://www.ebsco.com/research-starters/environmental-sciences/water-quality>
- Elnemr, M., & Elatta, N. (2024). *Estudio experimental sobre el efecto de la temperatura del agua en la uniformidad del riego por goteo en Egipto*. Obtenido de https://djas.journals.ekb.eg/article_406806_b9a9061c59e6bb4486814194bd424af2.pdf?utm_source
- Escalona Domenech, R., Villarreal Fuentes, J., Infante Mata, D., & Barrios Calderón, R. (2025). *Calidad del agua para uso agrícola y consumo humano en el río Huixtla, Chiapas, México*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?lng=pt&nrm=iso&pid=S0188-49992025000100104&script=sci_arttext&utm_source
- FACSA. (2017). *La dureza del agua*. Obtenido de <https://www.facsa.com/la-dureza-del-agua/>
- Fertilab. (2025). *Toxicidad por boro - Parte III: Estrategias para remediar el exceso de boro*. Obtenido de https://www.fertilab.com.mx/blog/112-toxicidad-por-boro--parte-iii-estrategias-para-remediar-el-exceso-de-boro/?utm_source

- Font, E. (2022). *Calidad de agua: coliformes fecales*. Obtenido de https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/33469/1/BCN_normas_calidad_de_agua_coliformes_2022_FINAL.pdf
- García, L., & López, M. (2021). *Evaluación del impacto de las aguas residuales domésticas en cuerpos de agua superficiales urbanos*. Obtenido de <https://doi.org/10.5294/rca.2021.55.2.6>
- García Cubas, E., & Tucto Sánchez, D. (2020). *Parámetros químicos de la calidad de agua con fines agrícola y pecuaria de los ríos Chotano, Huancabamba y Chamaya–Cajamarca*. Obtenido de http://repositorio.unj.edu.pe/bitstream/UNJ/177/1/Garcia_CE_Tucto_SD.pdf
- García Hidalgo, Y. (mayo de 2015). *Quality of the water with ends of watering*. Obtenido de Calidad del agua con fines de riego: <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-CalidadDelAguaConFinesDeRiego-5362999.pdf>
- Gevorgyan, G., Khachatryan, G., Varagyan, A., Varagyan, V., & Vaseashta, A. (2025). *Caracterización hidroquímica, identificación de fuentes y evaluación de la calidad del agua de riego en la cuenca del río Voghji, sur de Armenia*. Obtenido de https://www.mdpi.com/2073-4441/17/6/854?utm_source
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca. (2025). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca*. Obtenido de https://sinincay.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/19.PDOT_2021_2023.pdf
- Gobierno Parroquial de Sinincay. (2024). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial, Municipio de Sinincay*. Obtenido de https://sinincay.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/19.PDOT_2021_2023.pdf
- Greenpeace. (2021). *Nitratos: ¿Qué son y qué problemas generan?* Obtenido de https://es.greenpeace.org/es/wp-content/uploads/sites/3/2021/04/Nitratos_Qu%C3%A9Son.pdf
- Guerra Tamara, B. (2022). *Evaluación de la Calidad de Agua Para Riego en Unidades Productivas Agrícolas en el Departamento de Sucre, Colombia*. Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/9226/Evaluaci%C3%B3n%20de%20la%20Calidad%20de%20Agua%20Para%20Riego%20en%20Unidades%20Productivas%20Agr%C3%ADcolas%20en%20el%20Departamento%20de%20Sucre%2C%20Colombia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hasang Moran, E., Cobos Mora, F., Lombeida Garcia, E., & Uvidia, M. (2022). *Evaluación de la calidad de agua en el sistema de riego cedege, Babahoyo Ecuador*. Obtenido

- de [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaCalidadDeAguaEnElSistemaDeRiegoCedeg-8806520%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaCalidadDeAguaEnElSistemaDeRiegoCedeg-8806520%20(1).pdf)
- ICL Growers Solutions. (2025). *Impacto de los carbonatos y bicarbonatos en el agua de riego*. Obtenido de https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/knowledge-hub/impact-of-carbonates-and-bicarbonates-in-irrigation-water/?utm_source
- ICL Growing Solutions. (2025). *Impacto de los Carbonatos y Bicarbonatos en el Agua de Riego*. Obtenido de <https://icl-growingsolutions.com/es-mx/agriculture/knowledge-hub/impact-of-carbonates-and-bicarbonates-in-irrigation-water/>
- Inbioma. (2025). *El calcio en las plantas y en el suelo*. Obtenido de <https://inbioma.com/el-calcio-en-las-plantas-y-en-el-suelo/>
- Intagri. (2018). *La Dureza del Agua y su Importancia en el Riego por Goteo*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del-agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo>
- Intagri. (2023). *Lixiviación de nitratos en agricultura*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/lixivacion-de-nitratos-en-agricultura>
- Khan, M., Abbas, G., Abbas, S., & Hussain, A. (2021). *Efectos de las sales disueltas en las propiedades del suelo y el crecimiento de las plantas*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/00380768.2021.1911780>
- Kumar, D. (2023). *Pronóstico de conductividad eléctrica multi-adelanto de aguas superficiales basado en algoritmos de aprendizaje automático*. Obtenido de https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-023-02005-1?utm_source
- Lewoyehu, M., Fentahun, D., & Addisu, S. (2023). *valuación del agua de riego de Koga en el distrito de Mecha, región de Amhara, como ejemplo de calidad del agua de riego en el noroeste de Etiopía*. Obtenido de <file:///C:/Users/ASUS/Downloads/s13201-023-01997-0.pdf>
- Li, L., Steward, B., & Zhi, W. (2022). *Controles climáticos sobre la química de los ríos*. Obtenido de https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2021EF002603?utm_source
- Mancilla Villa, O. (2020). *Calidad del agua subterránea para uso agrícola en Zacoalco de Torres y Autlán de Navarro, México*. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/573/57366066024/html/?utm_source
- Martínez Rodríguez, O., Can Chulim, Á., Ortega Escobar, H., Cruz Crespo, E., Bojórquez Serrano, J., & García Paredes, J. (2020). *Calidad del agua para uso agrícola del río*

- San Pedro, Nayarit. Obtenido de <https://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/index.php/agricolas/article/view/2083/3139>
- Mencías Ibadango, D. (2015). *Determinación de la infiltración en el suelo, estudio de la calidad del agua para regadío y manejo ambiental del sistema de riego el Pisque - Pichincha*. Obtenido de [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tesis_Daniela_Mencias%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Tesis_Daniela_Mencias%20(1).pdf)
- Mendieta, J. (2020). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial de Sinincay*. Obtenido de https://sinincay.gob.ec/wp-content/uploads/2024/06/19.PDOT_2021_2023.pdf
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No. 097-A: Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA): Anexos sobre calidad ambiental de agua, suelo, aire, ruido y vibraciones*. Obtenido de https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf?utm_source
- Mohamed, O., & Hirayama, N. (2025). *Modelado estadístico multivariado de la calidad estacional del agua de los ríos utilizando datos hidrológicos y climáticos limitados*. Obtenido de https://www.mdpi.com/2073-4441/17/11/1585?utm_source
- Mohanavelu, A., Raghavendra, N., & Al Ansari, N. (2021). *Peligros de salinidad y sodicidad inducidos por el riego en el suelo y las aguas subterráneas: una descripción general de sus causas, impactos y estrategias de mitigación*. Obtenido de <https://www.mdpi.com/2077-0472/11/10/983>
- Monge, M. (2017). *Calidad del agua de riego*. Obtenido de <https://www.universidadderiego.com/calidad-del-agua-de-riego/>
- Mora Campos, M., & Tamay Heras, A. (2022). *Determinación del índice de calidad de agua mediante el monitoreo de macro invertebrados, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en el río Sinincay, Cuenca - Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21888/1/UPS-CT009573.pdf>
- Moreno, A., & Peñaranda, I. (2016). *Factores que afectan la calidad de aguas de uso agrícola*. Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/factores-que-afectan-la-calidad-de-aguas-de-uso-agricola/>
- Murphy, S., Jordan, P., Mellander, P., & Flaherty, V. (2015). *Cuantificación de las vías y fases de transferencia hidrológica de organismos indicadores fecales en cuencas agrícolas*. Obtenido de

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969715001539?via%3Dihub>
- Naloufi, M., Abreu, T., Souihi, S., & Therial, C. (2024). *Estabilidad a largo plazo de un sistema IoT de bajo coste para la monitorización de la calidad del agua en ríos urbanos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/381496099_Long-Term_Stability_of_Low-Cost_IoT_System_for_Monitoring_Water_Quality_in_Urban_Rivers?utm_source=New_Jersey_Agricultural_Experiment_Station.
- New Jersey Agricultural Experiment Station. (2005). *Manejo del hierro en el agua de riego*. Obtenido de <https://njaes.rutgers.edu/fs516/>
- Ngabirano, H., Nuwagaba, A., & Niyonzima, F. (2016). *Efectos de las variaciones estacionales en parámetros físicos sobre la calidad del agua en fuentes de flujo por gravedad en el distrito de Kabale, Uganda*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s13762-015-0853-2>
- Organización Mundial de la Salud. (2022). *Directrices para la calidad del agua potable: cuarta edición que incorpora la primera y la segunda adenda*. Obtenido de <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>
- Pacheco Ostaiza, M. (2024). *Coliformes fecales y su incidencia en la salud de la población de Portoviejo*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6661/1/PACHECO%20OSTAIZA%20MILENY%20BRIGITTE.pdf>
- Penn State Extension. (2024). *Interpretación de los análisis del agua de riego*. Obtenido de <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego>
- Quispe Mamani, J. (2016). *Evaluación de la calidad físico química y bacteriológica del agua de riego de la estación experimental de Cota Cota*. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/6781/T-2215.pdf?sequence=1>
- Reich, M., Aghajanzadeh, T., Helm, J., Parmar, S., J Hawkesford, M., & J De Kok, L. (2020). *La salinidad de cloruro y sulfato afectan de manera diferente la biomasa, la composición de nutrientes minerales y la expresión de genes de transporte y asimilación de sulfato en Brassica rapa*. Obtenido de <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7115016/>
- Rodríguez, S., Yfran Elvira, M., & Fogar, L. (2019). *Caracterización del agua de riego en explotaciones hortícolas de Saladas, provincia de Corrientes, República Argentina*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7292846.pdf>

- Sarango, A. (2024). *Tipos y clasificación de las investigaciones*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9541046.pdf>
- Schiavon, M., & Moore, K. (2021). *Cómo leer correctamente el análisis del agua de riego para césped y paisajismo*. Obtenido de https://edis.ifas.ufl.edu/publication/EP616?utm_source
- Soil Health Nexus. (2023). *Conductividad Eléctrica*. Obtenido de https://soilhealthnexus.org/resources/soil-properties/soil-chemical-properties/electrical-conductivity/?utm_source
- Soto Trujillo, R. (2023). *Rendimiento y calidad del cultivo de Solanum lycopersicum L (tomate) con distintas concentraciones de potasio, bajo el sistema de riego por microtubos en Tingo María*. Obtenido de <https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/a3efd397-7744-494a-b9b2-6828c823ecfd/content>
- State Water Resources Control Board. (2023). *Folleto Informativo pH*. Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3140sp.pdf
- Suárez, D., & Wood, J. (2008). *Infiltración en suelos cultivados: efecto de la lluvia y agua de riego con relación de adsorción de sodio elevada*. Obtenido de https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/20360500/pdf_pubs/P2178.pdf?utm_source
- Suárez, E. (2023). *Tipos de investigación y su clasificación: guía completa*. Obtenido de <https://expertouniversitario.es/blog/tipos-de-investigacion/>
- Swistock, B. (2022). *Interpretación de las pruebas de agua de riego*. Obtenido de https://extension.psu.edu/interpreting-irrigation-water-tests?utm_source
- Tartabull Puñales, T., & Betancourt Aguilar, C. (noviembre de 2016). *La calidad del agua para el riego*. Obtenido de Principales indicadores de medida y procesos que la impactan: [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/75-Texto%20del%20art%C3%ADculo-171-1-10-20170222%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/75-Texto%20del%20art%C3%ADculo-171-1-10-20170222%20(2).pdf)
- Villalobos Arámbula, V., García, M., & Ávila, F. (2017). *El agua para la agricultura de las Américas*. Obtenido de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6148/BVE17109367e.pdf;jsessionid=84DD5A6A79EEA27197EE82964CD168EF?sequence=1>
- Villena Chávez, J. (Junio de 2018). *Calidad del agua y desarrollo sostenible*. Obtenido de <https://www.scielo.org/article/rpmesp/2018.v35n2/304-308/>

- Wagner, T., Midway, S., Whittier, J., DeWeber, J., & Paukert, C. (2017). *Cambios anuales en las temperaturas estacionales del agua de los ríos en el este y el oeste de Estados Unidos*. Obtenido de https://www.mdpi.com/2073-4441/9/2/90?utm_source
- Wang, F., Tetzlaff, D., Goldhammer, T., Freymueller, J., & Soulsby, C. (2025). *La conectividad hidrológica impulsa la variación intra e interanual de la calidad del agua en una red fluvial intermitente en una cuenca de uso mixto del suelo en condiciones de sequía*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S002216942401816X?via%3Dihub>
- Xu, Y., Li, P., Zhang, M., Xiao, L., Wang, B., Zhang, X., . . . Shia, P. (2024). *Cuantificación de las variaciones estacionales en las fuentes de contaminación mediante factorización matricial positiva mejorada con aprendizaje automático*. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X24010008?utm_source
- Yanes, J. (2024). *Monitorización hidrológica de las lagunas peridunares de Matalascañas (Huelva, España) durante el periodo 2020–2023*. Obtenido de <https://doi.org/10.21701/geogaceta.65.0>
- Yao, Y. (2021). *Efectos de la intensidad de las precipitaciones sobre la escorrentía y la pérdida de nutrientes en tierras agrícolas de suave pendiente en una zona kárstica del suroeste de China*. Obtenido de https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0246505&utm_source
- Zaman, M., Shahid, S., & Heng, L. (2018). *Calidad del agua de riego*. Obtenido de https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96190-3_5?utm_source
- Zaman, M., Shahid, S., & Heng, L. (2018). *Guideline for Salinity Assessment, Mitigation and Adaptation Using Nuclear and Related Techniques*. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-96190-3>
- Zárate Martínez, William, Martínez Silva, F., Móreno León, K., Díaz Nájera, J., Arispe Vázquez, J., & Victoriano, M. (2024). *Propiedades químicas del suelo y calidad del agua en Miahuatlán de Porfirio Díaz y Ejutla de Crespo, Oaxaca, México*. Obtenido de [file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-PropiedadesQuimicasDelSueloYCalidadDelAguaEnMiahua-9515718%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ASUS/Downloads/Dialnet-PropiedadesQuimicasDelSueloYCalidadDelAguaEnMiahua-9515718%20(3).pdf)

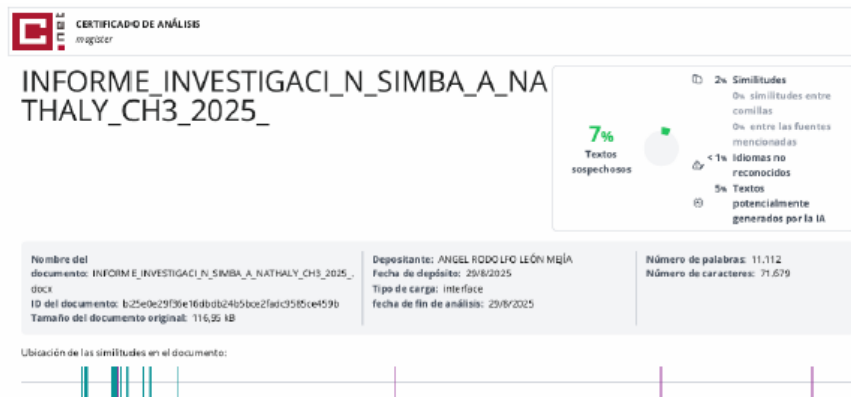
Zhang, H. (2017). *Clasificación de la calidad del agua de riego*. Obtenido de https://extension.okstate.edu/fact-sheets/classification-of-irrigation-water-quality.html?utm_source

ANEXOS

Anexo 1. Certificado de sistema antiplagio compilatio

CERTIFICADO SISTEMA ANTIPLAGIO

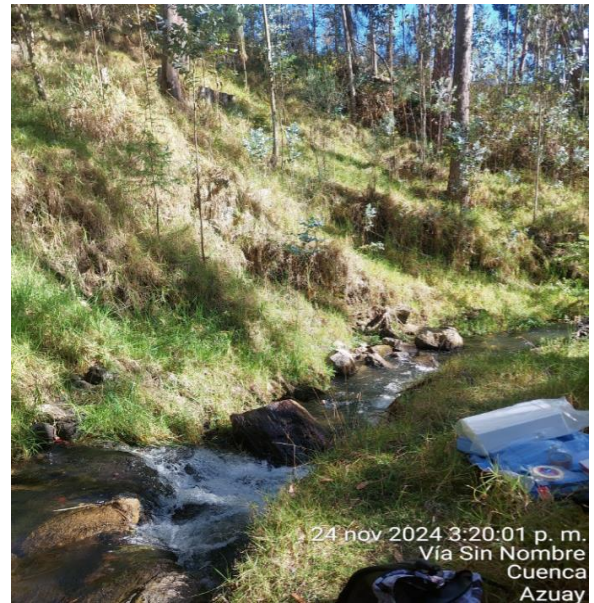
En mi calidad de tutor del trabajo de investigación “MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO SININCAY, SECTOR CHAMANA PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL RIEGO AGRÍCOLA” bajo la modalidad de titulación INFORME DE INVESTIGACIÓN, elaborado por la maestrante ING. NATHALY PRISCILA SIMBAÑA TORRES, de la MAESTRÍA EN AGROPECUARIA, MENCIÓN EN GESTIÓN DEL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE, COHORTE 3, de la UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente trabajo de investigación se encuentra con 7% de la valoración permitida, por consiguiente, se procede a emitir el informe.



Anexo 2. Registro fotográfico del área de estudio y actividades de muestreo en el Río Sinincay sector Chamana.



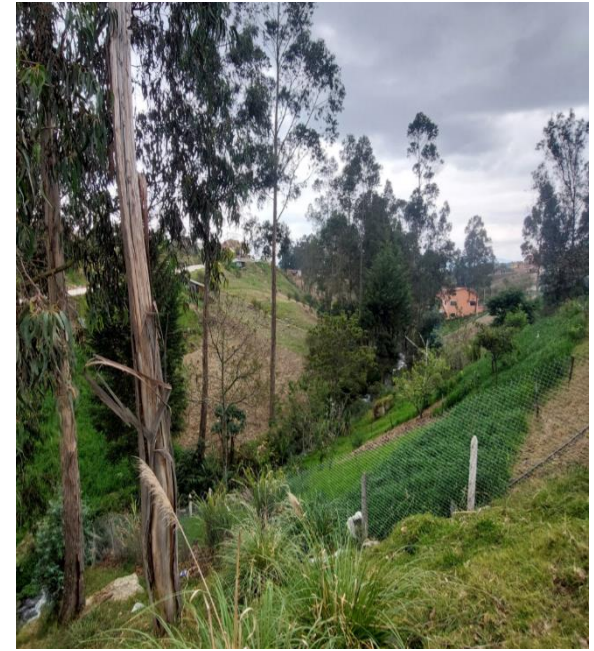
Fotografía 1. Evidencia fotográfica del punto de muestreo con datos de localización geográfica.



Fotografía 2. Visualización del entorno al punto de muestreo con datos de localización geográfica.



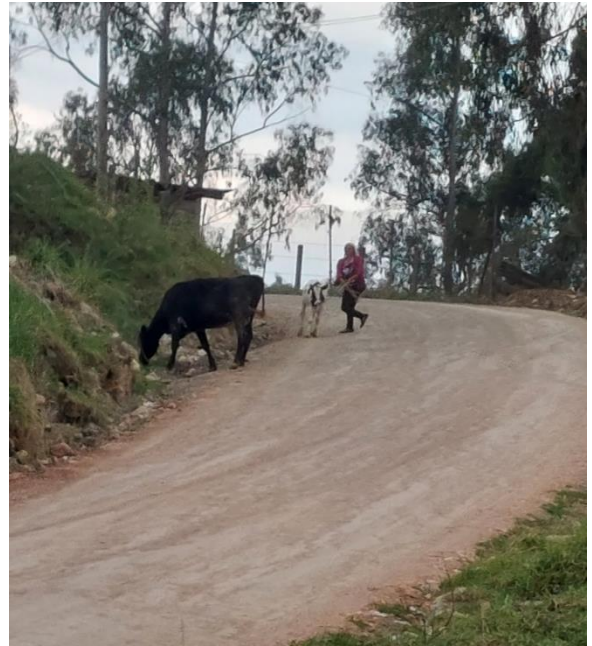
Fotografía 3. Registro fotográfico de cultivos de maíz próximos al punto de muestreo, sector Chamana.



Fotografía 4. Registro fotográfico de cultivos combinados próximos al punto de muestreo, sector Chamana.



Fotografía 5. Presencia de ganado ovino en proximidad al cauce del río Sinincay, sector Chamana.



Fotografía 6. Presencia de ganado bovino en proximidad al cauce del río Sinincay, sector Chamana.



Fotografía 7. Limpieza del electrodo/esfera del sensor del multiparámetro para toma de mediciones.



Fotografía 8. Toma de los valores de pH y temperatura *in situ*.



Fotografía 9. Toma de los valores de los SDT *in situ*.



Fotografía 10. Toma de los valores de la CE *in situ*.



Fotografía 11. Recolección de las muestras de agua del río Sinincay para análisis químicos y microbiológicos.



Fotografía 12. Transporte de las muestras para posterior análisis en laboratorio.

Anexo 3. Análisis químico del mes de octubre



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2187-24
Orden de ingreso: OI-1037-24
Cuenca, 22 de Octubre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: SAN CRISTOBAL-GALAPAGOS
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-2-OCTUBRE-SININCAY			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: PLÁSTICO	
*PRESENTACIONES: 2 L	*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI103724	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2024-10-06	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-10-09	FECHA ANALISIS: 2024-10-09 - 2024-10-22	FECHA ENTREGA: 2024-10-22	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)
*BICARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	1.098	---
***BORO	SM 4500-B C, HACH 8015 - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	0.4	---
*CALCIO	APHA 3500 CA B - COMPLEXOMÉTRICA	mg/L	0.56	---
*CARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	<1	---
CLORUROS	APHA 4500 CL B - VOLUMETRIA	mg/L	12.053	±9.62%
*HIERRO TOTAL	APHA 3500-FE B - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/L	0.13	---
*MAGNESIO	APHA 2340 C - VOLUMETRIA	mg/L	0.4	---
*NITRATOS	APHA 4500-NO3-E - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/L	3.7	---
PH	APHA 4500H-B / PEMS VFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	7.66	±3.75%
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	3.324	---
*SODIO	APHA 3500 NA - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	0.473	---
*SULFATOS	APHA 4500-SO4 E - ESPECTROFOTOMETRÍA	mg/L	5	---

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, *No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 4. Análisis microbiológico del mes de octubre



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2188-24
Orden de ingreso: OI-1037-24
Cuenca, 22 de Octubre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: SAN CRISTOBAL-GALAPAGOS
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-2-OCTUBRE-SININCAY			
*MARCA COMERCIAL: N/A		*FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: PLÁSTICO	
*PRESENTACIONES: 2 L	*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI103724	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2024-10-06	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-10-09	FECHA ANALISIS: 2024-10-09 - 2024-10-18	FECHA ENTREGA: 2024-10-22	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9221 E (15) - NMP	NMP/100ml	4.1x10 ⁵

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. *Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *Pasa: el valor medido está por debajo del límite de tolerancia, *No pasa: el valor medido está por encima del límite de tolerancia; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no pasa, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 5. Análisis químico del mes de noviembre



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2507-24
Orden de ingreso: OI-1139-24
Cuenca, 09 de Diciembre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: CIUDADELA EL MAESTRO
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-3-NOVIEMBRE-SININCAY			
²MARCA COMERCIAL: N/A		²FABRICANTE: N/A	
PROCEDENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	²TIPO DE ENVASE: PET	
²PRESENTACIONES: 2 L	²FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI113924	²LOTE: N/A	²FECHA ELAB: 2025-11-24	²FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-11-26	FECHA ANALISIS: 2024-11-26 - 2024-12-06		FECHA ENTREGA: 2024-12-09
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
[*]COLIFORMES FECALES	APHA 9221 E (15) - NMP	NMP/100ml	5.4x10 ³

^{*}Fuera del alcance de la acreditación. ^{**}Subcontratado acreditado. ^{***}Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: **-CUMPLE:** El valor medido está dentro del límite de tolerancia, **-NO CUMPLE:** El valor medido está fuera del límite de tolerancia, **-NO APLICA:** No se tiene requisito de comparación; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no cumple, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 6. Análisis microbiológico del mes de noviembre



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2506-24
Orden de ingreso: OI-1139-24
Cuenca, 09 de Diciembre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: CIUDADELA EL MAESTRO
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-3-NOVIEMBRE-SININCAY				
*MARCA COMERCIAL: N/A			*FABRICANTE: N/A	
PROCEDECENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: PET		
*PRESENTACIONES: 2 L	*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%		
CODIGO MUESTRA: OI113924	*LOTE: N/A	*FECHA ELAB: 2025-11-24	*FECHA CAD:	
FECHA RECEPCION: 2024-11-26	FECHA ANALISIS: 2024-11-26 - 2024-12-09	FECHA ENTREGA: 2024-12-09		
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)		

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)
*BICARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	44	---
***BORO	SM 4500-B C, HACH 8015 - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	<0.01	---
*CALCIO	APHA 3500 CA B (MOD) - COMPLEXOMÉTRICA	mg/100g	6.4	---
*CARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	<1	---
CLORUROS	APHA 4500 CL B - VOLUMETRIA	mg/L	4.254	±9.62%
*HIERRO TOTAL	APHA 3500-CU - ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS	mg/L	2.09	---
*MAGNESIO	APHA 2340 C - VOLUMETRIA	mg/L	7.78	---
NITRATOS	APHA 4500-NO3-E - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/L	<4.6	±24.19%
PH	APHA 4500H-B / PEMS VFQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	7.72	±3.75%
*POTASIO	APHA 3500-CU - ESPECTROFOTOMETRIA UV-VIS	mg/L	<5	---
*SODIO	NTE INEN 51:1974 - VOLUMETRIA	mg/100g	11.359	---
SULFATOS	APHA 4500-SO4 E - ESPECTROFOTOMETRÍA	mg/L	<10	±19.55%

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U: INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: ***CUMPLE:** El valor medido está dentro del límite de tolerancia, ***NO CUMPLE:** El valor medido está fuera del límite de tolerancia, ***NO APLICA:** No se tiene requisito de comparación; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no cumple, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 7. Análisis químico del mes de diciembre



LABORATORIO DE ENSAYO
ACREDITADO POR EL SAE CON
ACREDITACION
N°SAE-LEN-16-018

INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2715-24
Orden de ingreso: OI-1205-24
Cuenca, 26 de Diciembre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: CIUDADELA EL MAESTRO
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

*NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-4-DICIEMBRE-SININCA Y			
*MARCA COMERCIAL: NA		*FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	*TIPO DE ENVASE: PET	
*PRESENTACIONES: 2 L	*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI120524	*LOTE: NA	*FECHA ELAB: 2024-12-06	*FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-12-06	FECHA ANALISIS: 2024-12-06 - 2024-12-20	FECHA ENTREGA: 2024-12-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS FISICO-QUIMICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)
*BICARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	60	---
***BORO	SM 4500-B C, HACH 8015 - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	2	---
*CALCIO	APHA 3500 CA B - COMPLEXOMÉTRICA	mg/L	17.6	---
*CARBONATOS	APHA 2320 B - VOLUMETRIA	mg/L	<1	---
CLORUROS	APHA 4500 CL B - VOLUMETRIA	mg/L	9.926	±9.62%
*HIERRO TOTAL	APHA 3500-FE B - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/L	0.2	---
*MAGNESIO	APHA 2340 C - VOLUMETRIA	mg/L	1.44	---
NITRATOS	APHA 4500-NO3-E - ESPECTROFOTOMETRÍA UV-VIS	mg/L	<4.6	±24.19%
PH	APHA 4500H-B / PEMSVMQ001 - POTENCIOMETRICO	upH	7.67	±3.75%
*POTASIO	STANDARDMETHODS3111B-K - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	<0.01	---
*SODIO	APHA 3500 NA - ESPECTROFOTOMETRIA	mg/L	3.9	---
SULFATOS	APHA 4500-SO4 E - ESPECTROFOTOMETRÍA	mg/L	13	±19.55%

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO

Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. *Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: *CUMPLE: El valor medido está dentro del límite de tolerancia, *NO CUMPLE: El valor medido está fuera del límite de tolerancia, *NO APLICA: No se tiene requisito de comparación; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no cumple, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)

Anexo 8. Análisis microbiológico del mes de diciembre



INFORME DE RESULTADOS

Informe: MSV-IE-2716-24
Orden de ingreso: OI-1205-24
Cuenca, 26 de Diciembre del 2024

DATOS DEL CLIENTE

Cliente: NATHALY SIMBAÑA TORRES
Dirección: CIUDADELA EL MAESTRO
Teléfono: 0996328492

DATOS DE LA MUESTRA

¹NOMBRE DE LA MUESTRA: AGUA - MUESTRA-4-DICIEMBRE-SININCAY			
²MARCA COMERCIAL: NA		³FABRICANTE: NA	
PROCEDENCIA:	TIPO DE MUESTRA: AGUA	⁴TIPO DE ENVASE: PET	
⁵PRESENTACIONES: 2 L	⁶FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACION	CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI120524	⁷LOTE: NA	⁸FECHA ELAB: 2024-12-06	⁹FECHA CAD:
FECHA RECEPCION: 2024-12-06	FECHA ANALISIS: 2024-12-06 - 2024-12-19	FECHA ENTREGA: 2024-12-26	
ENSAYO EN: LABORATORIO	MUESTREO: CLIENTE	NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	

ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADO
*COLIFORMES FECALES	APHA 9221 E (15) - NMP	NMP/100ml	9.2x10 ³

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

Dra. Sandra Guaraca
GERENTE DE LABORATORIO



Cualquier información adicional correspondientes a los ensayos que requiera el cliente, están a disposición. Los datos e información de las muestras (tal como se reciben) y de los clientes, que puedan afectar la validez de los resultados han sido proporcionados por el cliente y son de su exclusiva responsabilidad. El Laboratorio no será responsable de los desvíos encontrados en los ítems de ensayo entregados por los clientes que puedan afectar a los resultados, que al ser detectados serán comunicados al cliente.

Los resultados expresados en este informe tienen validez solo para la muestra recibida en el laboratorio. Este informe no será reproducido sin la aprobación de MSV. ¹Opciones e interpretaciones están fuera del alcance del SAE. ²Información proporcionada por el cliente, MSV se responsabiliza exclusivamente de los análisis realizados. Regla de decisión: •CUMPLE: El valor medido está dentro del límite de tolerancia, •NO CUMPLE: El valor medido está fuera del límite de tolerancia, •NO APLICA: No se tiene requisito de comparación; se tomará en cuenta la incertidumbre asociada al resultado, riesgo < 50% de probabilidad de aceptación no cumple, se aplicará en todos los ensayos. MSV está comprometido con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (este informe representa la aceptación de la política declarada de MSV en relación al tema)