



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS
ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA DE LOS CANALES ALUMIS, NORTE,
JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ Y
EL RÍO SAN JUAN DE PATOA, UBICADOS EN LA PROVINCIA DE
COTOPAXI, PERÍODO 2021-2022.**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en
Medio Ambiente**

Autores:

Cuvi Vásquez Manuel Antonio

Ruiz Hernández David Alejandro

Tutor:

Ruiz Depablos Joseline Luisa M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Manuel Antonio Cuvi Vásquez, con cédula de ciudadanía No. 1726424581; y David Alejandro Ruiz Hernández, con cédula de ciudadanía No. 1724429475; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022”**, siendo la Profesora M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados, vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Manuel Antonio Cuvi Vásquez
Estudiante
CC: 1726424581

David Alejandro Ruiz Hernández
Estudiante
CC: 1724429475

Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos
Docente Tutor
CC: 1758739062

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MANUEL ANTONIO CUVI VÁSQUEZ**, identificado con cédula de ciudadanía **1726424581** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLAUSULA PRIMERA. - **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022**”, la cual, se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico:

Inicio de la carrera: abril 2017 – agosto 2017

Finalización: octubre 2021 - marzo 2022.

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de enero del 2022

Tutor: Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos.

Tema: “**Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de marzo del 2022.

Manuel Antonio Cuvi Vásquez

EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **DAVID ALEJANDRO RUIZ HERNANDEZ**, identificado con cédula de ciudadanía 1724429475 de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero. Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLAUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022**”, la cual, se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico:

Inicio de la carrera: abril 2017 – agosto 2017

Finalización: octubre 2021 - marzo 2022.

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de enero del 2022

Tutor: Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos.

Tema: “**Evaluación de la calidad del agua para riego en las épocas seca y lluviosa de los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y el río San Juan de Patoa, ubicados en la provincia de Cotopaxi, período 2021-2022**”

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare. En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de marzo del 2022.

David Alejandro Ruiz Hernández

EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA DE LOS CANALES ALUMIS, NORTE, JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ Y EL RÍO SAN JUAN DE PATOA, UBICADOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2021-2022”, de Cuvi Vásquez Manuel Antonio y Ruiz Hernández David Alejandro, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación, al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos
DOCENTE TUTORA
C.C. 1758739062

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Cuvi Vásquez Manuel Antonio y Ruiz Hernández David Alejandro, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA DE LOS CANALES ALUMIS, NORTE, JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ Y EL RÍO SAN JUAN DE PATOA, UBICADOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2021-2022”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Lcdo. Mg. Jaime Rene Lema Pillalaza
CC: 1713759932

Lector 2

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña
CC: 0401332101

Lector 3

Ing. Mg. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa
CC: 0604147900

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición me permitió llegar a este punto de mi vida, a toda mi familia que siempre supieron darme su apoyo y aliento. Mi profundo agradecimiento al proyecto YAKUPAK WASI de la dirección de Riego y Drenaje de la provincia de Cotopaxi por permitirme realizar este proyecto de investigación en sus dependencias. Así mismo agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a toda la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, a mis docentes que día a día comparten sus conocimientos con profunda paciencia, dedicación y respeto. En especial a la M.Sc. Kalina Fonseca y a la M.Sc. Joseline Ruiz que con sus enseñanzas y valiosos conocimientos hicieron posible el desarrollo de este trabajo. Finalmente quiero expresar mi agradeciendo a cada una de las personas que me acompañaron en todo mi proceso de formación, ya que aportaron de cierta forma un granito que me ayudo a estar en este momento tan importante, infinitas gracias a todos.

Manuel Antonio Cuvi Vásquez

DEDICATORIA

Esta tesis esta dedica a mis padres Manuel Cuvi y Guadalupe Vásquez, quienes con su amor, esfuerzo y paciencia. Me han permitido cumplir el sueño de ser una persona profesional, ambos ejemplos de valentía, honradez y humildad, todo esto es por y para ustedes. A mis hermanas Johanna y Maribel Cuvi quienes, con su cariño y apoyo incondicional en buenos y malos momentos, han estado conmigo, son mi razón de ser hermanitas, las amo. A mis tíos Fernando y Luis Cuvi que con su ejemplo son y han sido una fuente importante de apoyo e inspiración de lucha y valentía, también va para ustedes. Finalmente, pero no menos importantes, mis cuñados Marcelo Borja y Jorge Mora vitales en todo este proceso y ya para terminar mis sobrinos que alegran mi vida todos los días, los amo.

Manuel Antonio Cuvi Vásquez

AGRADECIMIENTO

Agradezco a quien ha forjado mi camino y siempre me ha llevado por el sendero correcto, a ti querido Dios, quien está conmigo en todo momento abriéndome las puertas para continuar con mis metas.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas para continuar con mis estudios y forjarme profesionalmente, pero ante todo con toda la humildad y a cada uno quienes forman parte de esta distinguida Institución.

En especial agradezco a Susana Ruiz, a mi querida madre, mi más grande inspiración que tengo para salir adelante día a día, por las grandes enseñanzas de constancia, superación y esfuerzo en el transcurso de este gran sueño de los dos, de una carrera universitaria.

A mi tutora Ing. Mg. Joseline Luisa Ruíz Depablos, al igual con mis lectores han permitido que el presente proyecto se lo realizara con éxito.

David Alejandro Ruiz Hernández

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado al pilar más importante que tengo en mi vida, mi madre Susana Ruiz, quien me ha sabido brindar el apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida; por las malas noches que me ha visto pasar, por ser la motivación que necesito para salir adelante. Y al círculo familiar cercano que tengo, que me han ayudado para poder culminar esta etapa de mi formación profesional.

David Alejandro Ruiz Hernández

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA DE LOS CANALES ALUMIS, NORTE, JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ Y EL RÍO SAN JUAN DE PATO, UBICADOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2021-2022”

AUTORES:

Cuvi Vásquez Manuel Antonio
Ruiz Hernández David Alejandro

RESUMEN

El recurso hídrico es fundamental para garantizar una seguridad alimentaria óptima, la agricultura requiere grandes cantidades de agua que incluyen agua de calidad para sus distintos procesos productivos e importante para su gestión sostenible. La presente investigación se ejecutó en las épocas hidrológicas seca y lluviosa, en las cuales se evaluó la calidad del recurso hídrico que ingresa a los canales de riego: Jiménez Cevallos (P1), Norte (P2), Alumis (P3), Martínez (P5) y Belisario Quevedo (P6), así como el río Patoa (P4) que alimenta a los tres reservorios del proyecto San Juan. Para ello se aplicó los índices; CCME_WQI, tomando como referencia los umbrales establecidos por la normativa ecuatoriana del AM 097-A; diagrama de Wilcox, considerando el RAS_{normal} y la C.E; Porcentaje de Sodio Soluble (PSS); Carbonato de Sodio Residual (CSR) y el Índice de Permeabilidad (PI). Según los resultados alcanzados en la investigación se determinó que la calidad del agua para la época seca en los puntos: P1, P2, P3, P4 y P5 presentan un recurso hídrico de calidad excelente, a excepción del P6 que recibe agua de calidad buena debido al incumplimiento del parámetro Cr^{+6} ($0.2 > 0.1$ mg/L), mientras que, para la época lluviosa los puntos: P2, P3, P5 y P6 se mantienen en la categoría de excelente, el P4 muestra una calidad buena debido al incumplimiento de los parámetros: Fe ($8.2 > 5$ mg/L), As ($0.12 > 0.1$ mg/L) y Al ($6.82 > 5$ mg/L), el P1 capta recurso hídrico de calidad pobre, a causa de la magnitud en la concentración de Coliformes fecales ($460\ 000 > 1000$ NMP/100ml). Según la clasificación del diagrama de Wilcox, la época seca refleja en los puntos: P3, P4, P5 y P6 una clasificación C1-S1 a excepción de los puntos P1 y P2 presentan una clasificación C2-S1. La época lluviosa mantiene a los puntos: P3, P5 y P6 en la categoría de C1-S1, en cambio el punto P4 se ubica en la clasificación C2-S1 y a su vez los puntos P1 y P2 se mantiene en la misma categorización. Los resultados del PSS indican que la época seca presenta una calidad del agua dudosa en el punto P2, mientras que, la época lluviosa refleja tener una calidad que va de buena hasta aceptable en los cuerpos de agua. El CSR para la época seca indica valores más críticos en los puntos P1 y P3 que condicionan su uso debido a los problemas que causa en la estructura del suelo, así como el punto P2 que presenta una calidad no recomienda para su uso, mientras que la época lluviosa indica un uso condicionado en los puntos P4 y P6. El índice de permeabilidad no reflejo ningún cuerpo de agua situado en la clase III en ambas épocas. La calidad del agua de riego depende principalmente de la concentración total de constituyentes disueltos, indicando que las agua son aptas para el riego siempre y cuando se utilice cultivos tolerables al sodio y a la salinidad.

Palabras claves: Calidad del agua, Riego, Sodicidad, Salinidad

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: “EVALUATION OF IRRIGATION WATER QUALITY IN THE DRY AND RAINY SEASONS OF THE ALUMIS, NORTE, JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ AND THE RIVER SAN JUAN DE PATO A CANALS, LOCATED IN THE PROVINCE OF COTOPAXI, 2021-2022.”

AUTHORS:

Cuvi Vásquez Manuel Antonio
Ruiz Hernández David Alejandro

ABSTRACT

Water resources are fundamental to guarantee optimal food security; agriculture requires large quantities of water, including quality water, for its different production processes and is essential for sustainable management. This research was carried out during the dry and rainy hydrological seasons, during which the quality of the water resources entering the Jiménez Cevallos (P1), Norte (P2), Alumís (P3), Martínez (P5), and Belisario Quevedo (P6) irrigation canals, as well as El Rio Patoa (P4) that feeds the three reservoirs of the San Juan project, was evaluated. For this purpose, the following indexes were applied: CCME_WQI, taking as a reference the thresholds established by the Ecuadorian regulation of AM 097-A; Wilcox diagram, considering the RAS normal and EC; Percentage of Soluble Sodium (PSS); Residual Sodium Carbonate (CSR) and the Permeability Index (PI). According to results achieved in the research, it was determined that the water quality for the dry season at points: P1, P2, P3, P4, and P5 present a water resource of excellent quality, except for P6, which receives water of good quality due to the non-compliance of the Cr^{+6} parameter ($0.2 > 0.1$ mg/L). In contrast, for the rainy season points: P2, P3, P5, and P6 remain in the excellent category; P4 shows a good quality due to the non-compliance of the parameters: Fe ($8.2 > 5$ mg/L), As ($0.12 > 0.1$ mg/L) and Al ($6.82 > 5$ mg/L), P1 captures water resource of poor quality, because of the magnitude in the concentration of fecal Coliforms ($460\ 000 > 1000$ NMP/100ml). According to the Wilcox diagram classification, the dry season reflects in points: P3, P4, P5, and P6 a C1- S1 classification, except points P1 and P2 present a C2-S1 classification. The rainy season maintains P3, P5, and P6 with a C1-S1 classification: P3, P5, and P6 in the C1-S1 category. On the other hand, point P4 is located in the C2-S1 classification, and in turn, points P1 and P2 remain in the same categorization. The results of the PSS indicate that the dry season presents a questionable water quality at point P2, while the rainy season reflects well to acceptable water quality in the water bodies. The CSR for the dry season indicates more critical values at points P1 and P3 that condition its use due to the problems it causes in the soil structure, as well as point P2 that presents a quality not recommended for its use, while the rainy season indicates a conditioned use at points P4 and P6. The permeability index did not reflect any water body in class III in both seasons. The quality of irrigation water depends mainly on the total concentration of dissolved constituents, indicating that the water is suitable for irrigation as long as sodium and salinity tolerant crops are used.

Keywords: Water Quality, Irrigation, Sodicty, Salinity.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	III
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	IX
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	X
AGRADECIMIENTO	XI
DEDICATORIA	XII
RESUMEN	XV
ÍNDICE DE CONTENIDOS	XVII
ÍNDICE DE TABLAS	XXI
CAPITULO I	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
4.1. Beneficiarios directos:	4
4.2. Beneficiarios indirectos:	4
5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	5
6.1 General	5
6.2 Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
CAPITULO II	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	6
8.1 El agua	6
8.2 Contaminación del recurso hídrico	8
8.3 Calidad del agua	11
8.4 Indicadores de la calidad de agua (WQI)	12
8.4.1 <i>Índice de calidad del agua propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)</i>	13
8.5 Parámetros indicadores de la calidad del agua	16
8.5.1 <i>Parámetros Físicos</i>	16
8.5.1.1 pH o Potencial de Hidrógeno.	16
8.5.1.2 Turbidez.	17

8.5.1.3	Sólidos totales disueltos.	18
8.5.2	<i>Parámetros Químicos</i>	18
8.5.2.1	Nitrógeno.	18
8.5.2.2	Cobre.	19
8.5.2.3	Plomo.	19
8.5.2.4	Cadmio.	20
8.5.2.5	Cromo.	20
8.5.2.6	Arsénico.	21
8.5.3	<i>Parámetros Biológicos</i>	22
8.5.3.1	DBO5.	22
8.5.3.2	DQO.	22
8.5.3.3	Coliformes fecales	23
8.6	Calidad del agua para riego mediante criterios de clasificación	23
8.6.1	<i>Criterio de clasificación según la salinidad</i>	24
8.6.1.1	Conductividad eléctrica.	24
8.6.1.2	Índice de Permeabilidad (PI).	25
8.6.2	<i>Criterios de clasificación según la sodicidad</i>	26
8.6.2.1	Relación de Absorción del Sodio.	26
8.6.2.2	Porcentaje de Sodio Soluble.	27
8.6.2.3	Carbonato de Sodio residual.	28
8.6.3	<i>Diagrama de Wilcox.</i>	29
8.6.4	La alcalinidad del agua de riego	31
8.6.5	Problemas de taponamiento en los sistemas de riego	31
8.6.5.1	Dureza por CaCO ₃ .	32
8.7	Calidad del agua para la protección de la flora y fauna	32
8.8	Generalidades de la influencia de la calidad del agua sobre el suelo y los cultivos	33
8.9	Procesos que deterioran la calidad del agua para el riego	34
	CAPITULO III	35
	9. MARCO LEGAL	35
9.1	Constitución de la República del Ecuador	35
9.2	Código Orgánico del Ambiente	35
9.3	Reglamento al Código Orgánico del Ambiente	36
9.5	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.	37
	10. PREGUNTA CIENTÍFICA	37

11. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	38
11.1 Enfoque de la investigación	38
11.1.1 <i>Fase preparatoria</i>	38
11.1.2 <i>Método cuantitativo</i>	38
11.1.2.1 Cálculo del índice CCME_WQI	39
11.1.2.2 Diagrama de Wilcox	40
11.1.2.3 Porcentaje de sodio soluble (PSS)	40
11.1.2.4 Carbonato de Sodio Residual (CSR)	41
11.1.2.5 Índice de permeabilidad	41
11.1.2.6 Alcalinidad por CaCO ₃	41
11.1.2.7 Dureza por CaCO ₃	42
11.1.3 <i>Investigación documental</i>	42
11.2 Técnica de campo	42
11.2.1 <i>Toma de muestras del agua</i>	42
11.2.2 <i>Técnica de recolección de muestras de agua para el análisis Físico – Químico y Biológico</i>	43
11.2.3 <i>Preservación de las muestras de agua</i>	44
11.2.4 <i>Medición de parámetros en el campo</i>	44
11.2.5 <i>Identificación de las muestras de agua</i>	44
11.2.6 <i>Conservación y envío de las muestras de agua</i>	44
11.3 Frecuencia del Monitoreo	45
11.4 Instrumentos	46
11.4.1 <i>Libreta de campo</i>	46
11.4.2 <i>GPS</i>	46
11.4.3 <i>Medidor de la conductividad eléctrica</i>	46
11.4.4 <i>Ficha de muestreo (cadena de custodia)</i>	46
11.4.5 <i>Fotografías</i>	46
11.4.6 <i>Internet</i>	46
12. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	47
12.1.1 <i>Descripción de los sitios de estudio</i>	47
12.1.1.1 Canal estatal Jiménez Cevallos.	47
12.1.1.2 Canal estatal Norte.	49
12.1.1.3 Canal estatal Alumis.	50
12.1.1.4 Río Patoa.	51
12.1.1.5 Canal La Martínez.	52

12.1.1.6 Canal Belisario Quevedo.	53
CAPITULO IV	54
13. ANÁLISIS DE RESULTADOS	54
13.1 Índice CCME_WQI	54
13.2 Diagrama de Wilcox	56
13.3 Porcentaje de sodio soluble (PSS)	59
13.4 Carbonato de Sodio Residual (CSR)	61
13.5 Índice de permeabilidad	63
13.6 Alcalinidad y dureza por CaCO ₃	64
14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	65
15. RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA	72
16. IMPACTOS (AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS)	73
17. PRESUPUESTO	74
18. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
19. BIBLIOGRAFÍA	78
20. ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Beneficiarios del proyecto.</i>	4
Tabla 2.	<i>Actividades de los objetivos.</i>	5
Tabla 3.	<i>Fuentes puntuales y difusas de contaminación.</i>	11
Tabla 4.	<i>Niveles deseables o umbrales empleados para calcular el CCME WQI.</i>	14
Tabla 5.	<i>Criterios para la clasificación de las aguas.</i>	16
Tabla 6.	<i>Relación de los valores de la C.E. y la calidad del agua.</i>	25
Tabla 7.	<i>Relación de los valores de PI y la calidad del agua de riego.</i>	25
Tabla 8.	<i>Criterio de la calidad a partir de la RAS.</i>	27
Tabla 9.	<i>Relación del pss y los criterios de la calidad del agua.</i>	28
Tabla 10.	<i>Valores de CSR relacionados con la calidad del agua para riego.</i>	29
Tabla 11.	<i>Criterios de clasificación e interpretación considerando las aptitudes que el suelo tiene frente a la salinidad del agua.</i>	30
Tabla 12.	<i>Rango de clasificación según su valorización de alcalinidad</i>	31
Tabla 13.	<i>Clasificación de la dureza según los mg/L CaCO₃</i>	32
Tabla 14.	<i>Categorías de clasificación según CCME.</i>	40
Tabla 15.	<i>Peligro de salinización y restricciones de uso según el laboratorio riverside.</i>	41
Tabla 16.	<i>Peligro de sodicidad y restricciones de uso según el laboratorio riverside.</i>	41
Tabla 17.	<i>PSS y sus criterios de la calidad del agua.</i>	41
Tabla 18.	<i>CSR y su relación con la calidad del agua para riego.</i>	41
Tabla 19.	<i>PI y la calidad del agua de riego.</i>	41
Tabla 20.	<i>Valores de referencia para la clasificación de alcalinidad.</i>	42
Tabla 21.	<i>Ubicación de los puntos de muestreo.</i>	47
Tabla 22.	<i>Valores de RAS y C.E. De los puntos de muestreo.</i>	56
Tabla 23.	<i>Presupuesto empleado para la realización del presente trabajo de investigación.</i>	74
Tabla 24.	<i>Resultados y su comparación con los LMP del AM 097-A, Anexo 1 tabla 3 y 4.</i>	85
Tabla 25.	<i>Resultados y su comparación con los LMP del AM 097-A, Anexo 1 tabla 3 y 4.</i>	87

Tabla 26. <i>Resultados de la calidad del agua en los cuerpos hídricos objetos de estudio. Correspondiente a las época seca y lluviosa.</i>	89
Tabla 27. <i>Valores considerados para su aplicación en el diagrama de wilcox.</i>	90
Tabla 28. <i>Resultados del PSS obtenido en los seis puntos de muestreo</i>	91
Tabla 29. <i>Resultados del CSR para ambas épocas del año.</i>	92
Tabla 30. <i>Resultados del índice PI para las épocas seca y lluviosa</i>	93
Tabla 31. <i>Resultados de la alcalinidad de las aguas</i>	94
Tabla 32. <i>Clasificación del agua según su dureza CaCO₃</i>	95

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Norma de riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.</i>	29
Figura 2.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el canal Jiménez Cevallos.</i>	48
Figura 3.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el canal Norte.</i>	49
Figura 4.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el canal Alumis.</i>	50
Figura 5.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el río Patoa.</i>	51
Figura 6.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el canal la Martínez.</i>	52
Figura 7.	<i>Ubicación del punto de muestreo en el canal Belisario Quevedo.</i>	53
Figura 8.	<i>Clasificación de la calidad del agua de los seis cuerpos hídricos destinados a la irrigación.</i>	54
Figura 9.	<i>Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el índice ccme en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.</i>	55
Figura 10.	<i>Clasificación del agua de riego según el diagrama de wilcox en la época seca.</i>	57
Figura 11.	<i>Clasificación del agua de riego según el diagrama de wilcox en la época lluviosa.</i>	58
Figura 12.	<i>Clasificación del PSS para los cuerpos de agua estudiados.</i>	59
Figura 13.	<i>Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el criterio de PSS en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.</i>	60
Figura 14.	<i>Clasificación del agua según el CSR.</i>	61
Figura 15.	<i>Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el criterio de CSR en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.</i>	62
Figura 16.	<i>Clasificación de índice de permeabilidad.</i>	63
Figura 17.	<i>Concentración de iones en la época seca.</i>	64
Figura 18.	<i>Concentración de iones en la época lluviosa.</i>	65
Figura 19.	<i>Análisis del comportamiento de la sumatoria $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+}</i>	67
Figura 20.	<i>Análisis del comportamiento de la sumatoria CO_3^{2-} y HCO_3^- frente Ca^{2+} y Mg^{2+}.</i>	69
Figura 21.	<i>Análisis del comportamiento de la sumatoria $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+}.</i>	70
Figura 22.	<i>Análisis del comportamiento de la sumatoria $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+}.</i>	71
Figura 23.	<i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del canal estatal Alumís época seca.</i>	97

Figura 24. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del canal Jiménez Cevallos época seca.</i>	97
Figura 25. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del canal Norte época seca.</i>	98
Figura 26. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del río Patoa época seca.</i>	99
Figura 27. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del canal Belisario Quevedo época seca.</i>	100
Figura 28. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos la Martínez época seca.</i>	101
Figura 29. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos canal estatal Alumís época lluviosa.</i>	102
Figura 30. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos canal Norte época lluviosa.</i>	103
Figura 31. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos canal Jiménez Cevallos época lluviosa.</i>	104
Figura 32. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del río Patoa época lluviosa.</i>	105
Figura 33. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos del canal Belisario Quevedo época lluviosa.</i>	107
Figura 34. <i>Resultados de análisis físico-químicos y biológicos canal estatal la Martínez época lluviosa.</i>	108
Figura 35. <i>Cadena de custodia canal Belisario Quevedo</i>	108
Figura 36. <i>Cadena de custodia canal Alumis.</i>	109
Figura 37. <i>Cadena de custodia canal estatal Jiménez Cevallos.</i>	110
Figura 38. <i>Cadena de custodia canal la Martínez.</i>	112
Figura 39. <i>Canal estatal Norte.</i>	113
Figura 40. <i>Cadena de custodia canal de Belisario Quevedo.</i>	114
Figura 41. <i>Cadena de custodia canal estatal Alumis.</i>	115
Figura 42. <i>Cadena de custodia río Patoa.</i>	116

CAPITULO I

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LAS ÉPOCAS SECA Y LLUVIOSA DE LOS CANALES ALUMIS, NORTE, JIMÉNEZ CEVALLOS, BELISARIO QUEVEDO, LA MARTÍNEZ Y EL RÍO SAN JUAN DE PATOA, UBICADOS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2021-2022”

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, Cantones Latacunga, Pujilí y Salcedo, Parroquias Tanicuchi, Pastocalle, Pujilí, y Cusubamba.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombres del equipo de investigación:

Tutor: M.Sc. Ruiz Depablos Joseline Luisa

Estudiante 1: Cuvi Vásquez Manuel Antonio

Estudiante 2: Ruiz Hernández David Alejandro

LECTOR 1: Mg. Jaime Rene Lema Pillalaza

LECTOR 2: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

LECTOR 3: Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso hídrico.

Línea de Vinculación:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

El agua y su acceso es un derecho universal, base de la vida y elemento esencial para el desarrollo de los habitantes y las comunidades, es un indicador del grado del desarrollo económico y social. Pérez (2020) indica que los páramos, grandes ríos que trazan sus valles, arroyos, lagos y lagunas, la selva tropical y sus acuíferos, son, o al menos deberían ser, una fuente prístina y casi inagotable de recursos hídricos.

Por causas naturales y antropogénicas se ve alterada la composición física, química y biológica que perjudica la calidad y cantidad del recurso hídrico disponible para su uso, lo que genera un impacto negativo en la salud humana y el ambiente. Por lo que, es necesario desarrollar herramientas eficaces para el seguimiento de los cuerpos de agua (González et al., 2018).

Una de las herramientas o medios que se utiliza para verificar el estado de los diferentes sistemas fluviales, son los monitoreos y muestreos. Velásquez y Flores (2009) mencionan que los monitoreos de la calidad del agua son necesarios para la gestión ambiental, permiten valorar las tendencias temporales y espaciales de la calidad o estado del ambiente, ayuda en la implementación de acciones “a priori” que evitan el avance o el incremento de la degradación ambiental y cuyos resultados son utilizados para compararlos con ciertas directrices en función a sus usos.

La agricultura consume alrededor del 70% del agua dulce, desde el siglo XX se ha visto un aumento de diez veces la tasa requerida para esta actividad, influenciado por el desarrollo industrial, tecnológico y urbano. Siendo una de las principales labores que consumen más agua que la que usan los habitantes de las ciudades (Villalobos A. et al., 2017).

Considerando que el recurso hídrico es fundamental para garantizar una seguridad y soberanía alimentaria optima, es importante comparar las características físicas, químicas y biológicas, con ciertas directrices de calidad o estándares internacionales que evalúen los posibles riesgos sobre deterioro del suelo y la afectación que su uso puede tener sobre la producción agrícola. En la provincia de Cotopaxi se han realizado varios proyectos de investigación para evaluar la calidad del agua de los principales cursos hídricos destinados al riego, como el estudio de la calidad del agua del sistema de captación y distribución Belisario Quevedo, también los levantamientos de información sobre el estado de las partes bajas río Cutuchi que alimenta a varios sistemas fluviales artificiales que sirven para el uso agrícola. Sin embargo, para los canales Alumis, Norte, Martínez y el río Patoa, los estudios de la calidad del agua son aún escasos. Por lo que, el presente estudio dará la información necesaria para conocer

la calidad del agua de los principales canales de riego y el río que alimenta a tres reservorios, puesto a que poseen un mayor número de beneficiarios y hectáreas sujetas a la irrigación, ubicados en la subcuenca del río Cutuchi parte alta de la cuenca del río Pastaza.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La provincia de Cotopaxi debido a su extensión territorial posee gran parte de las cabeceras de las cuencas hidrográficas de los ríos más importantes del país, como lo son: el Pastaza, Guayas y Esmeraldas. El Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi (GADPC, 2021) menciona que dentro de su ubicación existen 28 unidades hidrográficas y una demanda hídrica de 3 605 concesiones, de las cuales, 1 392 están otorgadas para el uso agrícola, representando el 38,61% del número total de las autorizaciones dadas. Siendo, la segunda fuerza de distribución en cuanto a permisos concedidos, pese a su alta demanda se ha visto que no existe una gestión sostenible de este recurso, lo que afecta a la toma de decisiones por la falta de información relacionada a la calidad del agua para la ejecución de acciones preventivas, de mitigación y control.

Los resultados obtenidos de los seis puntos de muestreo en las bocatomas de los canales de riego: Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, Martínez y el río Patoa que alimenta a los tres reservorios del proyecto San Juan, contribuyen con la verificación de la situación actual de la calidad del agua que ingresa a estos cuerpos de agua lóticos, mediante el empleo del índice de calidad del agua CCME que determinará el estado general de la calidad del agua para el uso agrícola y la aplicación de los índices Físicos-Químicos compuestos: Diagrama de Wilcox (RAS_{normal} y C.E), PSS, CSR e IP como medidores del peligro de salinización y sodificación.

El presente estudio brinda al proyecto YAKUPAK WASI de la dirección de Riego y Drenaje de la provincia de Cotopaxi la información necesaria, sobre los resultados de los niveles de aptitud que tienen las aguas de estos sistemas de riego; para su planificación y gestión en cuanto a la toma de decisiones, destinadas a la formulación de políticas que ayuden en la gestión del rendimiento de los cultivos y la protección de los ríos que alimentan a los canales y reservorio. A fin, de garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y saneamiento, beneficiando directamente a 4 776 regantes.

Además, es un aporte metodológico de utilidad práctica que facilita el control de las buenas prácticas ambientales del recurso hídrico evaluando el cumplimiento de la normativa, tomando como referencia el Acuerdo Ministerial 097-A, Reforma al Texto Unificado de Legislación Ambiental, “Criterios de calidad de aguas para riego agrícola”, establecido en el

Anexo 1, Tabla 3 y los “Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego”, indicados en la Tabla 4.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

4.1. Beneficiarios directos:

- Agricultores
- Dirección de Riego y Drenaje de la Prefectura de Cotopaxi

4.2. Beneficiarios indirectos:

- Población de la provincia de Cotopaxi.
- Academia – Universidad Técnica de Cotopaxi

Tabla 1. *Beneficiarios del Proyecto.*

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Hombres:	3 300	Hombres:	198 625
Mujeres:	1 476	Mujeres:	210 580
Total:	4 776	Total:	409 205

Fuentes: (Yakupak Wasi, 2021; INEC, 2010)

5. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

No existe suficiente información que indique la oferta hídrica real de la provincia de Cotopaxi, sin embargo, este recurso está siendo aprovechado para diversos usos, uno de ellos es la agricultura. Esta actividad requiere grandes cantidades de agua, que incluyen agua de calidad para sus distintos procesos de producción. “La demanda hídrica destinada para uso de riego en Cotopaxi posee aproximadamente 1 392 concesiones que ocupan un caudal de 29 828 L/s” (GADPC, 2021, p. 27). Siendo la segunda demanda hídrica con mayor uso, considerando que este recurso es fundamental para garantizar una seguridad alimentaria óptima y en función al crecimiento poblacional de los últimos años, se ha visto la necesidad de aumentar la productividad agrícola, de manera que se ha utilizado criterios tanto de calidad como en cantidad para gestionar este recurso sobre el rendimiento y aptitud de los cultivos y el suelo.

La falta de información científica sobre la calidad del recurso hídrico que ingresa a los cuerpos de agua destinados para la irrigación de las juntas de riego de la subcuenca del río Cutuchi parte alta de la cuenca del río Pastaza, incluyendo el desconocimiento de los criterios de clasificación para el uso de estas aguas en base a su aptitud, complican la planificación y gestión para la toma de decisiones en cuanto a la mejora del rendimiento de los cultivos y la

situación ambiental de las zonas. Por lo que, si la agricultura y su entorno sufren cambios negativos, la estabilidad socio-económica y calidad de vida de los pueblos se debilita, originando una gran movilidad interna y externa en busca del llamado bienestar social. Además, no fomentar una gestión sostenible del agua con base a estudios y monitoreos de la calidad de este recurso, pone en riesgo la seguridad alimentaria local y nacional.

6. OBJETIVOS

6.1 General

Evaluar la calidad del agua de riego utilizando indicadores físico-químicos en los canales: Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, Martínez y el río Patoa pertenecientes a la provincia de Cotopaxi, parte alta de la cuenca del río Pastaza, en épocas seca y lluviosa en el período 2021.

6.2 Específicos

- Determinar la calidad del agua destinada a la irrigación de los sitios de estudio previamente georreferenciados mediante la aplicación del índice de calidad de agua CCME_WQI.
- Establecer los peligros de sodicidad y salinidad del agua para uso agrícola a través de los índices físico-químicos compuestos: Diagrama de Wilcox (RAS_{normal} y Conductividad Eléctrica), Porcentaje de Sodio Soluble (PSS), Carbonato de Sodio Residual (CSR) e índice de Permeabilidad (PI).

7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. *Actividades de los Objetivos.*

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN
Determinar la calidad del agua destinada a la irrigación de los sitios de estudio previamente georreferenciados mediante la aplicación del índice de calidad de agua CCME_WQI.	<ul style="list-style-type: none"> - Visita in situ al área de estudio para la toma de coordenadas. - Selección de los puntos de muestreo con base al número de beneficiados y hectáreas sujetas a irrigación, considerando las bocatomas y el río que alimenta tres reservorios para 	<ul style="list-style-type: none"> - Seis puntos de estudio Georreferenciados. - Mapas de las zonas de estudio. - Selección de los parámetros utilizando el AM 097-A, Anexo 1, tablas 3 y 4. 	<ul style="list-style-type: none"> - Georreferenciación de los puntos a ser estudios mediante herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS 10.8. El GPS permitió determinar la ubicación, registrando las coordenadas UTM (sistema WGS84), mientras que con el software ArcGIS a través de su aplicación ArcMap permitió

	<p>establecer la calidad del agua que ingresa a estos cuerpos hídricos artificiales.</p> <p>- Búsqueda de información bibliográfica sobre la aplicación del índice y sus criterios de utilidad en base a la normativa nacional.</p>	<p>-Cálculo del índice CCME_WQI.</p>	<p>elaborar el mapa y exteriorizar los puntos de la zona de estudio, así como la clasificación espacial de la calidad del agua.</p> <p>- Uso de los resultados obtenidos en las épocas seca y lluviosa para el cómputo del índice en el formato Excel WQI_Calculator_2 y su posterior interpretación.</p>
<p>Establecer los peligros de sodicidad y salinidad del agua para uso agrícola a través de los índices físico-químicos compuestos: Diagrama de Wilcox (RAS_{normal} y Conductividad Eléctrica), PSS, CSR e PI</p>	<p>-Investigación de fuentes bibliográficas sobre la utilización e interpretación de los índices.</p> <p>-Procesamiento de los datos y su aplicación en las fórmulas preestablecidas</p>	<p>- Determinación del nivel de sodicidad y salinidad.</p> <p>- Evaluación de la posible afectación a la estructura morfológica del suelo por la utilización de agua con altos contenidos de Na^+ y sales disueltas.</p>	<p>Uso de los resultados de los muestreos, para su aplicación en las fórmulas y su clasificación de acuerdo al nivel de concentración de Na^+ y sales.</p>

CAPITULO II

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1 El agua

El agua es considerada como un elemento esencial para la vida y representa el 0.4% del volumen total de la tierra, se define como.

Sustancia cuyas moléculas están formadas por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquida, inodora, insípida e incolora. Es el componente más rico de la superficie de la tierra y, de menos pureza, se forma por la lluvia, sus fuentes son: los ríos, acuíferos y el mar; Esta es una parte constitutiva de todos los organismos vivos y aparece en compuestos naturales. (Real Academia Española [RAE], 2021)

Considerando que el agua se encuentra unido por enlaces covalentes y su molécula tienen una forma triangular plana. González y López (2020) mencionan que los átomos de Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) se encuentran separados por 0.96 Angstroms (una millonésima de metro),

formando un ángulo de 104.05° entre sus líneas de enlace y teniendo la característica de ser un dipolo de dos regiones de carga (+, -). El O actúa como un átomo electronegativo mientras que el H actúa como un átomo ligeramente electronegativo, haciéndose positivo. Por lo que, el agua no es un portador de carga sino más bien una molécula polar, lo que le otorga la propiedad de ser un solvente universal. Es importante conocer cómo el recurso hídrico se encuentra distribuido en el planeta ya que es un elemento esencial para la naturaleza; compone los ecosistemas naturales y es fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida. Según Carrión (2020):

La Tierra tiene una disponibilidad de agua de 1.386 millones de kilómetros cúbicos, de los cuales el 97.5% es agua salada, es decir, solo 2.5% es agua dulce (35 millones de kilómetros cúbicos). De esa cantidad, solo el 0.007% del total está disponible para consumo humano, debido a que el 69.7% del agua dulce está congelada en los polos o en los glaciares, el 30% está enterrada bajo la superficie en acuíferos y el 0.3% en los ríos y los lagos.

Indicando que solo el 2.5% del volumen total del agua se encuentra disponible para su uso y cualquier presión u alteración a este recurso puede afectar directamente al dinamismo del ambiente. Su estructura varía según la fuente (Atmosférica, continental, subterránea), las aguas continentales superficiales están sujetas a cambios en base a la situación geográfica.

La cantidad de minerales que transporta una corriente superficial depende de la naturaleza del terreno donde se produce la escorrentía, mayor o menor pendiente, más o menos permeable; de la estación del año, propia de precipitaciones o de evaporación. Los minerales que contienen pueden estar en suspensión, como coloides o solubilizados de sales que dan lugar a iones de carbonato, bicarbonato, sulfato, cloruro, sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio, manganeso y hierro. (Asedegbega Nieto et al., 2019, p. 30)

De manera que, la mineralización de las aguas obedece a la situación ambiental de las zonas de influencia directa a los cuerpos de agua, motivado por la erosión del substrato mineral y su arrastre en forma de lodos y sales, producto de la escorrentía superficial del caudal, incluyendo el tipo de descarga al cuerpo de agua a causa de las actividades humanas.

Dorronsoro (2010) menciona que desde el punto de vista físico el agua se encuentra en el suelo de tres maneras; Higroscópica, absorbida directamente de la humedad atmosférica que forma una fina capa de alrededor de 15 a 20 moléculas que recubren las partículas del suelo por fuerza de adsorción y no es asimilable por las plantas; Capilar, contenida en los tubos capilares del suelo es retenida por la tensión superficial del agua y su disponibilidad depende cuando se introduce en tubos capilares con diámetros de 0,2-8 micras y es agua absorbible por las plantas

representando una reserva en periodos secos; Gravitacional, se habla de agua gravitacional de flujo lento la que circula por poros comprendidos entre 8 y 30 micras de diámetro, tarda de 10 a 30 días en atravesar el suelo y en esos días es utilizable por las plantas y agua gravitacional de flujo rápido en función de su velocidad de circulación en poros mayores a 30 micras es un agua que no queda retenida en el suelo y es desplazada al subsuelo, alcanzando el nivel freático, se considera agua inútil ya que cuando está presente en el suelo los poros se saturan de agua, produciendo un medio asfixiante impidiendo absorber el agua a las raíces.

Para la agricultura el agua representa un elemento esencial de producción. Bressa Rudi, (2021) establece que conforme las ciudades utilizan más agua para su población en acelerado crecimiento, se debe mejorar considerablemente la eficacia y productividad de su uso, ya que el 70 % del agua que se extrae en el mundo es utilizado para riego y para la producción de alimentos, justificando esta demanda debido a la: evaporación, incorporación del agua a los tejidos de las plantas y transpiración de los cultivos. Este recurso constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos y está involucrado casi en la totalidad de todos los procesos metabólicos que actúan de manera particular durante la fotosíntesis de diferentes plantas y como ecosistemas donde habitan muchas formas de vida, es fundamental conocer su estado y adecuación en base a los criterios e indicadores que ayuden a tomar decisiones sobre la gestión sostenible del agua de acuerdo a su uso.

8.2 Contaminación del recurso hídrico

Para hablar de la fuente y circulación de los contaminantes en los cuerpos de agua se debe entender su ciclo biogeoquímico. Cicerone (2007) menciona:

El ciclo hidrológico comprende la circulación continua de aguas en la atmósfera, el subsuelo y las corrientes superficiales. Empieza con la precipitación que se deposita en el suelo en forma de lluvia, nieve o hielo, generalmente la mayor cantidad del agua se distribuye de forma de flujo superficial por una corriente canalizada que se acumula en ríos para luego alcanzar el océano, posteriormente es evaporada y llevada a la atmósfera. La porción de precipitación que no se mantiene en la superficie es devuelta en evaporación o penetra en el subsuelo que por procesos de filtración es conducido al medio subterráneo que atraviesa por zonas no saturadas y termina en zonas saturadas, o permanece en forma de humedad superficial para ser devuelta a la atmósfera por medio de evapotranspiración. (p.22)

De manera que, el ciclo biogeoquímico del agua influye directamente con el arrastre de sedimentos y el transporte de las acumulaciones no consolidadas del material edáfico por donde el flujo superficial y los procesos de filtración al medio subterráneo se desarrollan, el transporte

de las sustancias contaminantes depende fuertemente del medio en el que se encuentran y de la distribución espacial y temporal.

Las condiciones hidrológicas en relación a la ocurrencia, distribución y circulación de la precipitación, escorrentía, humedad del suelo y evapotranspiración, se vinculan a la movilización de las sustancias geoquímicas. Cicerone (2007b) indica que la cantidad, intensidad y duración de las precipitaciones, promueven la energía cinética necesaria para el desprendimiento de las partículas de sedimentos, además la cantidad de agua determina un mayor arrastre de material no consolidado debido al aumento del caudal, asimismo, los contaminantes atmosféricos alcanzan la superficie del suelo por el proceso llamado deposición húmeda. Una fracción de precipitación que no se evapora ni se convierte en escorrentía, es infiltrada en el suelo y posteriormente retorna a la atmósfera por medio de la transpiración o contribuye en la humedad del suelo, el agua infiltrada en el suelo determina la cantidad y el ritmo a la cual estos contaminantes son lixiviados en el terreno o viajan hacia aguas superficiales o subterráneas.

La actividad humana es otro factor que influye en la contaminación del agua, dada por los procesos de producción y estilo de vida que deterioran tanto en calidad como en cantidad este recurso, incluso esta contaminación es mucho más peligrosa que la de las fuentes de origen natural.

En la actualidad, muchas actividades económicas son fuente permanente de contaminación del agua y suelo, en determinadas zonas, se produce una progresiva concentración de la población y actividades productivas más innovadoras e intensivas, generando una problemática específica de desertificación por sobreexplotación de los recursos hídricos y alteración del medio físico, sumado la inexistencia de redes de saneamiento, por lo que todos los desechos descargan en el mismo curso hídrico. (Taco-Taco et al., 2017, p. 89)

Evidenciando que la contaminación ambiental y alteración a la calidad del recurso hídrico en el territorio ecuatoriano también se debe a las actividades económicas implantadas en las últimas décadas. Según Encinas Malagón (2011):

Existen cuatro focos principales de contaminación antropogénica; Industrial, dependiendo del tipo se emiten sustancias inorgánicas; Vertidos urbano y rurales, llevan fundamentalmente contaminantes orgánicos e inorgánicos; Transporte, generadora de contaminación por hidrocarburos; Agricultura y ganadería, que contaminan con pesticidas, fertilizantes, herbicidas y restos orgánicos de animales. (p.46)

La provincia de Cotopaxi en los últimos años ha aumentado el número de concesiones debido a la demanda para los distintos usos que tiene este recurso y en las que se incluyen esas cuatro actividades que influyen como focos principales de contaminación. Según el GADPC (2021) debido al progresivo aumento de desechos sólidos y líquidos, así como su disposición inadecuada, se ha originado que se efectúen descargas directas de aguas residuales sin un previo tratamiento, producto de la falta e ineficientes sistemas de alcantarillado, motivados por el crecimiento desorganizado del territorio. Además, el sector industrial no cuenta con plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), a su vez las empresas que poseen PTAR no realizan actividades de mantenimiento e incluso operan con técnicas ineficientes para la disposición final del agua tratada, pues conectan sus PTAR a los sistemas de recolección de las aguas lluvias, que escurren en ríos cercanos.

Al igual, se menciona que el sector rural no cuenta con alcantarillado lo que provoca la utilización de pozos sépticos que, debido a infiltraciones en los acuíferos subterráneos, el nivel de calidad bacteriológica está por encima de los límites máximos permisibles. También se ha visto que el sector agroindustrial descarga sus aguas servidas sin previo tratamiento a los cuerpos de agua cercanos a sus instalaciones, además de arrojar diluciones y envases plásticos de agroquímicos, detergentes, grasas orgánicas e inorgánicas y desechos orgánicos a los cauces de los ríos y canales de riego. Otras fuentes de contaminación son los criaderos de cerdos, el pastoreo de ganado junto a las vertientes y cauces de agua, la eliminación de los desechos de la producción del alcohol y la extracción de arena en el caso del sector de Angamarca, lo que agrava más la situación ambiental del recurso hídrico.

En este sentido, las actividades humanas, industriales, agroindustriales, agrícolas, pecuarias y agropecuarias, contribuyen directamente con la alteración físico-química y biológica del recurso hídrico, lo que ha llevado a deteriorar la salud de las unidades hidrográficas de la provincia.

Existen dos tipos de contaminación definidos como: puntual y difusa. “La contaminación puntual es aquella descarga que va a un cauce natural, proviene de una fuente específica, en este punto el agua puede ser medida, tratada o controlada” (Mejía Clara, 2005, p. 8). Afectando en zonas muy localizadas. “La contaminación difusa se produce en un área abierta, existe una multiplicidad de pequeñas fuentes de descargas, cuyos aportes no son localizados y su acceso a los cuerpos de agua se da por derrame o filtración a través de los suelos” (Sergio, 2007, p. 22). Las fuentes de contaminación según su tipo se dan ocasionalmente por causas naturales, pero en su mayoría son producto de las actividades humanas, a continuación, se describe su clasificación en la tabla 3.

Tabla 3. *Fuentes puntuales y difusas de contaminación.*

FUENTES	
PUNTUAL	DIFUSA
Efluentes de aguas residuales de origen doméstico e industrial.	Escorrentía desde zonas agrícolas (incluyendo el flujo de retorno de la agricultura de regadío).
Escorrentía y lixiviación desde sitios de deposición de desecho.	Escorrentía urbana a partir de áreas sin desagües.
Escorrentía e infiltración desde sitios de ganadería.	Cloacales y áreas con desagües cloacales menores a 100 000 habitantes.
Escorrentías desde sitios mineros, campos petroleros e industrias sin sistemas de alcantarillado.	Lavado y escorrentía a partir de sistemas sépticos en malas condiciones.
Desagües pluviales a partir de sitios con poblaciones mayores a 100 000 habitantes.	Escorrentías a partir de sitios en construcción menores a dos hectáreas.
Flujo superficial de desagües sanitarios y pluviales.	Deposición atmosférica sobre las aguas superficiales. Actividades como la deforestación, cambios de la cobertura vegetal, construcción y desarrollo de tierras. Escorrentía desde zonas de pastoreo y cría de ganado, así como de sitios mineros abandonados.

Fuente: (Stephen et al.,1998).

8.3 Calidad del agua

Al no tener una definición clara de lo que significa la calidad de agua, está se encuentra sujeta a múltiples interpretaciones. El Ministerio de Medio Ambiente de España (2000) menciona que se puede entender la calidad del recurso hídrico dependiendo de los puntos de vista; Funcional, capacidad específica que tiene el agua para responder a los usos que se obtendrían de ella; Ambiental, considera aquellas situaciones que deben darse para que ésta mantenga un ecosistema equilibrado. O el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que la definen. Determinado que, la calidad del agua está sujeta a distintos criterios de aptitud según su uso.

El desarrollo de los pueblos que sustentan su actividad económica en la agricultura, sostiene su progreso en la disponibilidad de fuentes de agua que reúnan los requisitos de cantidad y calidad. Según Mañas y López Fuster (2008):

Si el criterio a definir es el estrictamente agronómico, la calidad del agua se basa en la aptitud que tiene para el riego, existen diferentes clasificaciones. Los criterios utilizados hacen referencia a los riesgos de salinización y sodificación, que hablan sobre la reducción de la capacidad de infiltración en función de la conductividad y la Relación de Absorción de Sodio (RAS), respectivamente. Los criterios de la FAO incluyen información sobre otros problemas potenciales, derivados de la toxicidad de determinados iones específicos y oligoelementos, así como el exceso de nitrógeno, bicarbonato y pH. (p. 298)

Estas características de clasificación de la aptitud del agua en función a su uso, se fabrican debido a múltiples factores naturales e intervenciones humanas que interactúan con los recursos hídricos a lo largo del cauce principal del cuerpo de agua. Cuando una serie de condiciones de uso y explotación degradan la calidad natural del recurso hídrico y que no están familiarizadas con los ciclos hidrológicos, se denomina como un recurso contaminado o impactado.

8.4 Indicadores de la calidad de agua (WQI)

La importancia de gestionar sosteniblemente el recurso hídrico radica en detectar tempranamente los cambios sufridos en la estructura del agua. El objetivo es medir su calidad en base a monitoreos periódicos que ayuden a establecer diferentes criterios de uso, utilizando directrices de clasificación y restricciones que faciliten la gestión en la toma de decisiones de todos los niveles, así como, ayudar al conocimiento colectivo sobre el recurso disponible. “Los indicadores de la calidad del agua se miden de acuerdo a diferentes parámetros, mediante la cuantificación del grado de alteración de las cualidades físicas, químicas y biológicas, para un uso determinado” (Castro et al., 2014, p. 14). En este sentido, los indicadores muestran el grado de restricción para su uso a la fecha del monitoreo, se expresa en porcentaje y se los denomina índices de la calidad del agua (WQI).

Por su naturaleza los WQI pueden ser: fisicoquímicos, biológicos e hidromorfológicos; combinan diversas variables (aniones, cationes, pH, conductividad eléctrica, temperatura, turbidez, Coliformes fecales y totales, disponibilidad de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, metales pesados, contenidos de nitrógeno y fósforo, algas, peces, macroinvertebrados, caudales ambientales, continuidad fluvial, entre otros.) que proporcionan una valoración de la calidad del agua. (Balmaseda Espinosa y García Hidalgo, 2014, p. 12)

Estos indicadores en cualquier estudio se determinan en relación al uso actual y su estado deseado, con el potencial de la unidad hidrológica. Entre los tipos de usos recomendados

para la aplicación del WQI, se mencionan: el abastecimiento de agua para consumo humano e industrial, recreación, protección de la vida acuática, conservación de flora, uso agrícola y pecuario, aprovechamiento hidroeléctrico, comercial, navegación, etc. La desventaja de usar estos indicadores es que es difícil determinar el tipo de fuente de contaminación. Según el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2020):

El alcance de estos indicadores no es capaz de integrar la complejidad de los fenómenos naturales y la variabilidad climática de forma minuciosa y diferencial, impidiendo identificar de forma específica si el origen de los aportes a la muestra es natural o antrópico, aunque algunas veces puede inferirse intuitivamente el origen principal de dichos aportes. (p. 3)

Por lo tanto, estos indicadores no integran de forma específica el origen de los elementos o compuestos que alteran la condición de las aguas, reflejando resultados que figuran la aptitud general del agua enfocada al tipo de criterio utilizado. Ewaid (2016) menciona que los WQI tienen las ventajas de evaluar la calidad general del agua y agregar múltiples datos en un solo valor, también es útil para el público, ya que facilita la comprensión del tipo de agua utilizada y es una herramienta útil para administrar este recurso.

8.4.1 Índice de calidad del agua propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment (CCME)

El índice de calidad del agua CCME_WQI es un método conveniente que resume datos complejos y proporciona la información general de la condición actual de la calidad del agua, facilitando la interpretación de la gobernanza y el público en general.

El CCME_WQI se basa en el índice desarrollado por el Ministerio de Medio Ambiente, Tierras y Parques de Columbia Británica e incorpora modificaciones desarrolladas por la provincia de Alberta y se asemeja mucho al índice de Calidad del Agua Agrícola de Alberta. El resultado produce un número entre 0 (peor calidad del agua) y 100 (mejor calidad). (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017, pp. 1-3)

El método de cálculo establece que se debe tener en cuenta al menos ocho, pero no más de veinte parámetros en un período de un año, ya sean datos mensuales o trimestrales. Los criterios de clasificación para la interpretación de la calidad del agua de riego, utilizados para el cálculo de este índice, se basa en los lineamientos señalados por el Acuerdo Ministerial 097-A que menciona los criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego, siendo aquel recurso hídrico empleado para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias, prohibiendo el uso de aguas servidas, exceptuando aquellas que sean tratadas y cumplan con los niveles de calidad establecidos en su tabla 3 que alude a los criterios de calidad admisible y

su tabla 4 que indica los grados de restricción, está reglamentación a su vez considera los criterios mencionados en el manual de la Calidad del Agua para la Agricultura de la FAO.

Las directrices de los parámetros descritos en el manual, están basadas en supuestos básicos que definen el rango de usabilidad, indicando la capacidad de producción de todos los cultivos. Es decir, cuando la capacidad de producción de todos los cultivos no requiere de prácticas especiales, las pautas indican que no hay restricciones de uso. Sin embargo, una restricción de uso muestra que puede haber una limitación en la elección del cultivo, o que puede ser necesario un manejo especial para mantener la capacidad de producción total. (Ayers y Westcot, 1985, p. 9)

Es decir, el criterio de restricción no indica que el agua utilizada no sea apta para uso, más bien condiciona su empleo en base a los cultivos utilizados o la aplicación de tratamientos especiales. Otro factor que considera esta guía, es la concentración de oligoelementos que en pequeñas cantidades ayudan a la planta con su crecimiento, pero su sobrecarga causa acumulación en el tejido vegetal y reducciones en el crecimiento foliar y radicular.

La mayoría de los elementos traza se fijan y se acumulan fácilmente en los suelos, este proceso es en gran medida irreversible, de manera que, las aplicaciones repetidas de cantidades superiores a las necesidades de las plantas eventualmente contaminan el suelo y pueden volverlo no productivo o inutilizable. (Ayers y Westcot, 1985, p. 95)

Estos criterios mencionan las concentraciones máximas recomendadas y los grados de restricción para su uso, condicionado su empleo a tratamientos especiales sobre los cultivos. A continuación, en la tabla 4 se describen los parámetros a considerar en base a los estándares mencionados.

Tabla 4. Niveles deseables o umbrales empleados para calcular el CCME WQI.

VARIABLES	UNIDAD	A.M 097-A	
		L. INFERIOR	L. SUPERIOR
Aluminio	mg/L	0	5.0
Arsénico	mg/L	0	0.1
Bicarbonato	meq/L	1.5	8.5
Cadmio	mg/L	0	0.05
Cobre	mg/L	0	0.2
Coliformes fecales	NMP/100 ml	0	1000
Conductividad eléctrica (C.E.)	dS/m	0.7	3.0
Cromo hexavalente	mg/L	0	0.1
Hierro	mg/L	0	5.0
Manganeso	mg/L	0	0.2
Mercurio	mg/L	0	0.001

Nitratos	mg/L	5	30
Nitritos	mg/L	0	0.5
pH	1-14	6.5	8.4
RAS _{ajustado}		3	9
Sulfatos	meq/L	0	250
Sólidos disueltos totales	mg/L	450	2000
Zinc	mg/L	0	2.0

Nota: El sodio como indicador de toxicidad, se presenta en la normativa ecuatoriana en forma de dos criterios de clasificación; riego superficial, considera la relación de absorción de sodio y riego por aspersión que se expresa en mg/L. Incluyendo el bicarbonato como un parámetro que determina los efectos misceláneos sobre los sistemas de riego, haciendo énfasis en el riego por aspersión aérea.

Este índice se basa en la combinación de tres factores que se representa en una suma de vectores. Según CCME (2017):

El *Alcance* (F1) es el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas, la *frecuencia* (F2) halla la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas y la *Amplitud* es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral. (pp. 4-5)

Considerando lo expuesto, las fórmulas para su cálculo son las siguientes:

Alcance (1):

$$F1 = \frac{\# \text{ de variables fuera del rango}}{\text{Total de variables}} * 100 \quad (1)$$

Frecuencia (2):

$$F2 = \frac{\# \text{ de datos fuera del rango}}{\text{Total de datos}} * 100 \quad (2)$$

Amplitud (3):

$$F3 = \frac{nse}{0.01(nse) + 0.01} * 100 \quad (3)$$

Donde,

$$\text{Excursión} = \left(\frac{\text{Valor excedido del rango}}{\text{Rango}} \right) - 1 \quad (3.1)$$

$$nse = \frac{\Sigma \text{Excursión}}{\text{Total de datos}} \quad (3.2)$$

Con los tres factores obtenidos se puede calcular el índice en base a la siguiente fórmula (4):

$$CCME_{WQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right) \quad (4)$$

El cálculo es competentemente flexible como para ser empleado en varias situaciones. CCME (2017) indica que el índice puede ser muy útil para rastrear los cambios en la calidad del agua en un sitio determinado a lo largo del tiempo o se puede usar para comparar directamente entre sitios. La asignación de valores según las categorías de calidad es un proceso crítico, pero algo subjetivo, la categorización se basa en la mejor información disponible, el juicio de expertos y las expectativas del público en general. Una vez que se ha calculado el valor de CCME_WQI, la calidad del agua se puede catalogar como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. *Criterios para la clasificación de las aguas.*

PUNTUACIÓN	CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
100-95	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia virtual de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
94-90	Bueno	La calidad del agua está protegida con solo un grado menor de amenaza o deterioro; las condiciones rara vez se apartan de los niveles naturales o deseables.
79-65	Justo	La calidad del agua generalmente está protegida, pero ocasionalmente amenazada o deteriorada; las condiciones a veces se apartan de los niveles naturales o deseables.
64-45	Marginal	La calidad del agua se ve frecuentemente amenazada o deteriorada; las condiciones a menudo se apartan de los niveles naturales o deseables.
44-0	Pobre	La calidad del agua casi siempre está amenazada o deteriorada; las condiciones generalmente se apartan de los niveles naturales o deseables.

Fuente: (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2017)

8.5 Parámetros indicadores de la calidad del agua

8.5.1 Parámetros Físicos

8.5.1.1 pH o Potencial de Hidrógeno.

El pH es una medida que indica la acidez del agua, el rango varía de 0 a 14. Un pH menor a 7 indica acidez (mayor concentración de H^+), mientras que un pH mayor a 7 indica basicidad (menor concentración de H^+), siendo 7,0 el rango neutral.

Los iones de H^+ participan en la mayoría de las reacciones químicas en el agua y el suelo. La concentración de los iones de hidrógeno (pH) influye en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes, las formas iónicas de los elementos, la estabilidad de los quelatos, etc. (Bustos Toled, 2019, p. 20)

De manera que, el aumento o disminución de este parámetro en las fuentes de agua puede causar pérdida de la biota nativa por causa de las reacciones químicas que influyen en la solubilidad y disponibilidad de los nutrientes.

Un agua o una solución del suelo con un pH demasiado alto, puede resultar en deficiencias nutricionales, principalmente de micronutrientes, teniendo efectos directos e indirectos importantes en la fisiología del organismo, en cambio un pH demasiado bajo podría dar lugar a la toxicidad de los micronutrientes del agua. (Simonne y Hochmuth, 2016, p. 3)

Por lo tanto, el pH es un indicador de la disponibilidad de los nutrientes en las soluciones del suelo. Intagri (2018) menciona que la presencia de los iones de Al^{3+} , $Al(OH_2^+)$, H^+ e OH^- son determinantes en la solubilidad de los nutrimentos en el suelo, como son los: fosfatos, sulfatos, molibdatos, hierro, manganeso, cobre o zinc; puesto que, cuando el pH tiene un valor mayor de 6.5 la cantidad de iones OH^- produce la precipitación de compuestos insolubles al Fe, Mn, Cu y Zn, siendo no asimilables por las plantas. Mientras que, cuando existe un pH menor a 6.5 la presencia de iones de aluminio afecta la solubilidad y disponibilidad de fosfatos, sulfatos y molibdatos, así mismo, limita la descomposición de la materia orgánica y la nitrificación.

8.5.1.2 Turbidez.

La turbidez es un indicador que brinda información sobre el grado de contaminación a rasgo general, puesto que no especifica algún contaminante en específico.

La turbidez del agua es una propiedad óptica que provoca que la luz se disperse y absorba, en lugar de ser transmitida. La dispersión de la luz que atraviesa un líquido es provocada principalmente por los sólidos suspendidos. A mayor turbidez, mayor será la luz dispersa. (HANNA, 2019)

Este parámetro mide la concentración de partículas sólidas que se encuentran suspendidas en el agua, pudiendo ser: algas, sedimentos, materia orgánica y contaminantes.

Las partículas en suspensión difunden la luz solar y absorben calor, lo cual puede causar un aumento en la temperatura y una reducción de la luz para la fotosíntesis de las algas. La turbidez debida a sedimentos en suspensión puede indicar una erosión natural o artificial. Los sedimentos en suspensión pueden obstruir las branquias de los peces. Cuando el sedimento precipita, puede dañar los lechos de grava y enterrar los huevos e insectos bentónicos. (Schloss, 2010, p. 1)

8.5.1.3 Sólidos totales disueltos.

Se lo utiliza como un indicador de las sales disueltas producto de los procesos naturales como la meteorización química del material geológico y las actividades relacionadas con el vertimiento de sustancias a los cuerpos hídricos. Según Jiménez (2001):

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) son iones y moléculas; que se encuentran diluidos en el agua, la concentración de sólidos disueltos en el agua se debe a la presencia de minerales, metales y compuestos químicos orgánicos que dan olor, color, sabor y eventualmente toxicidad al agua que los contiene. (pp. 120-122)

La presencia de sólidos disueltos en el agua se debe principalmente a su estructura química y al tipo de fuente.

El agua, con su carácter bipolar, tiene el poder de rodear a un ion de carga positiva con la parte negativa de su molécula (o a la inversa), aislando por tanto a este ion de los que le rodean y neutralizando las fuerzas de atracción que mantienen la integridad de la estructura cristalina. El ion, rodeado con moléculas de agua puede dejar el retículo cristalino y desplazarse hacia la solución, transformándose así en un ion disuelto. (Toasa Llumigusín, 2012, p. 17)

8.5.2 Parámetros Químicos

8.5.2.1 Nitrógeno.

Este elemento se encuentra en forma de amonio ionizado y no ionizado, nitritos y nitratos, este compuesto altera el equilibrio dinámico de la biota debido a sus efectos tóxicos.

Pueden llegar a través de la disolución atmosférica o de depósitos geológicos ricos en estos materiales, escorrentías superficiales y subterráneas, fijación de organismos procariotas y descomposición de materia orgánica; y por causas antropogénicas provenientes de usos domésticos e industriales, así como a la deposición atmosférica fruto de la contaminación del aire. (Camarco y Alonso, 2007, p. 2)

El exceso de este compuesto perjudica tanto a la salud humana como a la vida acuática, existen tres problemas ambientales. “El aumento de la acidez, el desarrollo de eutrofización y el aumento de las concentraciones hasta niveles tóxicos tanto en aguas superficiales como

subterráneas” (Camarco y Alonso, 2007, p.75). Para el desarrollo vegetal, altas concentraciones causan el exceso acelerado de brotes debido a la multiplicidad celular. Román (2020) menciona que las plantas pueden ser más susceptibles a ataques de plagas, enfermedades, intolerancia a las variaciones ambientales, como las de la humedad y la temperatura, por lo que pueden enfermar o incluso morir con más facilidad. Asimismo, no hay que dejar de mencionar que se tendrá un retraso en la producción debido a que los rendimientos serán menores y la calidad de los productos disminuirá considerablemente.

8.5.2.2 Cobre.

El cobre se encuentra en la categoría de oligoelementos o micronutrientes, cumple un rol importante como elemento traza en reacciones bioquímicas celulares.

Las principales fuentes emisoras de metales pesados son la actividad industrial y minera por la generación de material particulado, emisiones gaseosas y aguas y lodos residuales. Las actividades agrícolas también contribuyen a la contaminación ambiental por metales pesados debido al uso de fertilizantes, plaguicidas y herbicidas que contienen metales pesados. (Kabata-Pendias y Mukherjee, 2007, p. 174)

Los efectos tóxicos ocurren cuando la tasa de ingesta y acumulación excede la tasa de detoxificación fisiológica o bioquímica. “En las plantas la fitotoxicidad genera especialmente reducción del crecimiento radicular, de la biomasa y la transpiración, clorosis y necrosis en hojas, así como síntomas de senescencia y abscisión” (Martínez et al., 2017, p. 21).

8.5.2.3 Plomo.

La toxicidad de este metal depende de diversas variables abióticas tales como, dureza, pH y salinidad; mientras mayor sea la dureza, menor será su toxicidad y aumenta a medida que disminuye el pH.

Existen diferentes fuentes de contaminación por Pb y estas se encuentran en diferentes ámbitos, básicamente en las industrias y el consumo, pero es importante recordar que el Pb es un elemento que existe en la naturaleza (forma parte de la mayoría de minerales, aunque siempre en proporción inferior al 10%), por lo tanto, está en pequeñas cantidades y de forma muy dispersa. (Valles et al., 2018)

Altas concentraciones de Pb afectan a la salud humana y la integridad de los ecosistemas, ocasionando daños irreversibles que facilitan los procesos de la pérdida de la diversidad.

En los vegetales, las concentraciones altas de metales pesados inhiben la germinación de semillas, el crecimiento y desarrollo de plantas. Al igual que otros metales pesados, el plomo entra en la cadena alimentaria después de ser absorbido por las raíces de las

plantas y su acumulación depende de la capacidad de la solución para pasar de las raíces a otras partes de la planta, fomentando la inhibición de la elongación de la radícula y el hipocótilo. (Velázquez Nureña y Padilla Sagástegui, 2013, p. 29)

8.5.2.4 Cadmio.

El cadmio es un elemento presente en el material litológico. “La abundancia de Cd en rocas sedimentarias e ígneas no excede el 0.3 mg/kg y las concentraciones son parecidas en depósitos arcillosos y en rocas metamórficas” (Bautista, 1999, p. 37). La toxicidad de este metal está ligada a la dureza, pH y salinidad; mientras la dureza sea mayor, su toxicidad será menor. “Es un elemento relativamente raro en la naturaleza se asocia al zinc. Es de color blanco ligeramente azulado. Peso atómico 112 y densidad relativa 8. Tiene ocho isótopos estables y presenta once radioisótopos inestables de tipo artificial” (Fernando Londoño-Franco et al., 2016, p. 148). Para la biota el Cd tiene múltiples efectos de toxicidad. Según Järup y Åkesson (2009):

La toxicidad por Cd reduce el crecimiento, la actividad fotosintética, el contenido de clorofilas y provoca clorosis principalmente en hojas jóvenes. También, interfiere en la entrada y transporte de nutrientes y ocasiona estrés oxidativo y afectaciones en las actividades enzimáticas. (p. 11)

8.5.2.5 Cromo.

La toxicidad del cromo se da sobre los organismos y su comportamiento en el medio. Rodríguez y Franco (2000) mencionan que el número de oxidación del Cromo puede formar una variedad de compuestos como: cromosos (Cr II), crómicos (Cr III) y cromatos (Cromo VI), los dos últimos son usados en aplicaciones comerciales, pero solo las sales inorgánicas de cromo VI son considerados tóxicos. Según Gualli Aragadvay y Mena Maldonad (2017):

El suelo reside en un sistema dinámico que se compone de metales pesados que pueden llegar a ser elementos tóxicos como el cromo VI, pero no constituyen un peligro a la biota gracias a procesos geológicos que disponen a estos elementos en cantidades fijas y como sustancias insolubles; sin embargo, las actividades humanas han provocado la acumulación de grandes cantidades de este tóxico en el suelo, lo que ha alterado su dinamismo y distribución. (p. 7)

De manera que, este elemento ingresa al agua y suelo por procesos naturales o por actividades antropogénicas. “El Cr III es esencial para los organismos y no es tóxico, en cambio el Cromo VI es liberado en procesos industriales y en pequeñas cantidades de forma natural, es tóxico para el ambiente y los organismos vivos” (Division of Toxicology and Human Health Sciences, 2012, p. 2-3). Cuando el Cromo VI ingresa a la estructura de la planta afecta de

manera directa el crecimiento de la especie vegetal. Según Gualli Aragadvay y Mena Maldonado (2017):

Existe una inhibición de la actividad de las proteínas, el reemplazo y desplazamiento de nutrientes esenciales para el metabolismo de la planta, ruptura de la membrana vegetal y daños en el ADN de los cloroplastos que producen transformaciones celulares que derivan en mutaciones y anomalías estructurales. Acortamiento y mal formación tanto en la raíz principal como en las secundarias, de ahí que el resto del organismo experimente problemas de crecimiento, evidenciada con una clorosis generalizada, disminución de clorofila y finalmente necrosis. (p. 13)

8.5.2.6 Arsénico.

El Arsénico se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente. “La concentración promedio en la corteza terrestre es aproximadamente 2mg/Kg. Este elemento se halla como arseniatos, con sulfuros y en asociación con muchos otros minerales metálicos y ocasionalmente en su forma elemental” (National Irrigation Water Quality Program (U.S.), 1998, p. 9). Existen varias especies químicas de arsénico que son fuertemente absorbidos por el suelo. “El arsénico inorgánico se encuentra en estado de oxidación As (III), As (V) y las especies orgánicas como, ácidos metilarsonico (MMA) y dimetilarsinico (DMA)” (Peregrino Ibarra, 2016, p. 60). El As (III) es más tóxico, pero menos común; por otro lado, la toxicidad del As (V) incrementa al aumentar la temperatura del medio acuático y ambos se acumulan en la capa superficial del suelo.

La fuente más común de concentraciones elevadas de As en el ambiente es atribuible a factores naturales producto del arrastre de sedimentos con altas concentraciones provenientes de afloramientos geológicos ricos en minerales de arsénico, aunque las actividades antropogénicas han contribuido principalmente a la contaminación del suelo y el agua por este elemento químico. (Smith et al., 2003, p. 123)

El arsénico es acumulado por una variedad de organismos vivos que a concentraciones elevadas pueden ejercer efectos tóxicos. Según Sancha et al. (2005):

Bajas concentraciones de arsénico estimulan el crecimiento de la planta, pero su rendimiento disminuye frente a la exposición a altas concentraciones. El principal efecto del arsénico en las plantas parece ser la destrucción de la clorofila en las hojas al inhibir la producción de enzimas, reduciendo el rendimiento del cultivo. El arsénico es retenido por los suelos y es probable que acumule concentraciones que provoquen efectos fitotóxicos antes de que se alcance el equilibrio entre reacciones de sorción y desorción. (p. 5)

8.5.3 Parámetros Biológicos

8.5.3.1 DBO5.

La concentración del oxígeno disuelto se encuentra vinculada al grado de contaminación presente en el cuerpo de agua. Según Raffo Lecca y Ruiz Lizama (2014):

A mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla. Esta actividad biológica es provocada por los microorganismos en condiciones aeróbicas, dando como consecuencia que la materia orgánica pierda sus propiedades contaminantes. Aquí existe el intercambio del oxígeno del aire con el agua. (pp. 75-76)

Mientras exista menor concentración de oxígeno disuelto en el agua, la capacidad de oxidar y degradar la materia orgánica del microorganismo se reduce. De manera que, la concentración de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar o degradar residuos orgánicos de modo aerobio se llama Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La DBO es una medida de la cantidad de oxígeno utilizado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica biodegradable, en condiciones aeróbicas y en un periodo de cinco días a 20 °C. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO a cinco días representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. (Navarro, 2007, p. 2)

Es una estimación del oxígeno consumido por microorganismos heterótrofos durante la degradación de las materias oxidables presentes en el agua, cualquiera que sea su origen orgánico o mineral. Es una prueba realizada en la oscuridad a 20°C durante 5 días, y su concentración es directamente proporcional a la contaminación.

8.5.3.2 DQO.

La Demanda Química del Oxígeno toma alrededor de tres horas en estimar la contaminación existente en el cuerpo de agua a causa del vertido de sustancias orgánicas e inorgánicas. “Es la cantidad de oxígeno (mgO_2/L) necesaria para oxidar los componentes del agua recurriendo a reacciones químicas” (Fabián, 2010, p. 10). Cuanto mayor es la concentración de la DQO, más contaminada está el agua. Según Valente et al. (1997):

Es un indicador de materia orgánica basado en la concentración de oxígeno consumido para oxidar materia orgánica, biodegradable o no, en medios ácidos y condiciones energéticas por la acción de un agente químico oxidante fuerte. Esta técnica estima las concentraciones de materia orgánica sólo en condiciones de consumo de oxígeno debido a que en los cuerpos de agua las condiciones son menos energéticas, además de que algunas especies inorgánicas, como nitritos, compuestos reducidos de azufre y

sustancias orgánicas -como los hidrocarburos aromáticos-, compuestos alifáticos de cadena abierta y piridinas - no se oxidan. (p. 2)

8.5.3.3 Coliformes fecales

Las coliformes de origen fecal son un indicador de contaminación ambiental producto del cambio de cobertura vegetal y uso del suelo, debido a los asentamientos humanos cerca a los cauces de los cuerpos de agua. Según Madigan et al. (2015):

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli*, además de ciertas especies de *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Citrobacter*. Se encuentran casi exclusivamente en las heces de animales de sangre caliente, se considera que reflejan de mejor manera la presencia de contaminación fecal, algunos son capaces de multiplicarse en el agua. (p. 985)

Comúnmente el grupo de organismos coliformes especialmente las fecales pueden provenir de aguas enriquecidas con nitrógeno y fosforo, efluentes industriales, material vegetal y suelos en descomposición. La Organización Panamericana de la Salud (2021) recomienda llamarlos coliformes termotolerantes puesto a que forman una estructura de resistencia denominada esporo, que les otorga la característica de resistencia al calor, a las radiaciones y a los agentes desinfectantes, debido a la presencia de altas concentraciones de calcio y ácido adípico en su estructura celular.

La fertilidad de las coliformes fuera de los intestinos de los animales homeotérmicos, depende de las condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros son autóctonos de aguas con residuos vegetales, como hojas en descomposición. También pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de los sistemas de distribución del agua. (Campos Pinilla, 2003, p. 226)

Este parámetro muestra el potencial número de bacterias fecales patogénicas que causan enfermedades gastrointestinales como las diarreas severas, la mayoría de las cepas son inofensivas, pero algunas pueden ser toxinogénicas.

8.6 Calidad del agua para riego mediante criterios de clasificación

Los criterios más usados para determinar la calidad del agua de riego, se basan generalmente en las características químicas, aunque también se debe considerar las características físicas y biológicas.

El agua destinada para la irrigación está determinada por la concentración y compensación de los constituyentes salinos o del contenido de sodio intercambiable, las características más importantes que determinan la calidad son: la concentración total de

sales solubles, la concentración relativa de sodio con respecto a otros cationes, la concentración de elementos potencialmente tóxicos y la concentración de bicarbonatos con relación a la concentración de calcio más magnesio. (Gómez Castellón et al., 2015)

Los problemas relacionados con una infiltración baja de agua suelen producirse cuando el sodio, se incorpora al suelo y deteriora su estructura, los agregados del suelo se dispersan en partículas pequeñas que tapan o sellan los poros y tubos capilares evitando que el agua pueda circular e infiltrarse con facilidad. García (2015) menciona que la interacción entre la solución del suelo y las partículas de suelo depende del tipo y cantidad de arcillas presentes, los cationes dominantes en suelos afectados por salinidad son: Sodio (Na^+), Calcio (Ca^{2+}), Magnesio (Mg^{2+}), Potasio (K^+) y los aniones son: Cloruro (Cl^-), Sulfato (SO_4^{-2}), Carbonato (CO_3^{-2}), Bicarbonato (HCO_3^-) y Nitratos (NO_3^-). Según Omuto et al., (2021):

Los suelos afectados por salinidad con altas cantidades de iones de sodio son conocidos como suelos sódicos. El alto contenido de iones de sodio en estos suelos causa la dispersión de arcilla y materia orgánica que se asientan en las superficies de las partículas de suelo para darles el aspecto de negro parduzco. A esta apariencia negruzca se debe el nombre de “suelos alcalinos negros” en referencia a los suelos sódicos. Cuando la arcilla dispersa se asienta entre las partículas del suelo, cubren los espacios matriciales y bloquean la infiltración del agua. Consecuentemente, los suelos sódicos tienden a permanecer anegados por extensos períodos después de la lluvia o irrigación.

En cambio, Alvarado (2019) menciona que los suelos afectados por salinidad con un alto contenido de sales solubles y un bajo contenido de iones de sodio en el complejo de intercambio, reduce la capacidad de absorción del agua por parte de las raíces y con ella los nutrientes. Se produce un aumento del potencial osmótico debido a que la planta necesita realizar un mayor consumo de energía para absorber el agua del suelo y, en consecuencia, se limita su desarrollo, su germinación y la brotación se hace más débil, lo que hace que el potencial productivo disminuya. En base a lo mencionado, los criterios de clasificación son:

8.6.1 Criterio de clasificación según la salinidad

8.6.1.1 Conductividad eléctrica.

La conductividad eléctrica (C.E) refleja la variabilidad de la salinidad en una muestra de agua, genera de manera directa cambios fisiológicos (osmorregulación) e indirecta por modificación en la composición de especies químicas.

La C.E. está relacionada con la concentración de las sales en disolución, cuya disociación genera iones capaces de transportar la corriente eléctrica. La solubilidad de

las sales en el agua depende de la temperatura, por lo que la conductividad varía en conformidad con la temperatura del agua. (Solís-Castro et al., 2018, pp. 36-37)

Este indicador se usa para determinar el daño producido por la salinidad, en este sentido existen múltiples clasificaciones de la calidad del agua en base a la C.E. A continuación, en la tabla 6 se establece el nivel de aceptabilidad y riesgo de salinización.

Tabla 6. *Relación de los valores de la C.E. y la calidad del agua.*

VALORES DE LA C.E.	CRITERIO SOBRE LA SALINIDAD	VALORES DE LA C.E.	CRITERIO SOBRE LA CALIDAD DEL AGUA
C1 < 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Baja	< 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Excelente
C2 250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Media	250-750 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Buena
C3 750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Alta	750- 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Aceptable
C4 > 2 250 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Muy Alta	2 250-5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	Dudosa
-	-	>5000 $\mu\text{S cm}^{-1}$	No aceptable

Fuente: (Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar, 2016).

8.6.1.2 Índice de Permeabilidad (PI).

El efecto del agua de riego en la permeabilidad del suelo se valora mediante el índice de Permeabilidad. Según Lingaswamy y Saxe (2015):

La permeabilidad del suelo se ve afectada por el uso a largo plazo de agua con alto contenido de sales influenciadas por Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y HCO_3^- . Altas concentraciones de sodio pueden causar daños severos al suelo, pero también por la presencia CO_3^{2-} y HCO_3^- , estos compuestos se precipitan como CaCO_3 o MgCO_3 eliminando Ca^{2+} y Mg^{2+} del agua de riego que conduce a una mayor proporción de solución de Na^+ que impide la infiltración del agua en el suelo. (p. 493)

La fórmula (5) para calcular este índice es:

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} * 100 \quad (5)$$

Donde, los iones se expresan en meq/L

La clasificación para el índice de permeabilidad se basa en lo expuesto por Balmaseda et al. (2006), cuya categorización se presenta a continuación.

Tabla 7. *Relación de los valores de PI y la calidad del agua de riego.*

PI	CRITERIO DE CALIDAD
<75	Clase I (Excelente)
25-75	Clase II (Buena)
>25	Clase III (No recomendable)

Nota: La clase I y II se clasifican como buenas para riego con 75% o más de permeabilidad máxima, la Clase III no son aptas con un 25% de permeabilidad máxima. **Fuente:** (Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar, 2016).

8.6.2 Criterios de clasificación según la sodicidad

8.6.2.1 Relación de Absorción del Sodio.

Los suelos sódicos no sólo se encuentran física y químicamente degradados sino también biológicamente. “La afectación de la estructura del suelo por cationes monovalentes como el sodio, se produce por un enriquecimiento del complejo de cambio del suelo en cuestión (sustitución de los iones calcio y magnesio por sodio)” (Abrefa Nketia et al., 2016, p. 110-111). Derivando en sistemas con tendencia a la dispersión de sólidos coloidales, susceptibilidad a la erosión, una estructura porosa intrincada e inestable con una mala circulación del agua y gases del suelo.

Como consecuencia del aumento de la concentración de las soluciones del suelo, éstos llegan a salinizarse, cuando empiezan a solubilizarse tienden a precipitar: primero lo harán las menos solubles (carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio y sulfato de calcio) e irán quedando en la solución las más solubles (cloruros y sulfatos sódicos y magnésicos y carbonato de sodio). (Garrido Valero, 1996, p. 67)

Los suelos sódicos tienen una escasa productividad, vinculada a la baja tasa de infiltración y las limitaciones de drenaje debido a su escasa e inestable microporosidad. Según Choudhary et al. (2007):

El riego a largo plazo con agua de sodio reduce significativamente las características del suelo, como el pH, la conductividad eléctrica de la extracción electroquímica, el porcentaje de la relación intercambiable de sodio del extracto de saturación, la densidad aparente y la tasa de infiltración final del suelo producto de la acumulación de sales y Na^+ . (p. 271)

El sodio afecta en el desarrollo y crecimiento vegetal. Ayers et al. (1985) mencionan que altos valores de Na^+ en el agua, también repercuten en la germinación de la semilla y dificultan la aireación del suelo enfermando la planta y sus raíces. Incluso provocan un incremento de la presión osmótica de la solución del suelo, lo cual dificulta la toma de agua por las raíces con la consecuente disminución de la disponibilidad de agua para las funciones de la planta.

Considerando lo mencionado, la toxicidad del sodio se relaciona directamente con la presencia del calcio y magnesio. Según Sadick et al. (2014):

El agua de riego con alto contenido de sodio (Na^+) puede provocar un desplazamiento de los cationes intercambiables Ca^{2+} y Mg^{2+} de los minerales arcillosos del suelo, seguido de la sustitución de los cationes por sodio. Una alta tasa de absorción de sodio

(RAS) puede hacer que las arcillas se hinchen y dispersen, formen costras, tapen los poros, impidan la penetración y aumenten el flujo superficial. (p. 193)

Los suelos sódicos se dispersan al humedecerse, formando estructuras endurecidas masivas cuando se secan, con una relación suelo-agua pobre relacionada en gran medida a la disminución de la permeabilidad, infiltración y formación de costras superficiales. (Wong et al., 2006, p. 109-110)

Indicando que altas concentraciones de sodio generan desequilibrios en la estructura del suelo por el desplazamiento de los minerales arcillosos del suelo que fomentan la floculación del material coloidal, afectan las tasas de infiltración y las condiciones de drenaje debido a su escasa e inestable macroporosidad, el suelo se compacta y dificulta la penetración del agua y el aire, incluyendo la problemática osmótica que obstaculiza la toma de agua por las raíces. El RAS se expresa a través de la siguiente ecuación (6):

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \quad (6)$$

Donde, las concentraciones de Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} son expresados en meq/L.

La siguiente tabla proporciona una interpretación de la calidad del agua de riego de acuerdo a los problemas que pueden derivar del empleo continuado de un agua con altas concentraciones de RAS.

Tabla 8. *Criterio de la calidad a partir de la RAS.*

CLASES	RAS	CRITERIO DE USO PARA LA CALIDAD	RIESGO DE SODICIDAD
S1	0-10	Excelente	Bajo
S2	10-18	Buena	Medio
S3	18-26	Dudosa	Alto
S4	>26	No recomendable	Muy alto

Fuente: (Cánovas Cuenca, 1986; Richards, 1954)

8.6.2.2 Porcentaje de Sodio Soluble.

El porcentaje de Sodio Soluble (PSS), se utiliza como indicador del peligro de sodificación de los suelos. Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar (2016) establecen que el PSS es la relación existente entre el sodio en meq/L y el total de cationes expresados también en meq/L multiplicado por 100. Aguas con un valor de PSS mayor al 60% causan acumulaciones de sodio que destruyen las propiedades físicas del suelo.

Singh et al. (1996) mencionan que el porcentaje de sodio soluble es un parámetro importante para clasificar el agua de riego en términos de permeabilidad del suelo. El ion sodio presente en el agua de riego tiende a ser intercambiado por Mg^{2+} y Ca^{2+} presentes en partículas de arcilla. Este proceso de intercambio reduce la permeabilidad del suelo y causa un drenaje

interno deficiente y el endurecimiento del suelo, lo que afecta aún más negativamente la calidad del suelo y la emergencia de las plántulas. Además, los altos niveles de sodio fomentan la combinación de sodio con cloruro y carbonatos generando salinidad y alcalinidad en los suelos. Para evaluar la calidad del agua en base al PSS se usa la ecuación (7) descrita por Todd (1995) :

$$PSS = \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} * 100 \quad (7)$$

Donde, las concentraciones de estos iones están expresados en meq/L.

A continuación, en la tabla 9 se muestran los valores del PSS para establecer el criterio de clasificación.

Tabla 9. Relación del PSS y los criterios de la calidad del agua.

PSS	CRITERIO DE USO PARA LA CALIDAD
<20	Excelente
20-40	Buena
40-60	Aceptable
60-80	Dudosa
>80	No aceptable

Fuente: (Acosta y Salvadori, 2017)

8.6.2.3 Carbonato de Sodio residual.

El cálculo de carbonato de sodio residual (CSR) es un indicador que muestra la capacidad que tiene el agua para alcalinizar el medio. Según Medina Valdovinos et al. (2016): Cuando la tendencia del calcio y magnesio es positiva estas precipitan como carbonatos, aumentando la proporción relativa de sodio presente en el suelo, es decir, aumentará el valor de RAS y el riesgo de sodificación del suelo, a pesar de no variar la cantidad de sodio presente. (pp. 56-57)

Para su cálculo se utiliza la siguiente fórmula (8)

$$CSR = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (8)$$

Donde, las concentraciones se encuentran expresadas en meq/L.

El CSR indica la peligrosidad del sodio una vez que han reaccionado los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} con los aniones CO_3^{2-} y HCO_3^- debido a que valores más altos de CSR muestran que gran parte del calcio y algunos iones de magnesio se precipitan de la solución y, por lo tanto, el porcentaje de sodio aumenta en el agua y las partículas del suelo, lo que a su vez incrementa el potencial de peligro del sodio. Uno de los criterios más usados para evaluar la calidad del agua según los resultados del indicador CSR es el establecido por Richards (1954) que menciona los peligros de alcalinización de suelos debido al uso de agua de riego bicarbonatada sódica que

conduce a una drástica disminución de la permeabilidad y favorece la aparición de enfermedades, desequilibrios nutricionales y disminución de rendimientos, la clasificación de la calidad según este indicador se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Valores de CSR relacionados con la calidad del agua para riego.

CSR	CRITERIO DE CALIDAD
<1.25	Buena
1.25-2.50	Condicionada
>2.50	No recomendable

Fuente: (Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar, 2016)

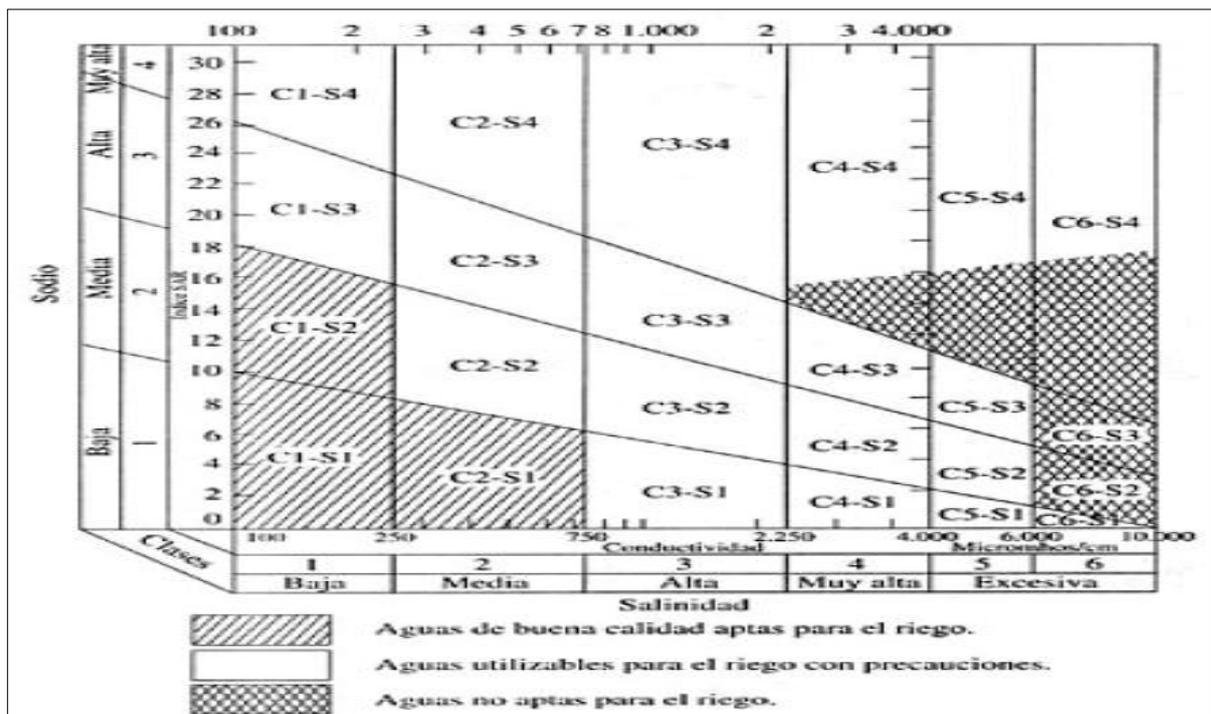
8.6.3 Diagrama de Wilcox.

El diagrama se relaciona la RAS y la Conductividad Eléctrica, con esta relación se obtiene el peligro que indica el uso del agua para riego, dependiente de las concentraciones absolutas y relativas de los principales cationes. Según Carabalí Quinteros et al. (2019):

Los valores de C.E. y RAS se ubican en nomogramas de los cuales se obtiene la clasificación de aptitud en base al nivel de salinización y sodificación, los cuales están definidos por las letras C y S, esto según las directrices del laboratorio de salinidad de EE. UU a través de la norma Riverside. (p. 5)

A continuación, en la figura 1, se muestra el diagrama nomográfico en base a la normativa antes mencionada.

Figura 1. Norma de Riverside para evaluar la calidad de las aguas de riego.



Nota: Diagrama para clasificar las aguas de riego según el U.S. Salinity Laboratory Staff (1954).

Los criterios de clasificación e interpretación de Wilcox que consideran las aptitudes del agua frente a las concentraciones de sodio y sales se pueden observar en la tabla 11.

Tabla 11. *Criterios de clasificación e interpretación considerando las aptitudes que el suelo tiene frente a la salinidad del agua.*

	CLASIFICACIÓN	CRITERIOS DE INTERPRETACIÓN
CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	C1	Agua de baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas sólo en suelos de muy baja permeabilidad.
	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 la salinidad.
	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.
	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.
RELACIÓN ABSORCIÓN SODIO	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 del suelo 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.

Fuente: (Wilcox, 1955)

8.6.4 La alcalinidad del agua de riego

La alcalinidad del agua se mide mediante una lectura del pH del agua que a su vez depende del equilibrio de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos. “Es una cantidad que resulta de la medición de un electro neutro en las soluciones donde las concentraciones del ion (Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) y el pH son constantes” (Willem Gerrit Mook, 2002, p. 102). Para la obtención de este parámetro se utiliza la siguiente fórmula (9):

$$A_T = [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}] + [\text{OH}^-] - [\text{H}^+] \quad (9)$$

Donde, las concentraciones se encuentran en mg/L

También se menciona que en condiciones estándar H^+ y OH^- son insignificantes en comparación con la concentración de especies carbónicas. Por lo tanto, es una medida que estima la concentración de iones en el agua para neutralizar un ácido. Según el Centro Canario del Agua (1999):

Los iones corresponden a la presencia de HCO_3^- , CO_3^{2-} u OH^- , todos estos compuestos resultan ser sales del ácido carbónico que proviene a su vez del anhídrido carbónico disuelto en el agua. Asimismo, pueden originar alcalinidad compuestos como los fosfatos, sulfuros o amoníaco en forma de HPO_4^{2-} , HS^- y NH_3 . (p. 4)

Aragüés (2011) afirma que valores altos de alcalinidad conducen a la pérdida de la estabilidad estructural de los suelos que se produce fundamentalmente por la dispersión y el hinchamiento de las arcillas sensibles a este proceso, lo cual reduce su capacidad para transmitir el agua (descenso de la conductividad hidráulica e infiltración). También afecta a la disponibilidad de nutrientes debido a la precipitación de los mismos, repercutiendo sobre los procesos fisiológicos ya que se pueden solubilizar elementos tóxicos como el aluminio. A continuación, se indican los valores referencia para la clasificación de aguas alcalinas establecidas en la tabla 12.

Tabla 12. Rango de clasificación según su valorización de alcalinidad

VALORACIÓN	ALCALINIDAD (mg/L CaCO_3)
Muy baja	<12.3
Baja	24.6-41
Media	41-98.4
Alta	98.4-147.6
Muy alta	>147.6

Fuente: (Centro Canario del Agua, 1999)

Las aguas que tienen valores de alcalinidad altos son consideradas indeseables debido a la dureza excesiva y la elevada concentración de sales de sodio, mientras que valores de alcalinidad bajos son susceptibles de sufrir acidificación.

8.6.5 Problemas de taponamiento en los sistemas de riego

8.6.5.1 Dureza por CaCO_3 .

Se denomina dureza total a la concentración de minerales que hay en una determinada cantidad de agua. Según Julián Soto (2010):

Las aguas naturales contienen diversas cantidades de sales, la dureza puede ser temporal o permanente, en el primer caso, el agua puede contener bicarbonato de calcio y de magnesio, hierro o magnesio. Se caracteriza por reblandecimiento debido a la ebullición, que incluye la precipitación de bicarbonato, liberación de dióxido de carbono y pérdida de valor del pH por las formaciones de ácido carbónico. (p. 168)

La dureza del agua radica en la afectación directa a los sistemas de riego, incluyendo el dinamismo de absorción del agua en suelos sódicos y compactos.

Una mayor dureza del agua, implica un elevado riesgo de precipitaciones y taponamientos del sistema de riego. Por otro lado, aguas con mucho calcio compensan las acciones negativas del sodio, por lo que al momento de rescatar suelos salinos se recomienda el empleo de aguas duras para compensar el efecto negativo del catión sodio. Las aguas muy duras no se recomiendan para suelos compactos y densos ya que no hacen nada para mejorar la permeabilidad del suelo. (Julián Soto, 2010, p. 1)

La concentración de carbonatos contenidos en el agua se puede clasificar según lo evidenciado en la tabla 13.

Tabla 13. Clasificación de la dureza según los mg/l CaCO_3

DENOMINACIÓN	mg/l de CaCO_3
Muy suaves	0-5
Suaves	16-75
Medias	76-150
Duras	150-300
Muy duras	>300

Fuente: (Centro Canario del Agua, 1999)

Se debe tomar en cuenta que mientras sean altas las concentraciones de calcio, magnesio y bicarbonatos en el agua de riego (alta dureza) aumenta el riesgo de taponamientos y el mal funcionamiento del sistema de irrigación debido a la precipitación de estos compuestos.

8.7 Calidad del agua para la protección de la flora y fauna

Proteger la calidad del agua es esencial para sustentar la vida de los ecosistemas. “La conservación y protección de las fuentes de agua debe cumplir con los objetivos de permitir el desarrollo de medidas que gestionen sosteniblemente las cuencas hidrográficas, así como tomar acciones que mantengan y mejoren los servicios ecosistémicos” (Romero et al., 2014). Los esfuerzos de los sujetos involucrados en la protección de los recursos hídricos aún se encuentran en un estado de aislamiento debido a la falta de gestión. Calle Pinzón (2012) menciona que

cuando el agua sufre cambios físicos, químicos o biológicos se produce una afectación directa al desarrollo de las especies, esto dependiendo del grado de contaminación o el grado de concentración de ciertos elementos, las principales consecuencias de la contaminación de las aguas vinculadas al riego son:

- a) **Daño a la salud de las personas:** La presencia de microorganismos patógenos y parásitos en el recurso hídrico destinado a la irrigación de cultivos, provoca enfermedades gastrointestinales debido a la ingesta de vegetales contaminados.
- b) **Daño a la salud de los animales:** Mamíferos y aves pueden presentar intoxicaciones por el consumo de aguas que contienen metales pesados, pesticidas entre otros; estos producen generalmente debilitamiento y en muchos casos muertes.
- c) **Limitaciones productivas y comerciales:** Dadas las restricciones sanitarias que prohíben el cultivo de vegetales irrigados con aguas servidas debido al tipo de contaminación bacteriológica que estas podrían producir, se prohíbe su uso para el riego de vegetales que se consumen crudos y crecen a ras de suelo como todo tipo de lechugas, achicorias, cilantros, perejil, rábanos, rabanitos, fresas, fresones, frutillas, apio, repollo, espinacas, zanahorias y berros.
- d) **Daño al entorno:** La presencia de olores desagradables, la erosión y desertificación del suelo, apariciones de síntomas fitotóxicos que disminuyen el rendimiento de los cultivos, el aumento de plagas y la contaminación general de las aguas. Conlleva a la desaparición de la flora y fauna local, perdiendo su valor turístico, paisajístico y productivo, lo que genera una pérdida general de la calidad de vida de los residentes y la clara destrucción en su autoestima al vivir en un espacio contaminado u alterado.

Acorde a los puntos mencionados la afectación directa o indirecta a la calidad de agua conlleva varias afectaciones a la flora- fauna y al ser humano, por lo tanto, es responsabilidad conservar su estado natural a las fuentes que alimentan las corrientes hídricas.

8.8 Generalidades de la influencia de la calidad del agua sobre el suelo y los cultivos

Los centros densamente poblados sin sistemas de tratamiento de aguas residuales e industriales, el uso de agroquímicos, los cambios del uso de los suelos y disminución de la cobertura vegetal, han ocasionado que las comunidades en los tramos más bajos obtengan aguas con niveles deseables fuera lo permitido por las normativas. Para la agricultura según Gómez et al. (2015) la calidad y cantidad de agua utilizada durante el desarrollo de los cultivos está influenciada por la interacción de varios elementos químicos disueltos en el agua, las

propiedades químicas del suelo o sustrato y el programa de fertilización que usa el productor, pero también se debe considerar la evaporación máxima, consumos máximos de humedad, profundidad de las raíces, la frecuencia de regadío, etc.

8.9 Procesos que deterioran la calidad del agua para el riego

Según la ONU (2014) para determinar la calidad de agua se analiza y procesa parámetros fisicoquímicos de muestras de agua según guías o estándares de calidad. Con el crecimiento de la población, la expansión de las actividades industriales, agrícolas y ganaderas, así como la amenaza del cambio climático, el deterioro de la calidad del agua se ha convertido en una preocupación mundial. Específicamente el cambio climático está provocando cambios significativos en el ciclo hidrológico debido a la agresividad, intensidad y magnitud de las precipitaciones que provoca el arrastre de material no consolidado rico en minerales, como también la deposición de humedad que genera lluvias ácidas, otra problemática a nivel mundial a considerar es la eutrofización que provoca la pérdida de oxígeno a causa del enriquecimiento de nitrógeno y fósforo que origina el crecimiento de organismos aerobios que consumen grandes cantidades de oxígeno.

La composición estructural de los canales es otro factor que podría alterar la calidad del agua puesto que aporta carbonatos y bicarbonatos lo que aumentaría la dureza del agua. Martínez (2010) argumenta que el hormigón es el principal material del cual están hechos los canales que al estar en contacto con el aire y dependiendo de la localización de la estructura, puede estar expuesto a menores o mayores niveles de dióxido de carbono en la atmósfera. Lo que motiva la liberación de cal del hormigón, ya que este compuesto es vulnerable a la reacción con el dióxido de carbono del aire que desgasta los poros del hormigón. “Una de las condiciones es que el agua limpia o blanda pueden producir efectos menos severos de meteorización en los canales de hormigón, a menos que se encuentren en zonas montañosas o por condiciones de agua ácida, ya que la presencia de rocas densas como el granito provoca el desgaste de estas estructuras y la posterior liberación de cal al medio acuoso” (Martínez, 2010).

Desde el punto de vista químico se determina que las características ambientales como la permeabilidad, régimen de lluvias, entre otros factores. Favorecen la solubilidad del sulfato y la presencia de otros iones (por ejemplo: Mg, Cl-) que modifican el grado de agresividad de la cal en el suelo. El yeso (CaSO_4 tiene una solubilidad limitada 0,2 %), mientras que los sulfatos de sodio, potasio y magnesio son mucho más solubles. Las soluciones de Na_2SO_4 son extremadamente destructivas en el hormigón sometido a ciclos de mojado y secado o a procesos de evaporación constantes. (Irassar y Maio, 2010, p. 3)

CAPITULO III

9. MARCO LEGAL

9.1 Constitución de la República del Ecuador

En el capítulo II, Derechos del Buen Vivir, se establecen las principales facultades para el acceso al agua de uso público. Así como el vivir en un ambiente sano, cuyas obligaciones de interés público radican en mantener, preservar, prevenir, recuperar los espacios naturales y ecosistemas, junto con los bienes y servicios que estos nos otorgan, garantizando la práctica del principio de sostenibilidad, descrito en los artículos 12 y 14:

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

El capítulo II, Biodiversidad y Recursos Naturales, se menciona que el recurso hídrico debe ser conservado a través de un manejo integral enfocado en la protección de las cuencas hidrográficas y caudales ecológicos, así como, controlar cualquier actividad que altere las características deseables tanto en calidad como en cantidad para el uso del agua, haciendo énfasis en las fuentes y zonas de recarga, tal y como se menciona en el siguiente artículo:

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

9.2 Código Orgánico del Ambiente

En el capítulo IV, Monitoreo y Seguimiento, se indica una de las técnicas necesarias para control ambiental como lo es el muestreo ya que verifica en base a la recolección de una proporción extraída del recurso a ser analizado, la caracterización total a través de una medición de parámetros físicos, químicos y biológicos que sirven para comparar con directrices y criterios

necesarios que condicionan u aprueban su utilización para diferentes aprovechamientos, considerando lo establecido en el siguiente artículo:

Art. 209.- Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades o institutos de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación. En el caso que en el país no existan laboratorios acreditados, la entidad nacional podrá reconocer o designar laboratorios, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén acreditados a nivel internacional.

El capítulo V, Calidad de los componentes abióticos y estado de los componentes bióticos, se menciona que para el control y seguimiento de los recursos o factores abióticos se debe realizar un monitoreo con procesos sistemáticos que recolecten, analicen y utilicen esa información para realizar correctos seguimientos al progreso espacio-temporal de la calidad del recurso hídrico, que sirvan como guías para la toma de decisiones y su correcta gestión, tomando en cuenta lo señalado a continuación:

Art. 191.- Del monitoreo de la calidad del aire, agua y suelo. La Autoridad Ambiental Nacional o el Gobierno Autónomo Descentralizado competente, en coordinación con las demás autoridades competentes, según corresponda, realizarán el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire, agua y suelo, de conformidad con las normas reglamentarias y técnicas que se expidan para el efecto. Se dictarán y actualizarán periódicamente las normas técnicas, de conformidad con las reglas establecidas en este Código. Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de la información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, a los cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción.

9.3 Reglamento al Código Orgánico del Ambiente

En el capítulo III, Mecanismos de Control y Seguimiento de la Calidad Ambiental, se indica en complementación al Código Orgánico del Ambiente la ejecución de toma de muestras en base a planes de monitoreos y la aplicación de normativa técnica de calidad.

Art. 486.- Muestreos. Es la actividad de toma de muestras con fines de evaluación y análisis de la calidad ambiental en proyectos, obras o actividades. Los Muestreos serán gestionados por los operadores para cumplir el plan de

monitoreo del plan de manejo ambiental y para determinar la calidad ambiental de una descarga, emisión, vertido o recurso. Los Muestreos deben realizarse considerando normas técnicas vigentes y supletoriamente utilizando normas o estándares aceptados internacionalmente. Para la toma de muestras de las descargas, emisiones y vertidos, el operador deberá disponer de sitios adecuados para muestreo y aforo de los mismos y proporcionará todas las facilidades e información requeridas.

9.4 Acuerdo Ministerial 097-A (Anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua)

Esta normativa establece los principios básicos y enfoque general para el control de la contaminación del recurso hídrico, incluyendo los criterios de la calidad del agua para distintos usos en base a límites permisibles, prohibiciones y disposiciones. Para el efecto se utilizará la tabla 3 que habla sobre los criterios de la calidad del agua para uso agrícola, así como la tabla 4 que establece los parámetros de los niveles de la calidad del agua de riego.

9.5 Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS.

Se establece en esta normativa las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos. Se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis, considera los siguientes ítems:

1. Manejo y conservación
2. Preparación de recipientes
3. Llenado de recipientes
4. Refrigeración y congelación de muestras
5. Transporte de muestras
6. Rotulando
7. Recepción de muestras en el laboratorio

10. PREGUNTA CIENTÍFICA

- ¿La calidad del agua que ingresa a los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y al río San Juan de Patoa debe ser considerada como apta para el uso del riego en las épocas seca y lluviosa?

11. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

11.1 Enfoque de la investigación

La metodología empleada para determinar la aptitud de la calidad del agua destinada a la irrigación, que ingresa a los canales: Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y al río San Juan de Patoa, se fundamenta en el método de recolección e interpretación del análisis de los parámetros físico-químicos y biológicos. Utilizando el índice CCME_WQI que en base a las directrices establecidas por el Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1, tabla 3 y 4 que hablan sobre los criterios y niveles de calidad del agua para riego que indican los límites máximos permisibles de coliformes fecales, elementos traza, aniones y cationes, relacionados a los efectos de salinidad y sodicidad, se ponderó tres factores asociados con el alcance, la frecuencia y magnitud de los parámetros que exceden los niveles deseables para determinar el tipo de calidad del agua usada en la irrigación de los cultivos. Además de utilizar: la Conductividad Eléctrica (C.E.) y la Relación de Absorción del Sodio (RAS) para su interpretación a través del Diagrama de Wilcox, el Porcentaje de Sodio Soluble (PSS), el Carbonato de Sodio residual (CSR) y el índice de Permeabilidad (IP),

Los muestreos se realizaron en las bocatomas de los canales y en la parte alta del río Patoa puesto a que su caudal alimenta a tres reservorios del proyecto San Juan, con el objetivo de evaluar la aptitud y calidad del agua que ingresa a estos cuerpos de agua. Los meses seleccionados para el muestreo fueron obtenidos a través de información bibliográfica basada en el periodo 1990-2014 (25 años) en el que establece dos picos bimodales de precipitación y una época seca. Siendo los meses de febrero-mayo y octubre-diciembre los que presentan una crecida del caudal producto del aumento de lluvias. En cambio, los meses de junio-septiembre son los que representan la época seca. Posteriormente se realizó una visita in-situ en el que se elaboró un diagnóstico inicial y la respectiva georreferenciación de los puntos de muestreo, utilizando el GPS y el software ArcGIS 10.8 que después sirvió para elaborar los mapas de ubicación y su clasificación espacial de resultados.

11.1.1 *Fase preparatoria*

Esta fase ha sido utilizada con el fin de aportar las directrices necesarias para la ejecución de los muestreos, además de aportar información base para la aplicación e interpretación de los índices relacionados a la aptitud del agua destinada a la irrigación.

11.1.2 *Método cuantitativo*

Se utilizó para contestar la pregunta de investigación utilizando la interpretación de los resultados del análisis de las muestras obtenidas, para luego ser aplicados en los índices que a través de ecuaciones relacionadas al incumplimiento de los límites máximos permisibles y a la

conducta iónica con otras variables, dieron ponderaciones que mediante los criterios de clasificación se estimó la aptitud del agua para su uso en específico.

11.1.2.1 Cálculo del índice CCME_WQI

Después de adquirir los resultados de las mediciones hechas en campo y obtener los informes de los resultados enviados por los laboratorios, se procedió a calcular el índice utilizando la siguiente fórmula (4):

$$CCME_{WQI} = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right) \quad (4)$$

Donde, 1.732 es una constante que regula el valor entre 0 y 100 que clasifica la calidad del agua.

Para su cálculo se aplica las fórmulas (1), (2), (3), (3.1) y (3.2) expresadas a continuación:

F1 (alcance), este factor indica el porcentaje del número de parámetros que incumplieron con los límites establecidos por la normativa, respecto al total de parámetros evaluados.

$$F1 = \frac{\# \text{ de parámetros que no cumplen el AM 097A}}{\# \text{ total de parámetros}} * 100 \quad (1)$$

F2 (frecuencia), representa el porcentaje de datos individuales de cada parámetro que no cumplieron con la directriz de calidad.

$$F2 = \frac{\# \text{ de test fallidos}}{\# \text{ Total de datos}} * 100 \quad (2)$$

F3 (Amplitud), corresponde a la magnitud de la desviación que existe entre los datos obtenidos y el límite de referencia, hallándose en tres partes:

- 1) Se calcula la excursión que es el número de veces en las cuales el valor fallido es mayor al rango permisible.

$$Excursión = \left(\frac{\text{Valor excedido del rango}}{\text{Rango}} \right) - 1 \quad (3.1)$$

- 2) Posteriormente se estima la suma normalizada de excursión (nse) cuyo valor se obtiene de la excursión y se divide para el total de datos.

$$nse = \frac{\Sigma \text{excursión}}{\text{Total de datos}} \quad (3.2)$$

- 3) Con los valores de excursión y la suma normalizada de excursión (nse) se calcula la amplitud (F3).

$$F3 = \frac{nse}{0.01(nse) + 0.01} * 100 \quad (3)$$

La comparativa de los resultados se los realizan a través de las siguientes cinco categorías:

Tabla 14. *Categorías de clasificación según CCME.*

CALIDAD	RANGO
Excelente	95-100
Bueno	94-80
Justo	65-79
Marginal	45-64
Pobre	0-44

Fuente: (CCME, 2017)

11.1.2.2 Diagrama de Wilcox

Este nomograma utiliza la clasificación del laboratorio de Salinidad de Riverside propuestos por Richards (1954) en el que se utiliza la conductividad eléctrica para clasificar el peligro de la salinización usando los criterios descritos en la tabla 15:

Tabla 15. *Peligro de salinización y restricciones de uso según el laboratorio Riverside.*

CLASES	PELIGRO DE SALINIZACIÓN	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$	RESTRICCIÓN DE USO
C1	Bajo	<250	Apta
C2	Moderado	250-750	Apta
C3	Medio	750-2250	Apta con precauciones
C4	Alto	2250-4000	Apta con precauciones
C5	Muy alto	4000-6000	No Apta
C6	Excesivo	>6000	No Apta

Fuente: (Acosta y Salvadori, 2017)

Como indicador de sodicidad se manejó la clasificación del laboratorio de Salinidad de Riverside que divide la peligrosidad de alcalinizar el suelo por el uso del agua de riego a través del RAS_{normal} , utilizando la fórmula (6):

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}} \quad (6)$$

Expresada en meq/L, cuya clasificación se evidencia en la tabla 16:

Tabla 16. *Peligro de sodicidad y restricciones de uso según el laboratorio Riverside.*

CLASES	RAS	PELIGRO DE SODICIDAD	RESTRICCIÓN DE USO
S1	0-10	Baja	Apta
S2	10-18	Mediana	Apta con precauciones
S3	18-26	Alta	Apta con precauciones
S4	>26	Muy alta	No apta

Fuente: Acosta y Salvadori (2017)

11.1.2.3 Porcentaje de sodio soluble (PSS)

El PSS se calcula mediante la ecuación (7):

$$PSS = \frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+ + K^+} * 100 \quad (7)$$

Donde, todos los iones se expresan en meq/L y su calidad se clasifica en la tabla 17:

Tabla 17. PSS y sus criterios de la calidad del agua.

PSS	CRITERIO DE USO PARA LA CALIDAD
<20	Excelente
20-40	Buena
40-60	Aceptable
60-80	Dudosa
>80	No aceptable

Fuente: (Gómez Castellón et al., 2015)

11.1.2.4 Carbonato de Sodio Residual (CSR)

Para su cálculo se utiliza la fórmula (8):

$$CSR = (HCO_3^- + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+}) \quad (8)$$

Donde, todos los iones se expresan en meq/L y su calidad se clasifica en la tabla 18:

Tabla 18. CSR y su relación con la calidad del agua para riego.

CSR	CRITERIO DE CALIDAD
<1.25	Buena
1.25-2.50	Condicionada
>2.50	No recomendable

Fuente: (Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar, 2016)

11.1.2.5 Índice de permeabilidad

La fórmula (5) para calcular este índice es:

$$PI = \frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} * 100 \quad (5)$$

Donde, los iones se expresan en meq/L y su clasificación se muestra en la tabla 19.

Tabla 19. PI y la calidad del agua de riego.

PI	CRITERIO DE CALIDAD
<75	Clase I (Excelente)
25-75	Clase II (Buena)
>25	Clase III (No recomendable)

Fuente: (Puñales Tartabull y Betancourt Aguilar, 2016)

11.1.2.6 Alcalinidad por CaCO₃

Para determinar este parámetro se utilizó la siguiente fórmula (9):

$$A_{lc} = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [OH^-] \quad (9)$$

Donde, las unidades son expresadas en mg/L y cuyo criterio de clasificación se muestra en la tabla 20.

Tabla 20. Valores de referencia para la clasificación de alcalinidad.

VALORACIÓN	Alc (mg/L CaCO ₃)
Muy baja	< 12.3
Baja	24.6 – 41
Media	41 – 98.4
Alta	98.4 – 147.6
Muy alta	> 147.6

Fuente: (Centro Canario del Agua, 1999)

11.1.2.7 Dureza por CaCO₃

Para establecer este indicador se utilizó la fórmula (10) propuesta por Custodio y Llamas (1983) y cuyo criterio de clasificación se muestra en la tabla 13:

$$D \text{ (mg/L CaCO}_3\text{)} = \left(\frac{Ca}{20} + \frac{Mg}{12} \right) * 50 \quad (10)$$

11.1.3 Investigación documental

Esta investigación nos permitió construir el marco teórico y conceptual, a través de documentos de información científica, informes de investigación, informes técnicos, revistas científicas, tesis de pregrado y posgrado, documentos municipales, libros, website, etc. La información recolectada ayudo a sustentar el análisis de cada componente que incluye la presente investigación, así como aproximar la realidad de la calidad del agua de cada punto de muestreo en las épocas seca y lluviosa.

11.2 Técnica de campo

Esta técnica fue aplicada a través del monitoreo in situ de los cuerpos de agua, esto nos permitió realizar el muestreo de los seis puntos para obtener los resultados y así comprender la situación actual de los sitios de estudio.

11.2.1 Toma de muestras del agua

Según lo establece la NTE INEN 5667-3 (2014) se debe considerar dos aspectos; la selección del sitio de muestreo (es decir: la localización de la sección transversal de muestreo dentro de la cuenca de un río, el río o la corriente) y la identificación del sitio exacto del punto de muestreo. Para el efecto, existen tres dimensionamientos que influyen en el curso de una corriente, siendo:

- Verticalmente (de arriba hacia abajo)
- Lateralmente (de un lado a otro)

- Longitudinalmente (nivelando los picos y hondonadas en la concentración de los componentes de los efluentes a medida que el agua pasa corriente abajo)

Para la selección de los puntos de muestreo que influyen directamente con la representatividad de la muestra, es necesario establecer la distancia a la cual los efluentes se mezclan en los tres dimensionamientos, normalmente una corriente lotica no necesita ser sometida a muestreos a más de una profundidad. Los puntos seleccionados presentan esas tres características de mezclado, debido a que los cuerpos de agua artificial del que se extrajeron las muestras, ya que captan y distribuyen recurso provienen de un cause principal. Además, la canalización del flujo superficial en estas infraestructuras no muestra indicios de algún tipo de objeto que altere la corriente y provoque turbulencias. En cambio, el punto ubicado en el río Patoa que posee aguas que van a parar a los tres reservorios del proyecto San Juan, se valoró la regularidad (sin turbulencia), accesibilidad y uniformidad en profundidad, permitiéndonos observar la calidad del recurso hídrico en el punto referencial aguas arriba de estas tres infraestructuras que captan, almacén y distribuyen el recurso hídrico al cantón Pujilí.

De manera que, se evitó áreas de turbulencia excesiva, considerando una profundidad, velocidad de la corriente, distancia de la separación de las dos orillas (centro de la corriente) y frente a la dirección opuesta del flujo del cuerpo de agua, mientras que para el llenado de los recipientes se ocupó un espacio alrededor del 1% de la capacidad del envase (espacio de cabeza) para permitir la expansión de la muestra.

11.2.2 Técnica de recolección de muestras de agua para el análisis Físico – Químico y Biológico

Se cumplió los procedimientos establecidos por el Servicio Ecuatoriano de Normalización, señalados en la normativa técnica NTE INEN 2176-1 (2013) que indica la guía sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis del control de la calidad de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales. Seleccionando la recolección de muestras denomina puntual para la realización del presente estudio, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Los frascos requeridos deben ser de polietileno (preferencia primer uso) o vidrio ámbar, los cuales deben estar limpios y secos para evitar contaminación cruzada, en cumplimiento con los requisitos de la NTE INEN 2169:2013.
- b. Calibración del Conductímetro.
- c. Almacenamiento de las muestras a baja temperatura con recipientes térmicos y/o preservación con químicos para mantener su integridad durante el transporte, hasta su entrega al laboratorio.

- d. Los preservantes químicos utilizados son: ácido nítrico, sulfúrico e hidróxido de sodio.
- e. Llenar los registros de cada muestra recolectada (ficha de muestreo/cadena de custodia) e identificación de cada frasco (etiquetado/rotulado).
- f. La indumentaria de protección del personal que realizará el muestreo deberá estar constituida por camisa jean, pantalón, gorra, casaca (zona sierra), impermeable, guantes de jebe y quirúrgicos.
- g. Se debe tener materiales de campo, como: recipiente, GPS, reloj, caja térmica o ice pack, goteros para la adición de los preservantes en la muestra.

11.2.3 Preservación de las muestras de agua

Para la preservación de la muestra se usó acidificantes según lo señalado por la NTE-INEN 2169:2013 según cada analito, posteriormente se cerró herméticamente los frascos que para mayor seguridad encintamos las tapas para evitar cualquier derrame de las muestras, ver anexo F y fotografía 2.

11.2.4 Medición de parámetros en el campo

El parámetro medido en campo fue la C.E, utilizando el medidor de bolsillo básico HoneForest HFTDS-G7. Antes de cada medición se realizó la respectiva calibración del equipo con las recomendaciones emitidas por el fabricante, haciendo uso de la solución de KCL con un rango de 1413 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Realizando seis mediciones en campo, utilizando su promedio para la interpretación de los resultados, ver anexo B.

11.2.5 Identificación de las muestras de agua

Los recipientes fueron identificados antes de la toma de muestra con su respectiva etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual fue protegida con cinta adhesiva transparente, conteniendo la siguiente información:

- Número de muestra (referido al orden de toma de la muestra).
- Código de identificación (punto de muestreo).
- Origen de la fuente (superficial, subterránea).
- Descripción del punto de muestreo.
- Fecha y hora de la toma de la muestra.
- Preservación realizada, tipo de preservante utilizado.
- Nombre del Cliente
- Nombre del responsable del muestreo.

11.2.6 Conservación y envío de las muestras de agua

Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (Coolers), con un intervalo de temperatura de 4° hasta 10°C según lo recomendado por los laboratorios CICAM y ANAVANLAB, también, fueron preservados con los acidificantes indicados por la NTE INEN-ISO 2169:2013. Los recipientes de vidrio y plástico fueron embalados con cuidado para evitar rupturas y derrames, las muestras recolectadas para el análisis físico-químico se entregaron al laboratorio dentro de las 24 horas una vez realizado el muestreo, para las muestras destinadas al análisis microbiológico de coliformes fecales la entrega fue hecha en menos de 6 horas después de ser ejecutado el muestreo. Además, para el ingreso al laboratorio las muestras fueron entregadas junto con la ficha de cadena de custodia y el oficio de requerimiento de la dirección de riego y drenaje del GAD provincial, ver anexo B.

11.3 Frecuencia del Monitoreo

La frecuencia de muestreo se establece de acuerdo a la estacionalidad debiéndose realizar el muestreo en época seca y lluviosa, a fin de obtener una variación temporal de la calidad del agua. Considerando que los sitios de estudios se encuentran ubicados en la subcuenca del río Cutuchi, se ha tomado como referencia el régimen hidrológico de este cuerpo de agua. Según Yupa et al. (2020):

En el río Cutuchi entre las coordenadas 1,07°S y 78,6°O el caudal máximo observado para un periodo de 25 años fue 40,9 m³ /s en mayo del año 2000 y el mínimo (2,72 m³ /s) fue en agosto del año 1990. De igual manera la precipitación mostró dos picos (bimodal), que va de febrero - mayo, seguida de otro pico menor de lluvia (octubre-diciembre) y una época seca (junio-septiembre). (p. 41)

Los puntos de muestreo ubicados en el canal Alumis y Jiménez Cevallos se encuentran localizados en la parte alta de este río, específicamente en las parroquias de Pastocalle y Tanicuchi. Considerando que el nacimiento de este río proviene del volcán Cotopaxi, los niveles del caudal de este cuerpo de agua no están asociados en su totalidad a los regímenes de precipitaciones. Según Yupa et al. (2020):

La correlación entre precipitaciones y caudales anuales es significativa, donde la precipitación explica al menos el 75% de los caudales registrados ($p < 0,01$), con un coeficiente de determinación 0,57, es decir, los años con altas precipitaciones se evidencia un mayor flujo en el río Cutuchi. No obstante, la bondad de ajuste del modelo estadístico no es la adecuada ($R^2 < 0,7$), al ser un río que nace del volcán Cotopaxi la fluctuación del caudal puede estar influenciado por una mayor fusión de nieve en periodos secos y una mayor cantidad de nieve acumulada durante años húmedos. (p. 42)

Determinando que el nivel del flujo de agua que circula en este río no solo se vincula a la presencia de épocas de lluvia, más bien el 25% del caudal de este río se asocia a los glaciares del volcán Cotopaxi que en épocas secas y producto del aumento de la temperatura, estos se derriten lo que lleva a un aumento del flujo del agua superficial. Por ende, los análisis de estos puntos por épocas no están asociadas directamente y en su totalidad a la estacionalidad hidrológica de la época seca.

11.4 Instrumentos

11.4.1 *Libreta de campo*

Ayudó con el registro de los datos obtenidos en campo, como las coordenadas, actividades que se desarrollan en la zona y los parámetros obtenidos de manera in-situ.

11.4.2 *GPS*

Permitió establecer las coordenadas geográficas (WGS84/UTM Zone 17S) de los seis puntos de muestreo.

11.4.3 *Medidor de la conductividad eléctrica*

Se utilizó el Conductímetro de bolsillo básico HoneForest HFTDS-G7, cuyas características son:

- Rango: 0 – 9990 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y precisión $\pm 2\%$ a fondo de escala.
- Calibración manual a un punto.
- Compensación automática de temperatura de 0.1 a 50 °C.
- Electrodo fijo.
- Alimentación: 4 baterías 1,5V tipo LR44.
- Dimensiones: 160 x 29 x 15 mm, peso 46g.

11.4.4 *Ficha de muestreo (cadena de custodia)*

Este documento se utilizó para dar validez a la recolección, manejo y transporte de las muestras, aquí se anotó la fecha y hora del muestreo, coordenadas del punto, codificación de las muestras, cliente, temperatura ambiente, ácidos preservantes utilizados, condiciones meteorológicas generales y la conductividad eléctrica obtenida.

11.4.5 *Fotografías*

Se registró el trabajo hecho en campo y forma parte de los anexos.

11.4.6 *Internet*

Se utilizó como fuente principal para la obtención de la información referencial del estudio debido a su accesibilidad.

12. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

12.1 Ubicación de los sitios de estudio

Para determinar la ubicación de los sitios de estudio se tomaron en consideración las bocatomas de los canales estatales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Martínez y Belisario Quevedo, estas infraestructuras captan una parte del caudal de la corriente principal del río que los alimenta y que para uso de riego son de gran importancia, ya que, al no existir lluvia útil en ciertas épocas del año, el aprovechamiento de las aguas por escorrentía superficial es indispensable para el desarrollo de las actividades agrícolas que benefician a un total de 3 776 habitantes correspondiendo a 14 267 hectáreas .

El otro sitio de estudio se realizó en el río Patoa que alimenta a los tres reservorios del proyecto San Juan que almacena 52 000 m³ de agua y favorecen a siete ramales con un total 400 hectáreas que corresponden a 1000 habitantes beneficiados, siendo un punto importante de abastecimiento de líquido vital, puesto a que el cantón de Pujilí sufre de escasez de recurso hídrico por la sequía en los caudales de sus ríos, mientras, aquellos sectores donde se cuenta con agua se experimenta una baja presión. De manera que, según lo planteado por el proyecto YAKUPAK WASI de la Dirección de Riego y Drenaje de la Provincia de Cotopaxi, los puntos seleccionados para el muestreo presentan las siguientes coordenadas:

Tabla 21. *Ubicación de los puntos de muestreo.*

COORDENADAS (WGS84/UTM Zone 17S)				
Puntos	X	Y	Altitud	Lugar
P1	765503	9895661	2750	Canal estatal Jiménez Cevallos
P2	766109	9918431	3028	Canal estatal Norte
P3	770970	9924195	3210	Canal estatal Alumis
P4	751307	9893401	3136	río Patoa
P5	755481	9881925	3065	Canal Martínez
P6	771520	9895783	2940	Canal Belisario Quevedo

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

12.1.1 Descripción de los sitios de estudio

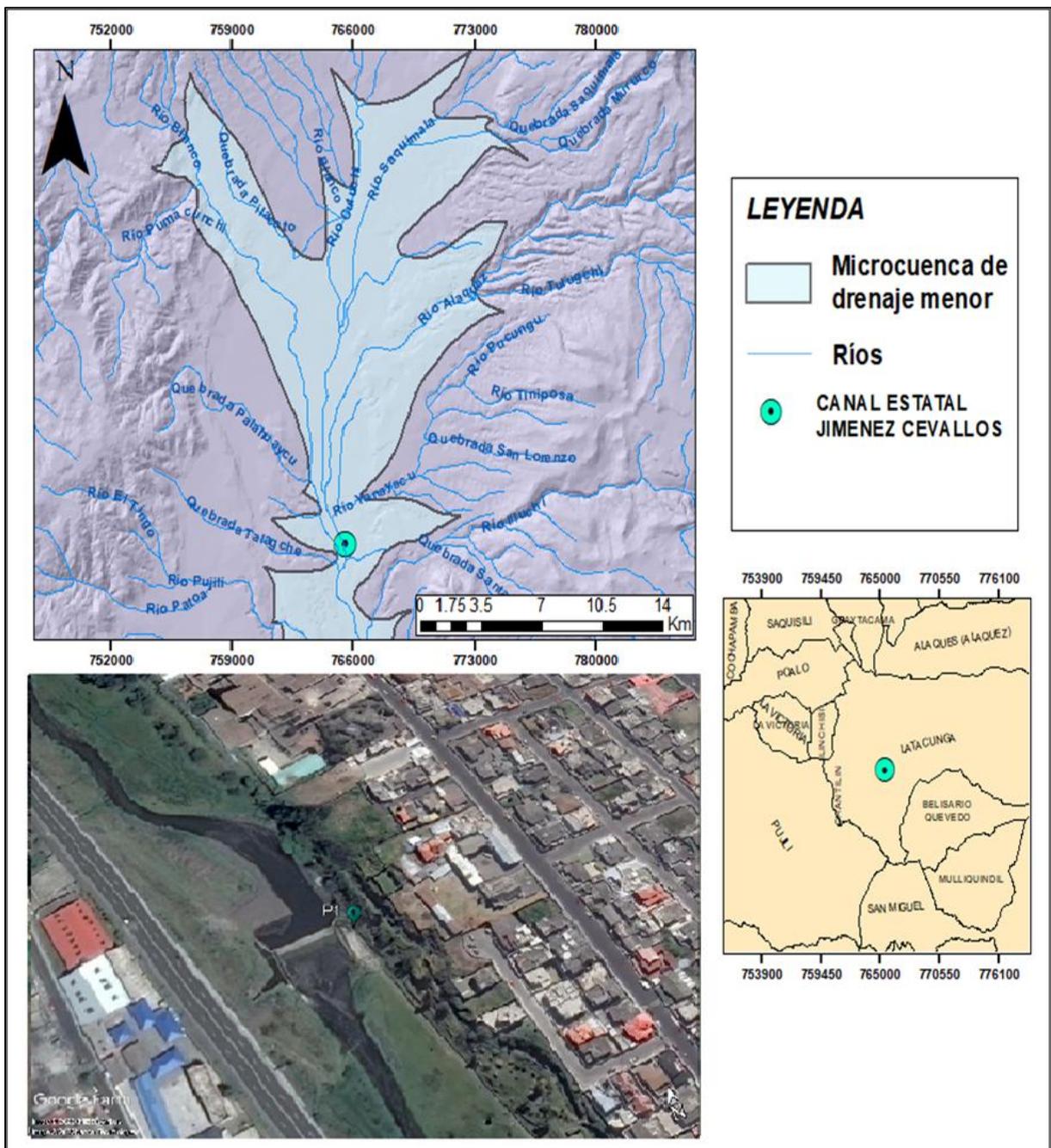
12.1.1.1 Canal estatal Jiménez Cevallos.

El canal estatal Jiménez Cevallos se encuentra ubicado en el cantón Latacunga, parroquia Belisario Quevedo perteneciente a la subcuenca del río Cutuchi. Esta infraestructura artificial lotica de concreto que capta y distribuye el recurso hídrico proveniente del río Cutuchi que nace del volcán Cotopaxi. Según Bustamante Troya (2012):

El río Cutuchi es uno de los principales ejes hidrográficos de la zona central de la sierra ecuatoriana. Recibe, aguas de los ríos Tomacuntze, Pumacunchi, Yanayacu, Cunuyacu, Illuchi, Aláquez y es alimentado en la parte sureste por el río Isinche, posee un escurrimiento en sentido norte-sur, con una pendiente que fluctúa entre el 8,8%. (p. 47)

En su recorrido este río recibe fuertes descargas de origen doméstico e industrial que condicionan el uso de esta agua. Este canal irriga 625 ha que benefician a 740 regantes, evidenciado, que este cuerpo de agua capta recurso hídrico de tipo residual para la irrigación de los cultivos.

Figura 2. Ubicación del punto de muestreo en el canal Jiménez Cevallos.

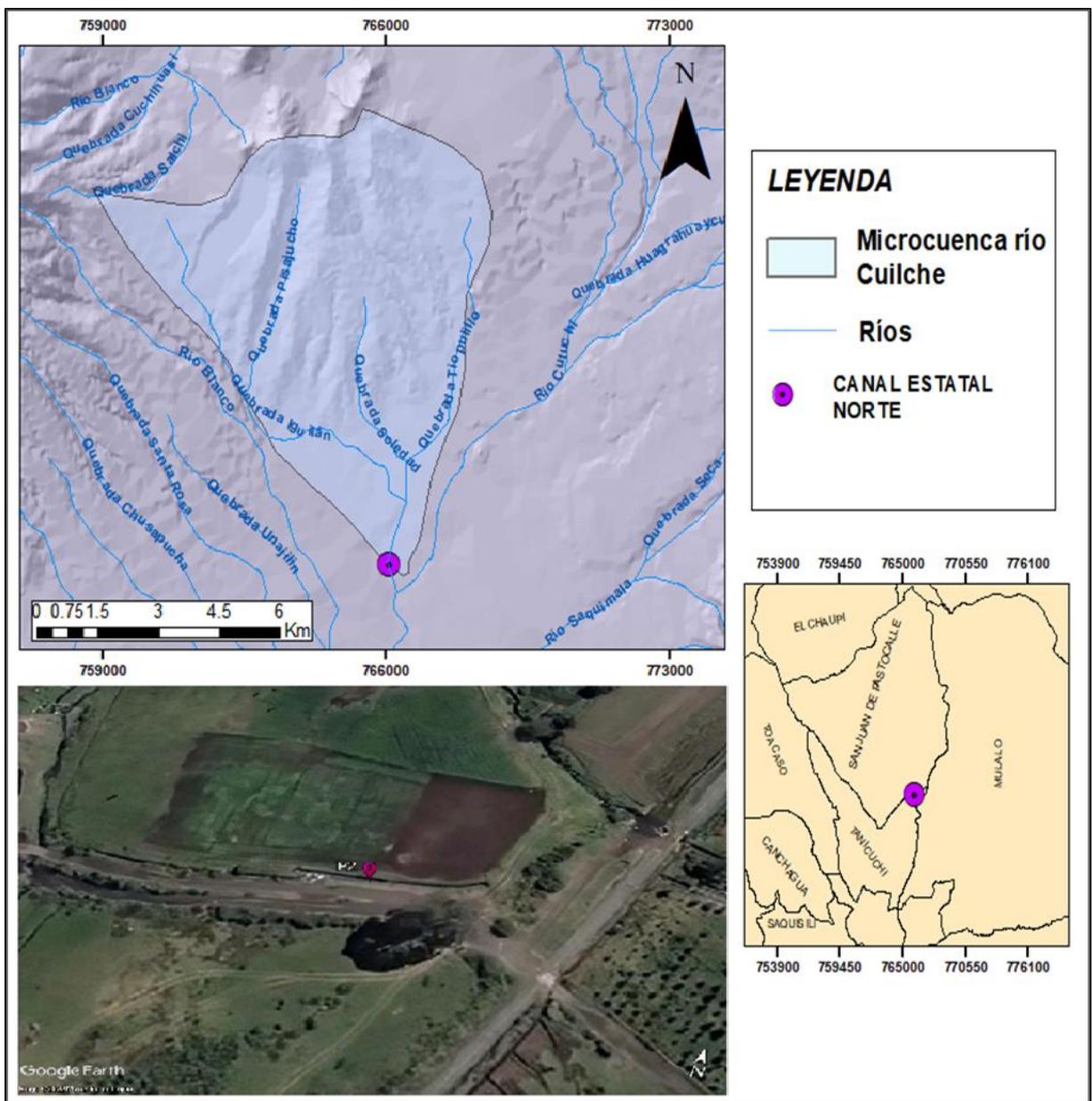


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

12.1.1.2 Canal estatal Norte.

El Canal Estatal Norte, cuya estructura está compuesta de hormigón, se encuentra en la parroquia de Tanicuchi y capta recurso hídrico de las quebradas Soledad, Iguilán y Tiopilillo, se encuentra ubicado al noroeste de la provincia de Cotopaxi sentido Latacunga-Quito. El caudal de este canal de riego tiene la capacidad de 630 l/s que benefician a 1 800 personas de los barrios Río Blanco Alto, Río Blanco Bajo (Lasso) el Vergel, Santa Ana, Cajón de Veracruz, Rayo Cruz, Coba, Santa Clara, Sandoval, El Calvario, La Floresta, San Pedro, San Andrés y San José, que contemplan 12 500 hectáreas. A continuación, en la Figura 3 se muestra su mapa de ubicación.

Figura 3. Ubicación del punto de muestreo en el canal Norte.

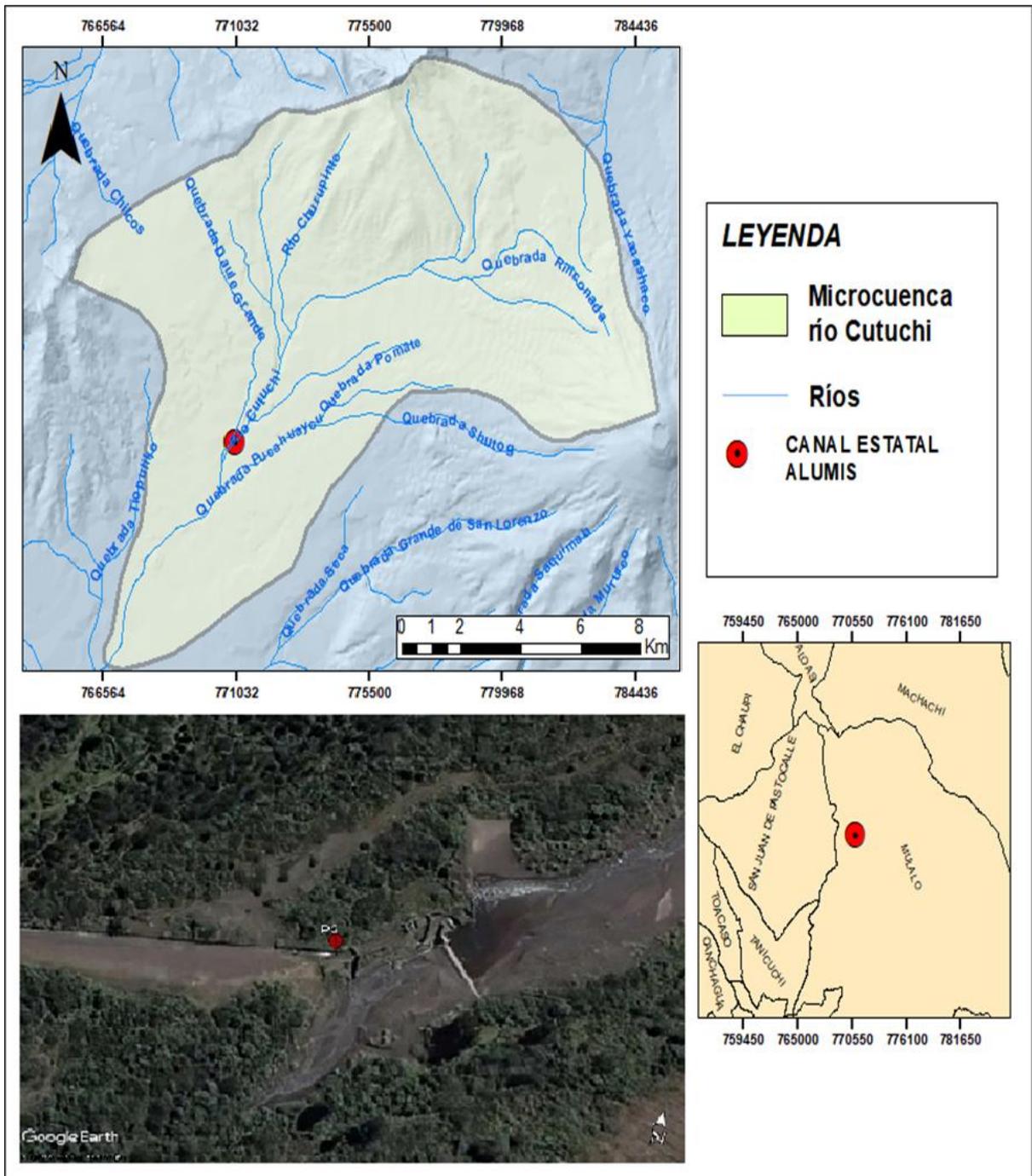


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

12.1.1.3 Canal estatal Alumis.

Este canal cuya estructura está compuesta de hormigón, se encuentra ubicado al norte de la provincia de Cotopaxi, en la parroquia de Pastocalle. Capta y distribuye el agua del río cutuchi y tiene un caudal de 800 l/s que benefician a 1 165 habitantes del Chasqui, Yacupungo, Boliche, Cuilche Miño, Cuilche Salas, Progreso, Mino San Antonio, Río Blanco Alto, Río Blanco de Mena y Santa Ana, irrigando 1 500 hectáreas. A continuación, se muestra su mapa de ubicación.

Figura 4. Ubicación del punto de muestreo en el canal Alumis.

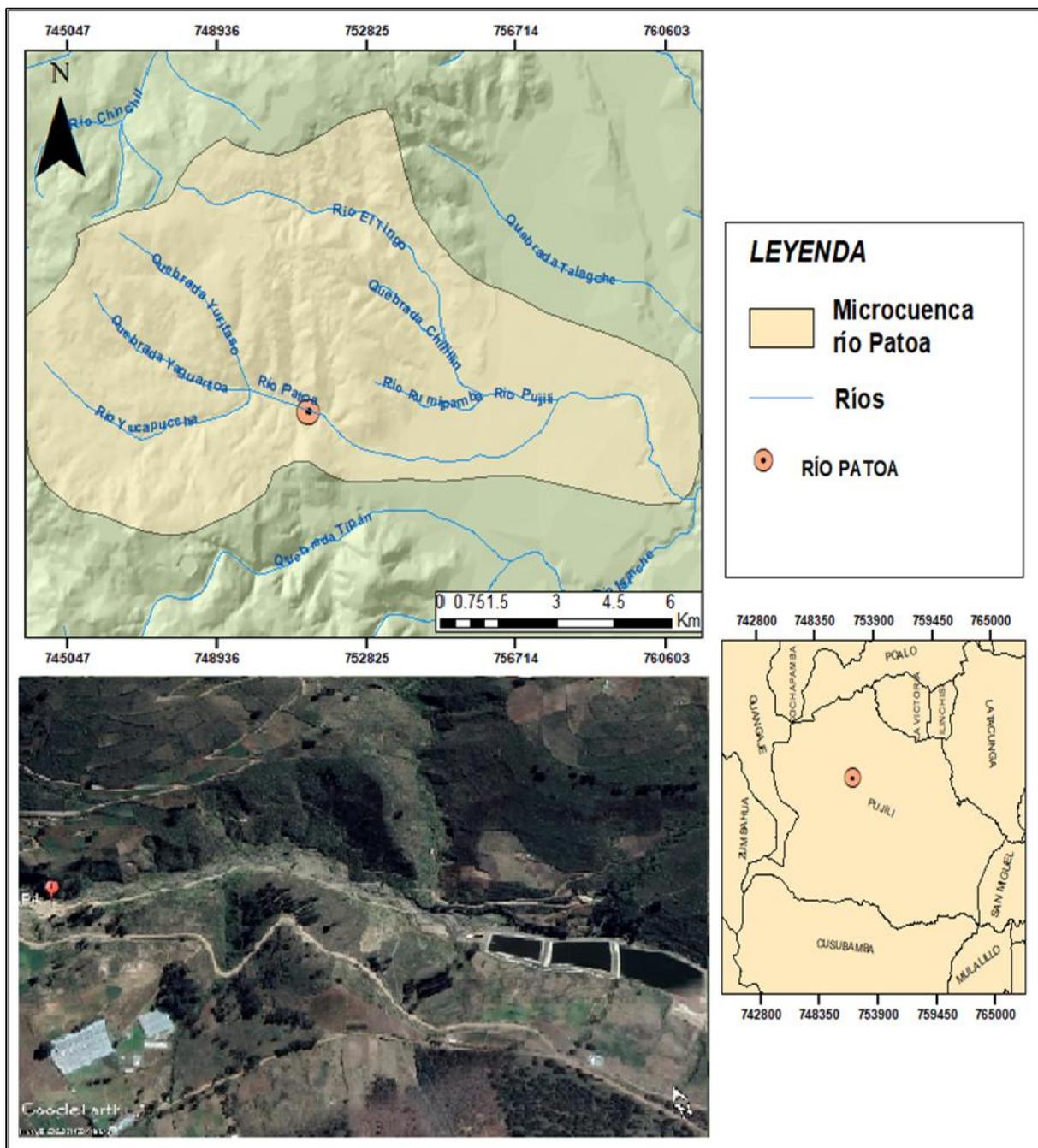


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

12.1.1.4 Río Patoa.

El río Patoa tiene una longitud de 14,34 km, posee un tipo de corriente perenne y se encuentra ubicado en el Cantón de Pujilí. Este río alimenta a tres reservorios del proyecto San Juan que tienen la capacidad de distribuir un caudal de 51,75 l/s, beneficiando a 400 hectáreas que dan un total de 1000 usuarios de siete ramales: Jesús del Gran Poder, Molinas san Juan, Isinche Grande, León Zambrano, Ovalo 7, Acequia Salazar y Patoa de Vacas. A continuación, se muestra su mapa de ubicación.

Figura 5. Ubicación del punto de muestreo en el río Patoa.

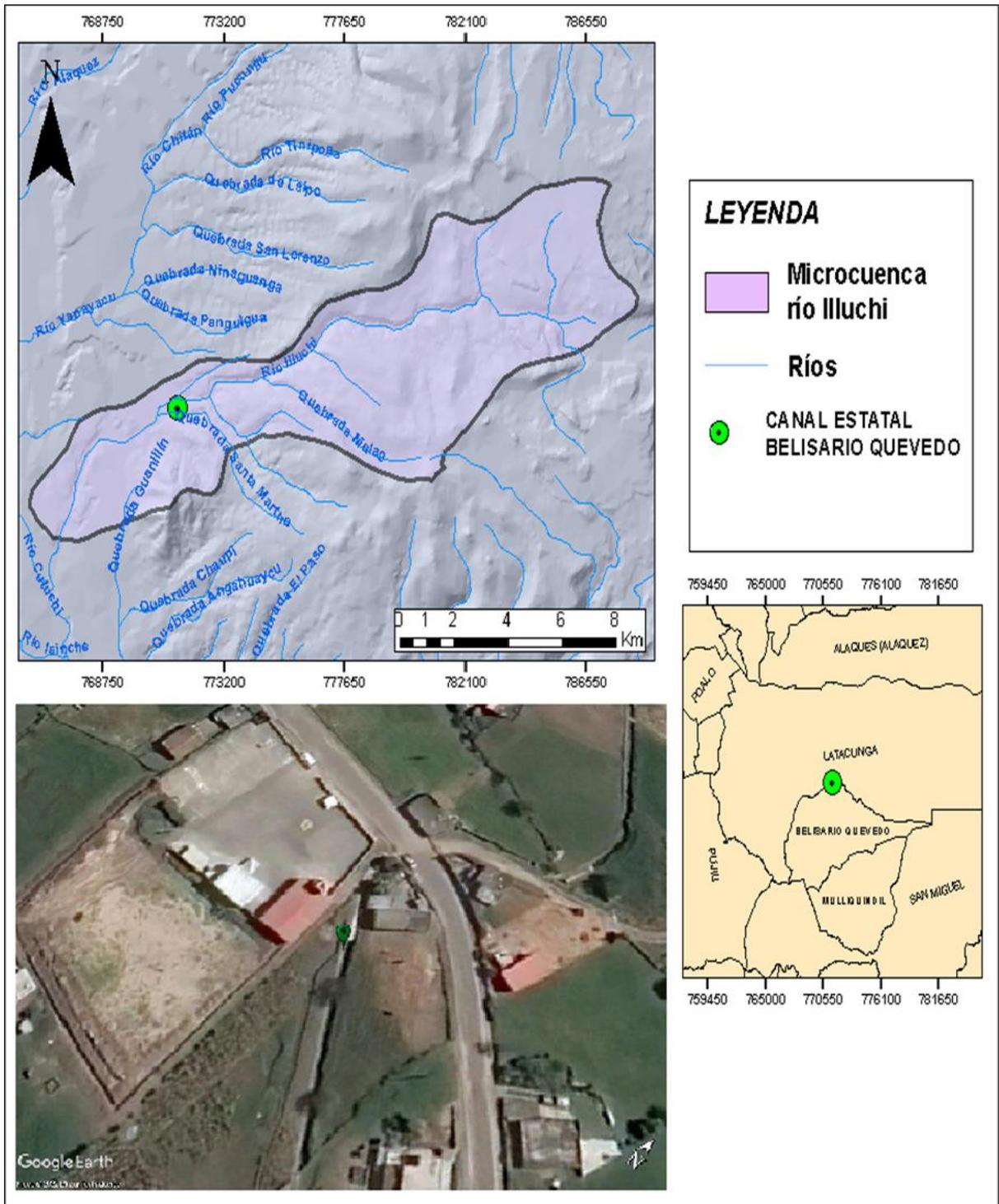


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

12.1.1.6 Canal Belisario Quevedo.

El canal de riego Belisario Quevedo está ubicado en el cantón Latacunga, parroquia Belisario Quevedo en las faldas del cerro Putzaluhua. Este canal cuya estructura está compuesta de hormigón, posee un caudal de 543 l/s que irrigan 82 hectáreas, como se ve en la figura 7 de su mapa de ubicación.

Figura 7. Ubicación del punto de muestreo en el Canal Belisario Quevedo.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022).

CAPITULO IV

13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

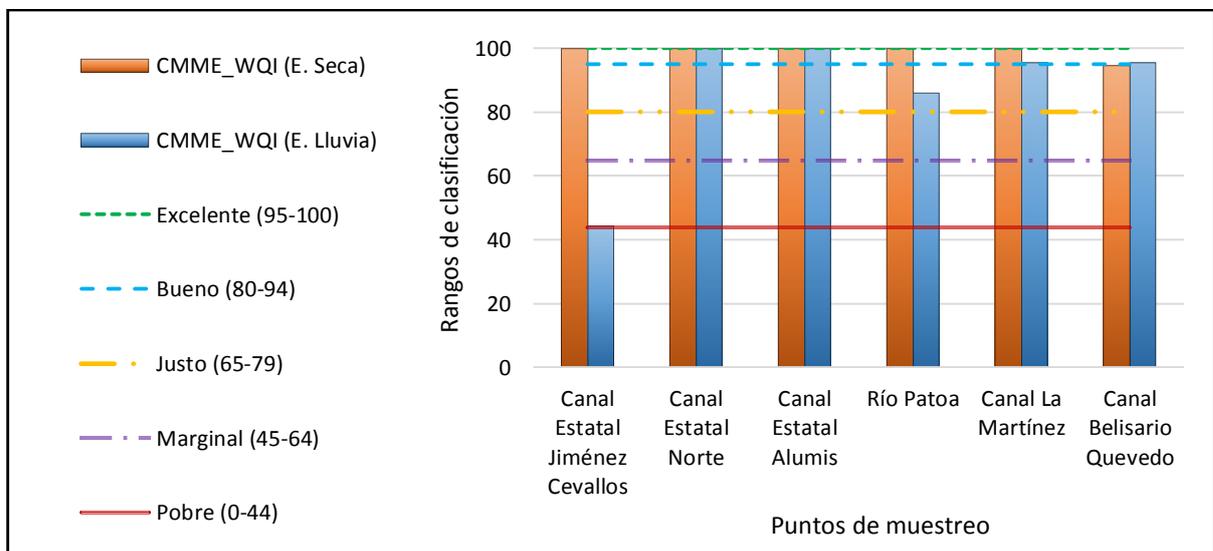
Los puntos de muestreo se describen en la tabla 21, así como los resultados de los análisis se muestran en el anexo B, tabla 24 y 25.

13.1 Índice CCME_WQI

Para la aplicación de este índice se consideró la normativa ecuatoriana del Acuerdo Ministerial 097-A, Anexo 1, tabla 3 y 4. Que recoge los criterios de tolerancia de los cultivos frente a elementos traza y el grado de restricción ante la presencia de aniones y cationes que ocasionan riesgos de salinidad (problemas de infiltración del agua en el suelo), toxicidad (afectación a la sensibilidad de los cultivos) y efectos misceláneos sobre cultivos susceptibles. Basándose en la ponderación de tres factores vinculados al cumplimiento de los límites máximos permisibles de cada parámetro descritos en la tabla 26.

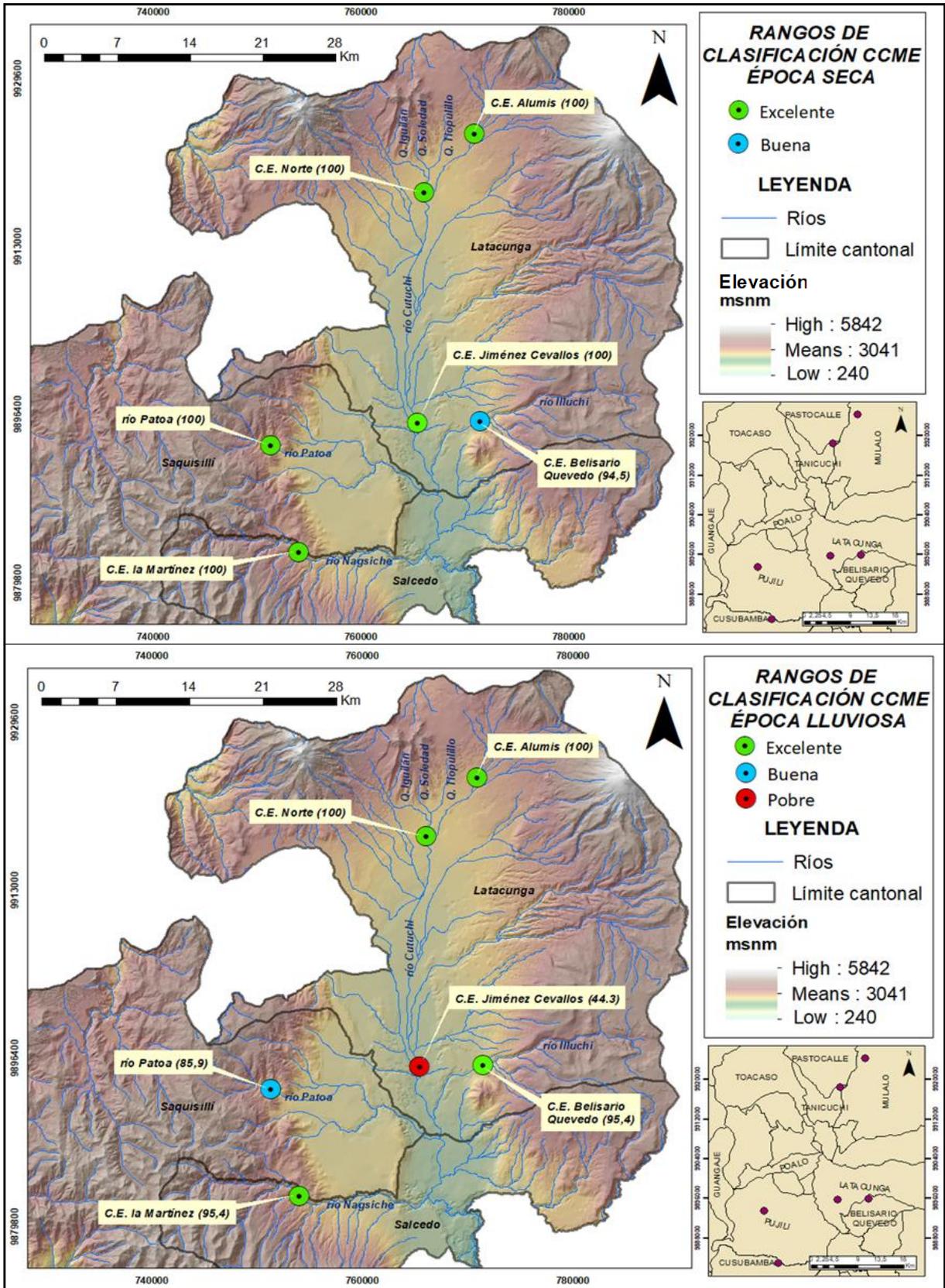
Los resultados reflejan que la época seca los puntos; P1, canal Jiménez Cevallos; P2, canal estatal Norte; P3, canal estatal Alumis; P4, río Patoa que alimenta a los tres reservorios del proyecto San Juan y el canal la Martínez (P5) poseen un puntaje de 100 situándose en la calidad de agua excelente. Mientras, el canal Belisario Quevedo (P6) con un valor de 94,5 se ubica en la calidad de buena. Para la época lluviosa los puntos; P2, canal estatal el Norte; P3, canal estatal Alumis; P5, canal la Martínez y P6 canal Belisario Quevedo, muestran una calidad del agua excelente, el río Patoa (P4) tiene una clasificación de calidad buena con un puntaje de 85,9. En cambio, el canal Jiménez Cevallos (P1) a diferencia de la época seca se muestra un valor de 44.3 teniendo una calidad de agua pobre, evidenciados en la figura 8 y 9.

Figura 8. Clasificación de la calidad del agua de los seis cuerpos hídricos destinados a la irrigación.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022).

Figura 9. Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el índice CCME en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

13.2 Diagrama de Wilcox

Este nomograma utiliza la relación entre la Relación de Absorción de Sodio (RAS) y la Conductividad eléctrica (C.E.), la influencia del ion sodio en el agua, provoca cambios y la degradación progresiva de la estructura y permeabilidad del suelo, que inducen a problemas de infiltración debido a su compactación.

Cuanto más alta sea la salinidad, menor es el efecto que tiene el sodio sobre la estructura morfológica del suelo, si las concentraciones de sodio en relación al calcio y magnesio son elevadas, va a existir un mayor riesgo de pérdidas estructurales edáficas. Mientras, que la C.E. refleja la variabilidad de sales en una muestra de agua, altas concentraciones generan de manera directa cambios fisiológicos e indirecta por modificación en la composición de especies químicas que inducen a problemas de toxicidad, cuyos resultados se encuentran descritos en la tabla 22 y 27.

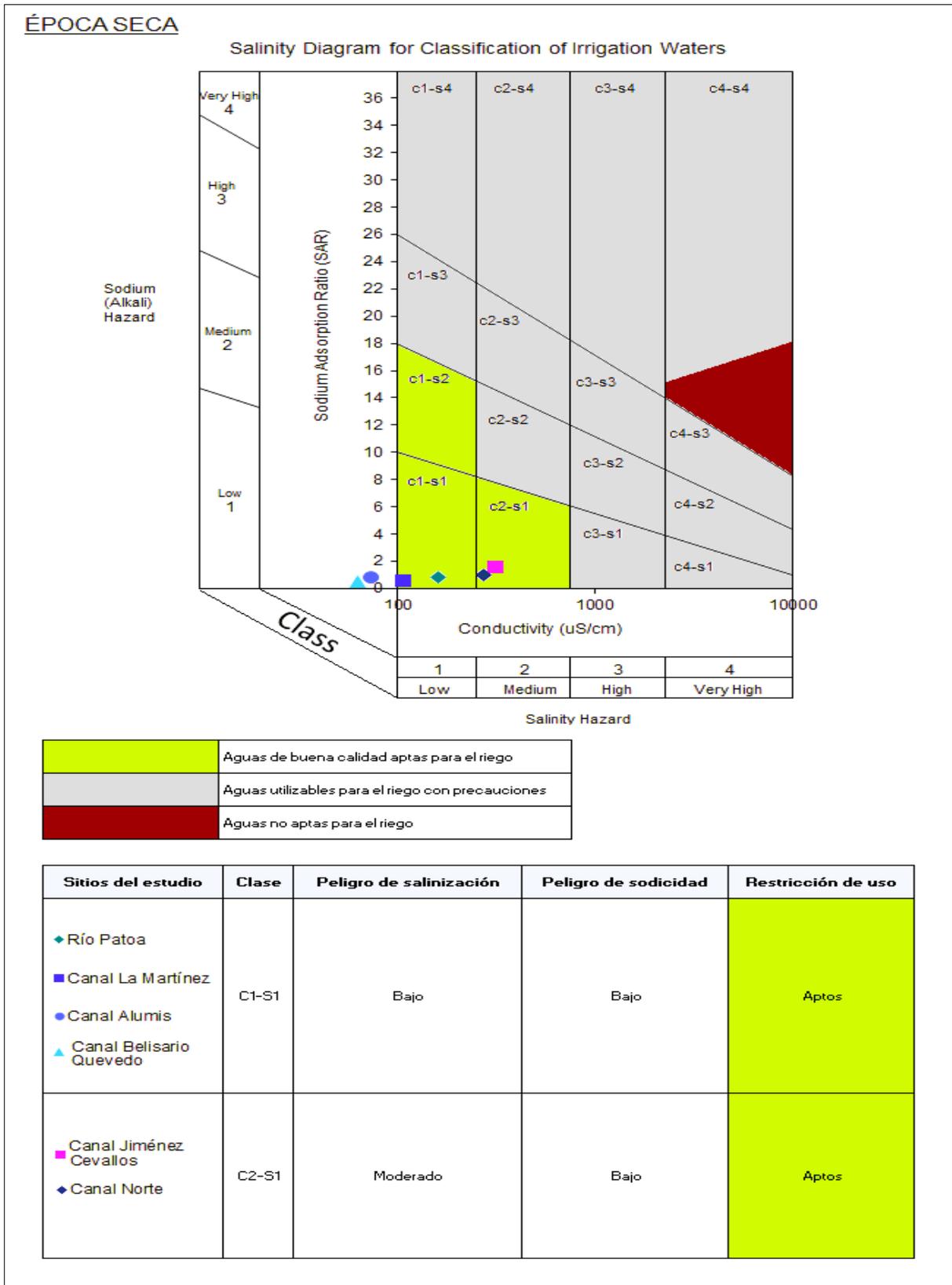
En cuanto a los resultados, la época seca refleja en los puntos; P3, canal estatal Alumis; P4, río Patoa; P5, canal la Martínez y P6 canal Belisario Quevedo, una clasificación C1-S1. Mientras, los puntos (P1) canal estatal Jiménez Cevallos y (P2) canal estatal el Norte presentan una clasificación C2-S1, ver la figura 10. La época lluviosa mantiene a los puntos; P3, canal estatal Alumis; P5, canal la Martínez y P6 canal Belisario Quevedo en la categoría de C1-S1, en cambio el punto (P4) correspondiente al río Patoa se ubica en la clasificación C2-S1 y a su vez los puntos (P1) canal estatal Jiménez Cevallos y (P2) canal estatal el Norte se mantienen en la misma categorización, ver la figura 11.

Tabla 22. Valores de RAS y C.E. de los puntos de muestreo.

SITIO	Época seca		Época lluviosa	
	RAS _{normal}	C.E.	RAS _{normal}	C.E.
	meq/L	μS/cm	meq/L	μS/cm
Canal estatal Jiménez Cevallos	1,61	314	0,80	584
Canal estatal Norte	0,97	271	1,69	387
Canal estatal Alumis	0,84	74	0,66	74
Río Patoa	0,83	160	0,39	254
Canal la Martínez	0,60	107	1,11	94
Canal Belisario Quevedo	0,46	63	0,34	108

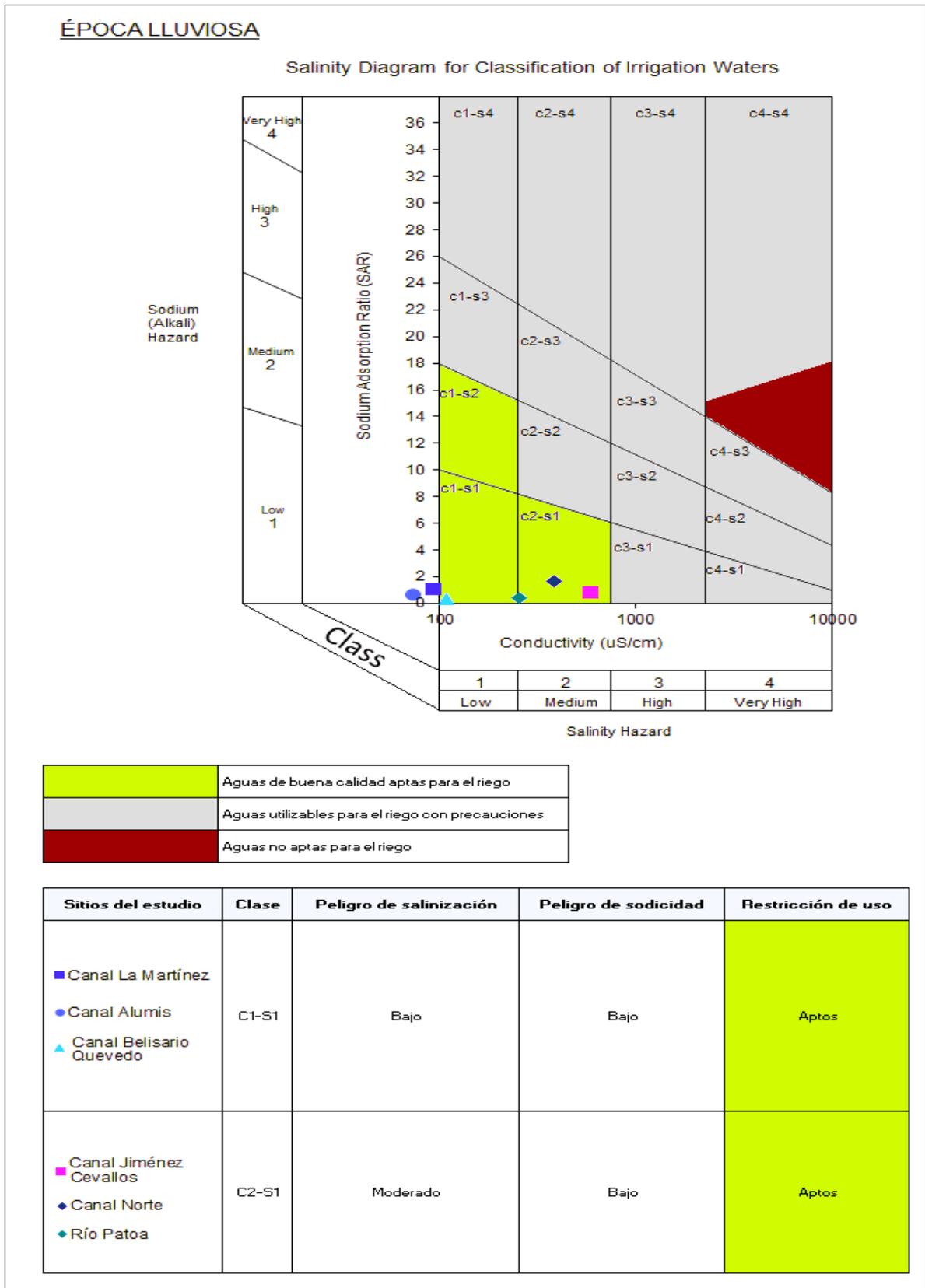
Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022).

Figura 10. Clasificación del agua de riego según el diagrama de Wilcox en la época seca.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Figura 11. Clasificación del agua de riego según el diagrama de Wilcox en la época lluviosa.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

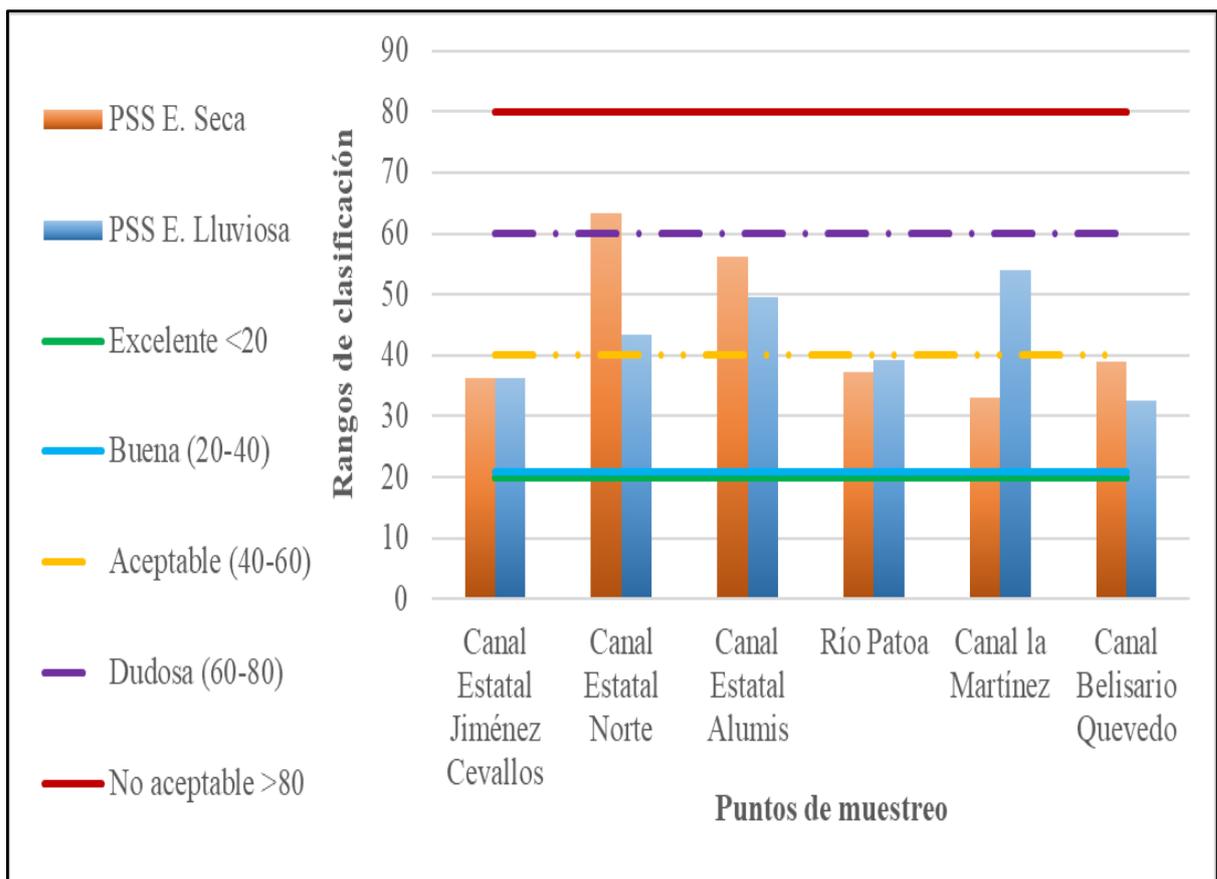
13.3 Porcentaje de sodio soluble (PSS)

Altas concentraciones de sodio disuelto causan alteraciones considerables en el suelo que provocan inestabilidad estructural, generando procesos de erosión cuando el flujo superficial aumenta, cuyos datos se encuentran en la tabla 28.

Para la época seca el PSS en los puntos; P1, canal estatal Jiménez Cevallos; P4, río Patoa; P5, canal estatal la Martínez y P6 canal estatal Belisario Quevedo se sitúan en la categoría de calidad buena. El punto (P3) canal estatal Alumis se ubica en el criterio de calidad aceptable, mientras que el (P2) canal estatal Norte con un valor de 63,4 tiene una categoría de calidad dudosa.

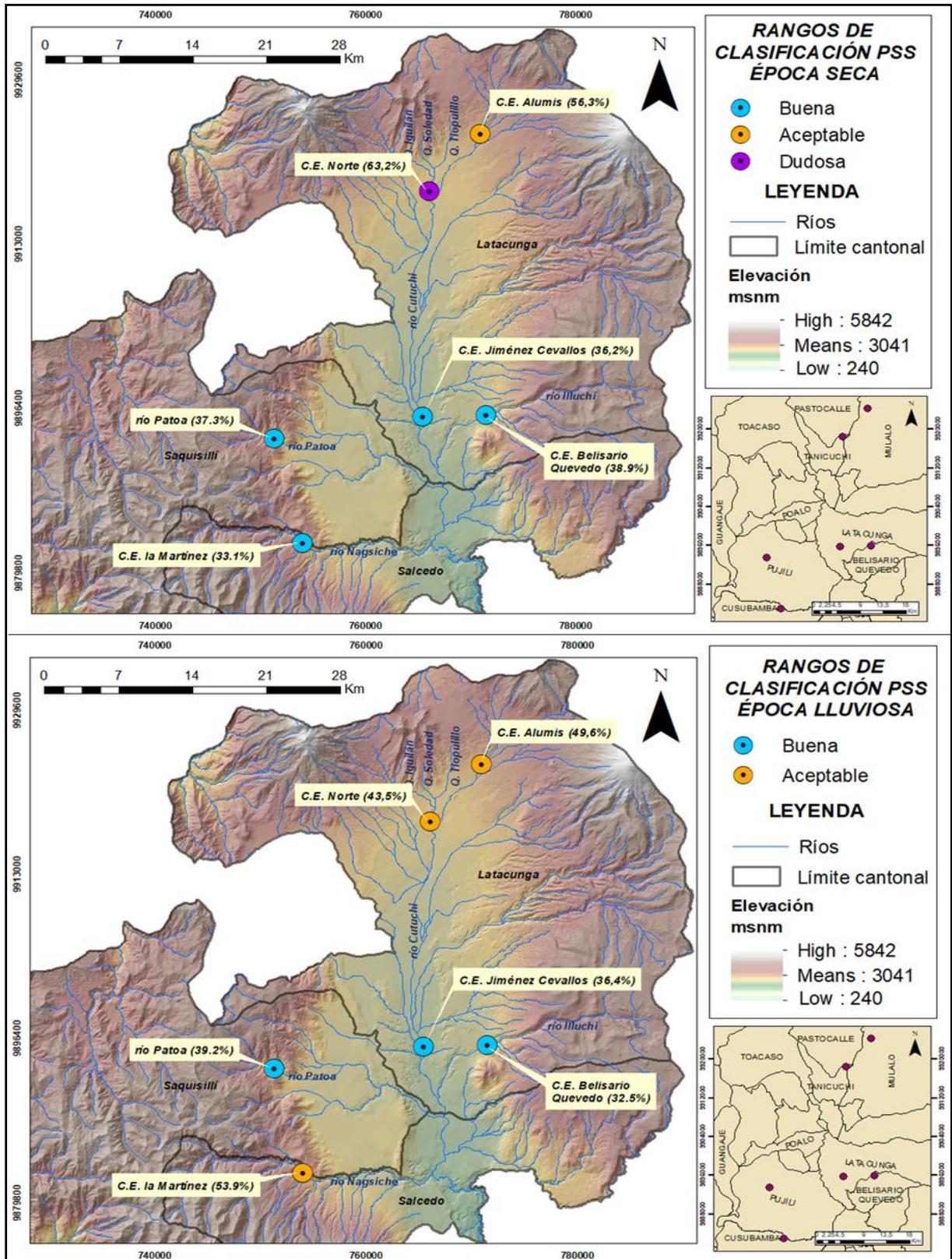
Para la época lluviosa los puntos; P1, canal estatal Jiménez Cevallos; P4, río Patoa y P6 canal estatal Belisario Quevedo presentan una calidad buena, mientras que el P2 canal estatal Norte, (P3) canal estatal Alumis y (P5) canal estatal la Martínez se ubican en la calidad aceptable, ver figura 12 y 13.

Figura 12. Clasificación del PSS para los cuerpos de agua estudiados.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022).

Figura 13. Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el criterio de PSS en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

13.4 Carbonato de Sodio Residual (CSR)

El carbonato de sodio residual evalúa los problemas relacionados con la permeabilidad del suelo, puesto a que mide el potencial que tienen el agua para provocar suelos alcalinos, que induce en la pérdida de su capacidad de saturación lo que incita a que se inunden con facilidad, impidiendo la penetración de las raíces, los resultados de los seis puntos de muestreos se indican en la tabla 29.

Para la época seca el carbonato de sodio residual presenta valores altos en el punto (P2) canal estatal Norte con un valor de 2,95 meq/L reflejando poseer una calidad de agua no recomendada, el punto (P1) canal estatal Jiménez Cevallos y (P3) canal estatal Alumis con valores de 2,46 y 1,37 meq/L respectivamente, muestran una calidad de agua condicionada, mientras que los puntos; P4, río Patoa; P5, canal estatal la Martínez y P6 canal estatal Belisario Quevedo, tienen una calidad buena.

En la época lluviosa los valores de CSR se reducen, los puntos; P1, canal estatal Jiménez Cevallos; P2, canal estatal Norte; P3, canal estatal Alumis y P5 canal estatal la Martínez se encuentran en la categoría de calidad buena, en cambio los puntos (P4) río Patoa y (P6) canal Belisario Quevedo poseen una calidad del agua condicionada, ver figura 14 y 15.

Figura 14. Clasificación del agua según el CSR.

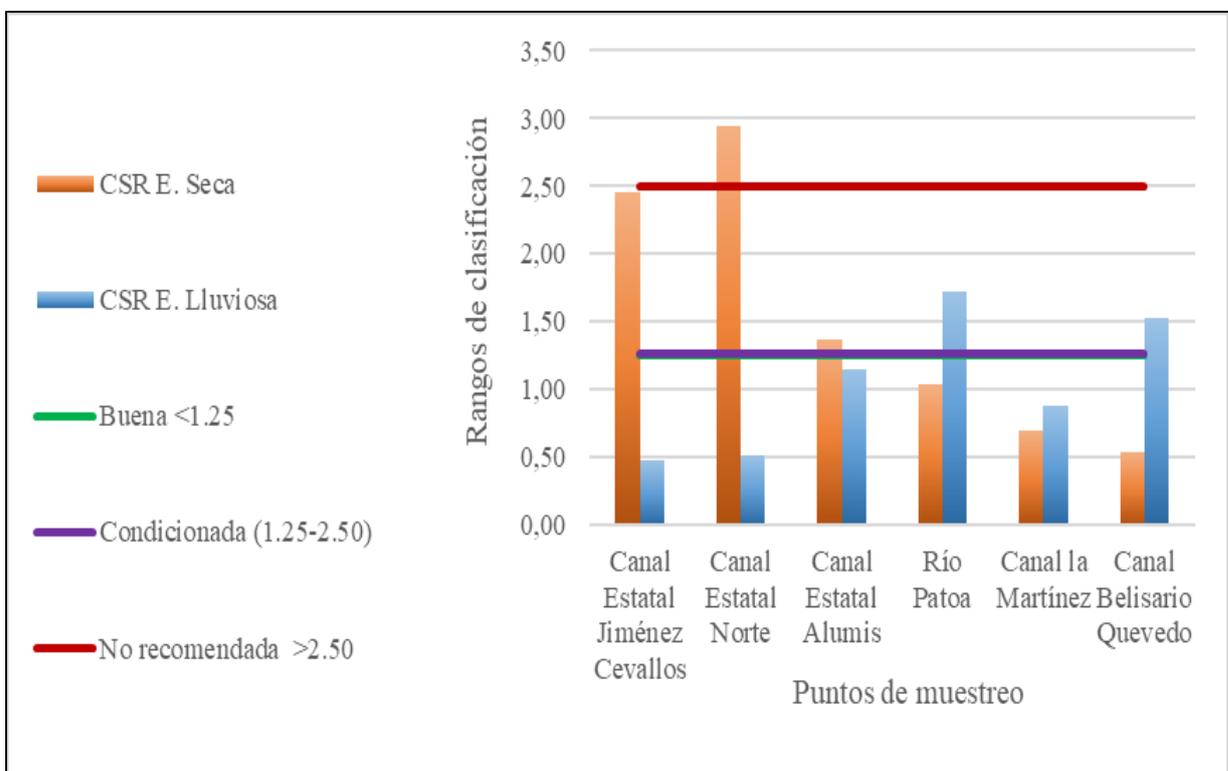
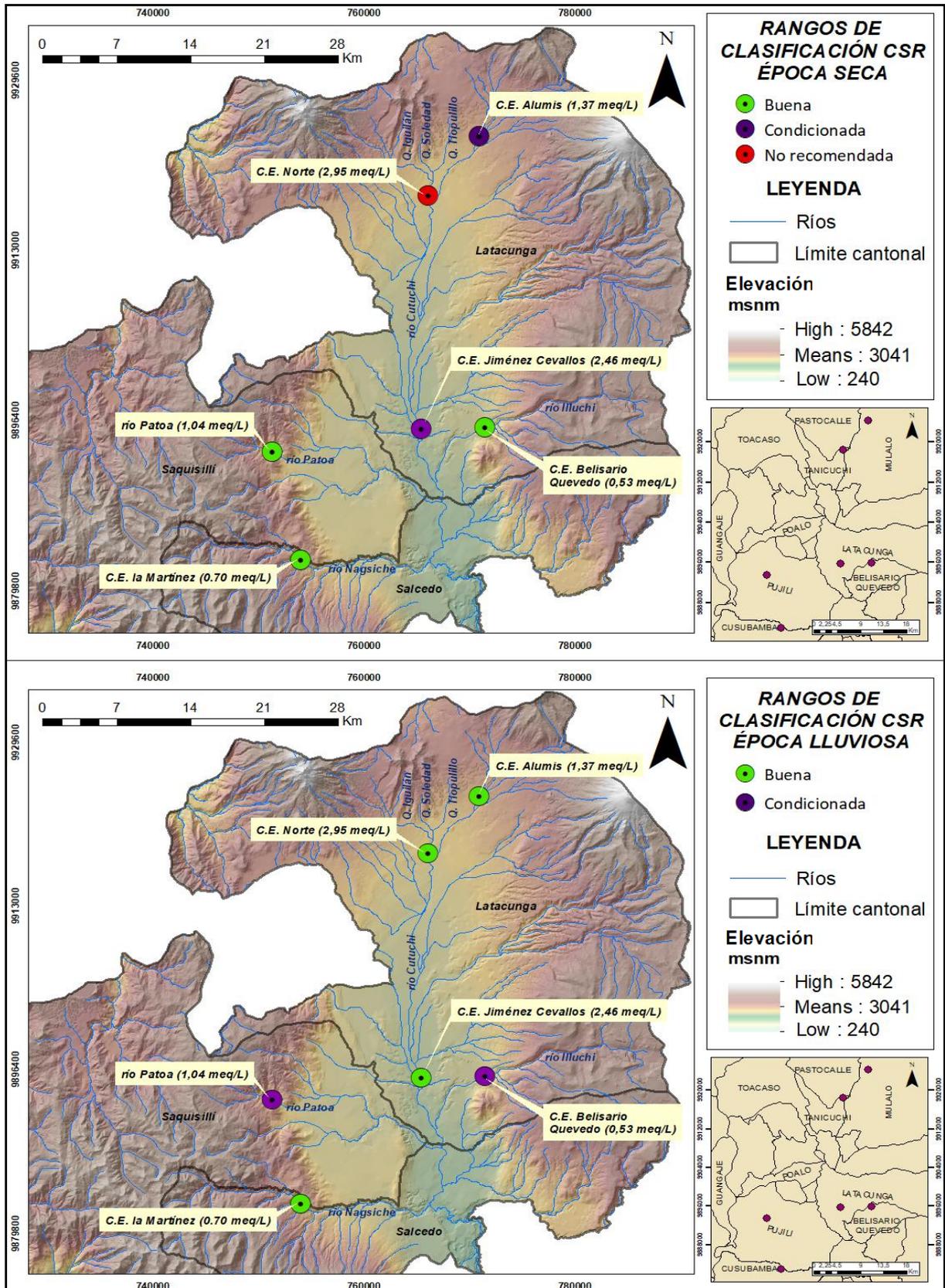


Figura 15. Identificación espacial de la calidad de agua utilizando el criterio de CSR en la época seca y lluviosa de los sitios muestreados.

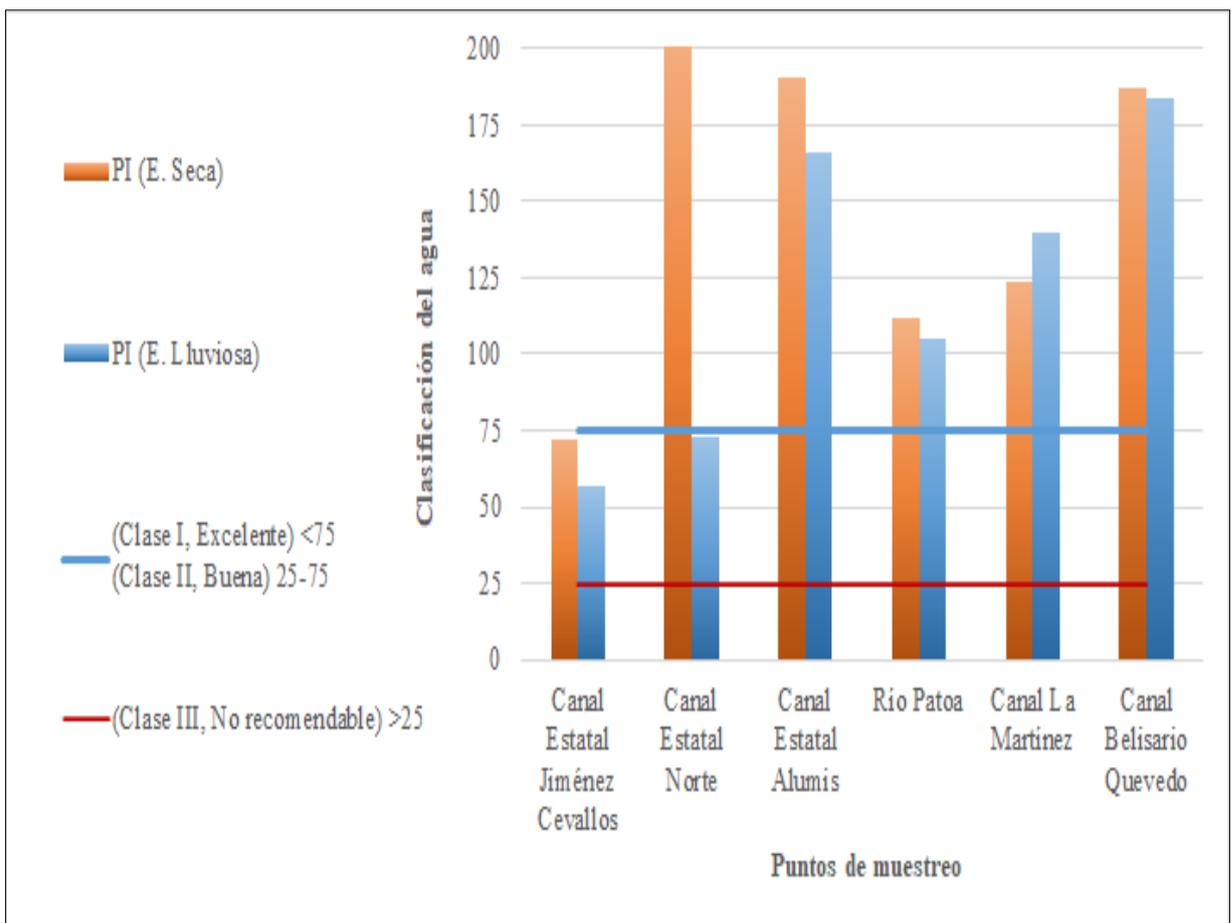


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

13.5 Índice de permeabilidad

La cantidad de sales limita la capacidad de infiltración que tienen el agua sobre el suelo, sales como el Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y HCO_3^- causan graves problemas al suelo, un uso prolongado de este tipo de aguas afecta a largo plazo este recurso, en la tabla 30 se indican los resultados de este índice. La época seca presenta valores aceptables de calidad del agua, los puntos; P2, canal estatal Norte; P3, canal estatal Alumis; P4, río Patoa; P5, canal estatal la Martínez y P6 canal Belisario Quevedo presentan una calidad del agua de Clase I que corresponde a un recurso hídrico con características excelentes para el riego, sin embargo, el punto P1 se encuentra ubicado en la Clase tipo II que pertenece a una calidad del agua buena. En la época lluviosa los puntos; P3, canal estatal Alumis; P4, río Patoa; P5, canal estatal la Martínez y P6 canal estatal Belisario Quevedo presentan una calidad excelente de Clase I. Mientras los puntos; P1, canal estatal Jiménez Cevallos y P2 canal estatal Norte se encuentran en la categoría de calidad buena ubicándose en la clase de tipo II, ver la figura 16.

Figura 16. Clasificación de índice de permeabilidad.



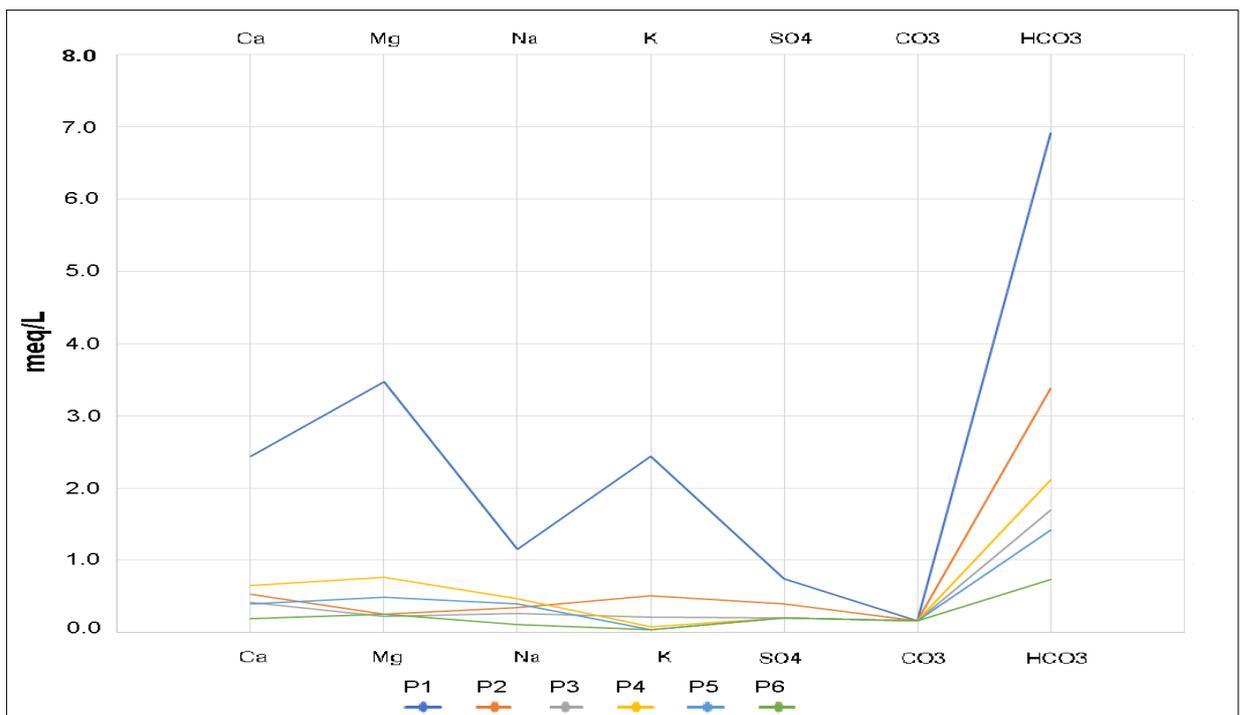
Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

13.6 Alcalinidad y dureza por CaCO_3

La alcalinidad es la medida de las concentraciones de iones en el agua que reaccionan para neutralizar un ácido, las aguas que tienen valores de alcalinidad altos son consideradas indeseables debido a la dureza excesiva y la elevada concentración de sales de sodio. Como se observa en la tabla 31, en la época seca los canales Jiménez Cevallos y Norte captan recurso hídrico de alcalinidad muy alta, mientras el río Patoa posee una alcalinidad alta, en cambio los canales Alumis, la Martínez y Belisario Quevedo tienen una alcalinidad media. La época lluviosa refleja que el canal Jiménez Cevallos y el río Patoa reciben aguas de alcalinidad muy alta, mientras los canales Norte y Belisario Quevedo tienen una alcalinidad alta y los canales Alumis y la Martínez una alcalinidad media.

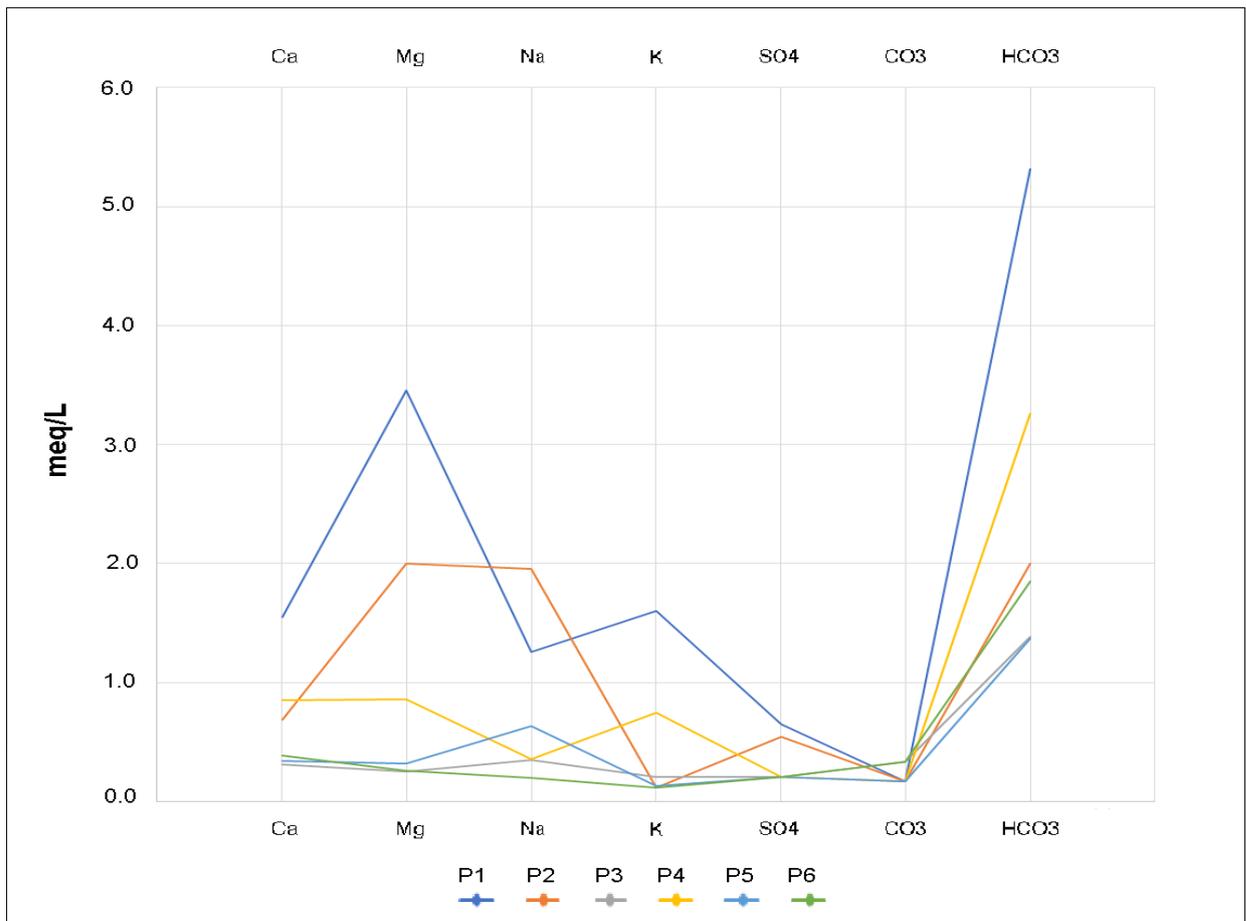
La dureza por CaCO_3 se vincula a los efectos relacionados con la precipitación de bicarbonatos y taponamientos de los sistemas de riego, este tipo de dureza se la denomina como dureza temporal. En la época seca el canal Jiménez Cevallos capta aguas de tipo duras, mientras el resto de cuerpos de agua reciben recurso hídrico de tipo suave o blanda. Para la época lluviosa el canal Jiménez Cevallos se mantiene en la misma categoría, el canal Norte y el río Patoa pasan de tener una dureza de tipo suave a ser medianamente duras, los demás canales se sitúan en la misma categoría, ver tabla 32. La tendencia de las concentraciones de iones que determinan el grado de alcalinidad y dureza para la época seca y lluviosa, así como se muestra en las figuras 17 y 18.

Figura 17. Concentración de iones en la época seca.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Figura 18. Concentración de iones en la época lluviosa.



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

14.1 Calidad del agua en la época seca

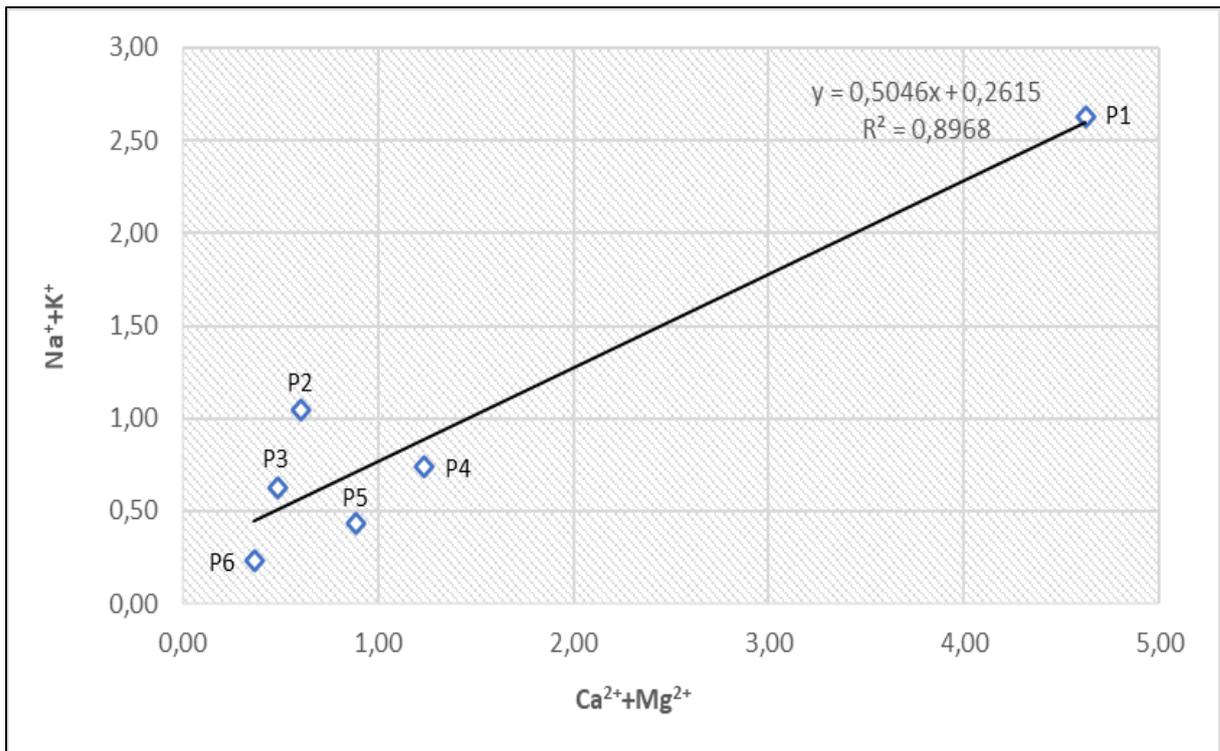
La calidad del agua destinada para riego en la época seca, con base al CCME_WQI y considerando los límites permisibles para uso agrícola, establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A, tabla 3 y 4, que hablan sobre los criterios generales de su aptitud (Tabla 4). A través del muestreo puntual, reflejó que los canales estatales: Jiménez Cevallos (P1), Norte (P2), Alumis (P3) y la Martínez (P5), así como el río Patoa (P4), presentan un recurso hídrico con una aptitud para riego de clasificación excelente, lo que implica ser un recurso que está virtualmente protegido y presenta ausencia de amenazas o daños, cuyas condiciones son muy cercanas a los niveles deseados, en cambio el canal Belisario Quevedo (P6) con un valor de 94,5 a causa del parámetro Cr^6 ($0.2 > 0.1 \text{ mg/L}$) se encuentra en la clasificación de calidad buena siendo un recurso protegido con solo un grado menor de amenaza o deterioro; las condiciones rara vez se apartan de los niveles naturales o deseables. Puesto que, su porcentaje de variables fuera del rango permisible en comparación al total de las variables (F1), dio como resultado cero a excepción del (P6) que dio un valor de 5,6. Lo mismo sucedió con la relación entre la

cantidad de los valores fuera de los niveles tolerables respecto al total de datos de las variables estudiadas (F2) y la magnitud del exceso de cada dato fuera del rango (F3) que para el canal Belisario Quevedo la amplitud dio un valor de 5,3 como se muestra en la tabla 26. Para el caso del canal Jiménez Cevallos que recoge las aguas del río cutuchi de tipo residual, los valores de los parámetros se acercan a los obtenidos por Barrera Gallo y Cepeda Guasgua (2020), a excepción de las Coliformes fecales que para esta época se obtuvo 460 NMP/100ml.

Según Raihan y Alam (2008) la calidad del agua de riego depende principalmente de la concentración total de constituyentes disueltos. Las sales presentes en los cuerpos de agua que afectan el crecimiento de las plantas directamente, también perturban la estructura del suelo, la permeabilidad y la aireación, que perturban indirectamente el crecimiento de la planta. Los valores de conductividad eléctrica y RAS_{normal} (Tabla 27), indica según la clasificación de Wilcox (1955) que los canales con un riesgo medio de salinización y bajo en sodificación son los: Jiménez Cevallos y el Norte, ubicándose en la clasificación de C2-S1 (Figura 10), lo que implica ser un recurso que puede ser apto para el riego pero en muchos casos es necesario emplear volúmenes de agua en exceso debido a los posibles cambio de la estructura del suelo que disminuyen la porosidad y el potencial osmótico, además se debe utilizar cultivos tolerantes a la salinidad, ya que se puede presentar complicaciones de crecimiento en plantas muy sensibles al sodio. Lamz Piedra y González Cepero (2013) señalan que el estrés salino causa reducción en el crecimiento y desarrollo de las plantas debido a desbalances nutricionales, producto de altos niveles de sodio que reducen la captación de nutrientes, así como un incremento en la producción de especies reactivas de oxígeno que dañan las macromoléculas del suelo y fomenta el estrés hídrico. Para los canales; Alumis, La Martínez y Belisario Quevedo; así como el río Patoa, su clasificación se sitúa en C1-S1, lo que implica ser un recurso con baja salinidad y contenido de sodio, apta para riego con posibles efectos negativos en suelos de baja permeabilidad y cultivos muy sensibles al sodio.

El PSS que define el potencial riesgo de sodicidad que tiene el agua, refleja el posible deterioro de las propiedades físicas del suelo que podrían afectar el crecimiento de las plantas. Los canales estatales Jiménez Cevallos (P1), La Martínez (P5), Belisario Quevedo (P6) y el río Patao (P4), se encuentran en la clasificación de buena. Mientras que el canal Alumis (P3), presentan un valor que oscila el 56,3% de Na^+ soluble, lo que indica un tipo de calidad aceptable. Mientras que el canal Norte (P2) con un porcentaje de 63,4 se ubica en la categoría de dudosa (Figura 12). El comportamiento de $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+} refleja tener una correlación directa ± 0.95 ($p < 0.05$).

Figura 19. Análisis del comportamiento de la sumatoria $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+}

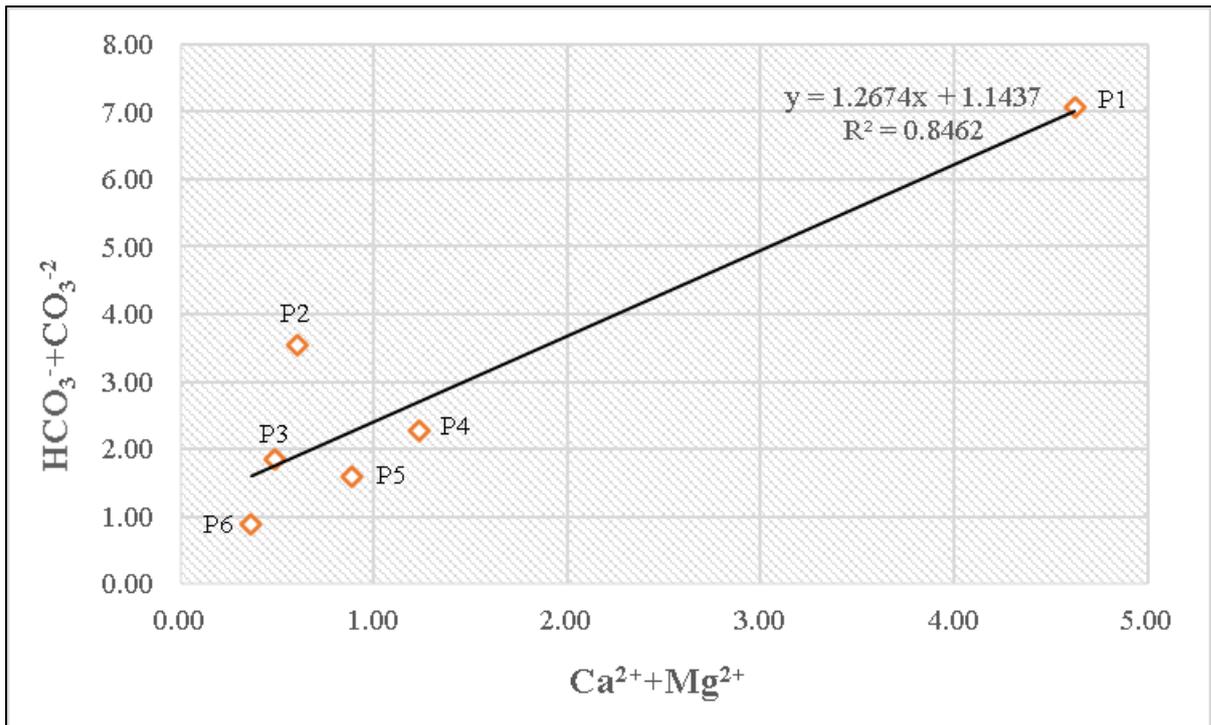


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

La tendencia de la dispersión de los iones es positiva. Es decir, a medida que se incrementa la concentración de cationes monovalentes también lo harán los cationes divalentes en proporciones diferentes. Badia Villas (1992) menciona que suelos alcalinos presentan la abundancia de un ion monovalente tan activo como el sodio (Na^+), frente a los divalentes calcio y magnesio (Ca^{2+} y Mg^{2+}) determinando la individualización y dispersión de las partículas del suelo. Raihan y Alam (2008) afirman que cuando el agua utilizada para el riego tiene un alto contenido de sodio (Na^+) y un bajo contenido de calcio y magnesio (Ca^{2+} y Mg^{2+}), el complejo de cambio catiónico puede saturarse con sodio (Na^+), lo que conduce al desarrollo de suelos alcalinos. Según García (2015) la toxicidad de Na^+ presenta síntomas que son difíciles de diferenciar de los de deficiencia de K. Esto es debido a que el K^+ compite con el Na^+ en el interior de la planta y puede causar inhibición de sus funciones al tiempo que se acumula a niveles tóxicos. Como se observa en la figura 19, el canal Norte (P2) refleja que la concentración de iones monovalentes aumenta en comparación al valor de los iones divalentes, por tal motivo la calidad del agua en este punto se ubica en el criterio de aptitud dudosa a excepción de los puntos (P1) canal Jiménez Cevallos, (P4) río Patoa, (P5) canal estatal la Martínez y (P6) canal estatal Belisario Quevedo que reflejan tener una mayor concentración de cationes divalentes. Mientras que el (P3) canal estatal Alumis refleja tener una mayor concentración $Na^+ + K^+$ frente a Ca^{2+} y Mg^{2+} pero que su diferencia no representa un mayor peligro por lo que se ubican en la calidad de aceptable.

Esta clasificación es corroborada con el indicador de CSR que muestra el potencial que tiene el agua para alcalinizar el medio. Para esta época los cuerpos de agua que captan recurso hídrico que no presenta algún tipo de riesgo de alcalinización del suelo, son: La Martínez (P5), Belisario Quevedo (P6) y el río Patoa (P4), ver figura 14. La correlación entre la sumatoria de los aniones carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) con los cationes calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) es directa ± 0.91 ($p < 0.05$).

Figura 20. Análisis del comportamiento de la sumatoria CO_3^{2-} y HCO_3^- frente Ca^{2+} y Mg^{2+} .



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

La figura 20 indica una tendencia de dispersión positiva, es decir a medida que la sumatoria de los cationes (Ca^{2+} y Mg^{2+}) aumenta, también lo hacen los aniones (CO_3^{2-} y HCO_3^-). Pérez Melián (2006) menciona que cuando este índice es positivo la sumatoria de los Carbonatos (CO_3^{2-}) y Bicarbonatos (HCO_3^-) es superior a la de calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) estas aguas pueden ser peligrosas. López García et al. (2016) establecen que la pérdida de Ca^{2+} y de Mg^{2+} en las soluciones de los suelos conduce a que se aumenten las concentraciones de sodio (Na^+). En estas condiciones, las soluciones de los suelos se enriquecen con sales tóxicas, como NaCl y Na_2SO_4 lo que aumenta el riesgo de sodicidad. Los canales que toman recurso hídrico con un CSR que condiciona su utilización, son; Jiménez Cevallos (P1) con 2.46 meq/L y Alumis (P3) con un valor de 1.37 meq/L, cuyas sumatoria de CO_3^{2-} y HCO_3^- exceden al de los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} , condicionando su uso. Mientras que el recurso hídrico no recomendado para riego debido al peligro de sodificación que puede causar sobre el suelo, es el canal Norte (P2) que muestra un valor de 2,95 meq/L por encima del umbral recomendado.

Según el índice de permeabilidad IP que evalúa el efecto del agua sobre la capacidad filtración que tiene el suelo producto de la acumulación de sales, se determinó que los canales estatales: Norte (P2), Alumis (P4), La Martínez (P5) y Belisario Quevedo (P6) presentan valores aceptables de calidad, puesto a que poseen una clase de tipo I que corresponde a un recurso hídrico con características excelentes, baja en compuestos salinos. Mientras que el canal Jiménez Cevallos se encuentra ubicado en la Clase tipo II que pertenece a una calidad del agua buena, lo que indica posibles alteraciones a la estructura del suelo que podrían dificultar la filtración del agua por la presencia de sales pero que igual son aptas para el uso de riego (Figura 16).

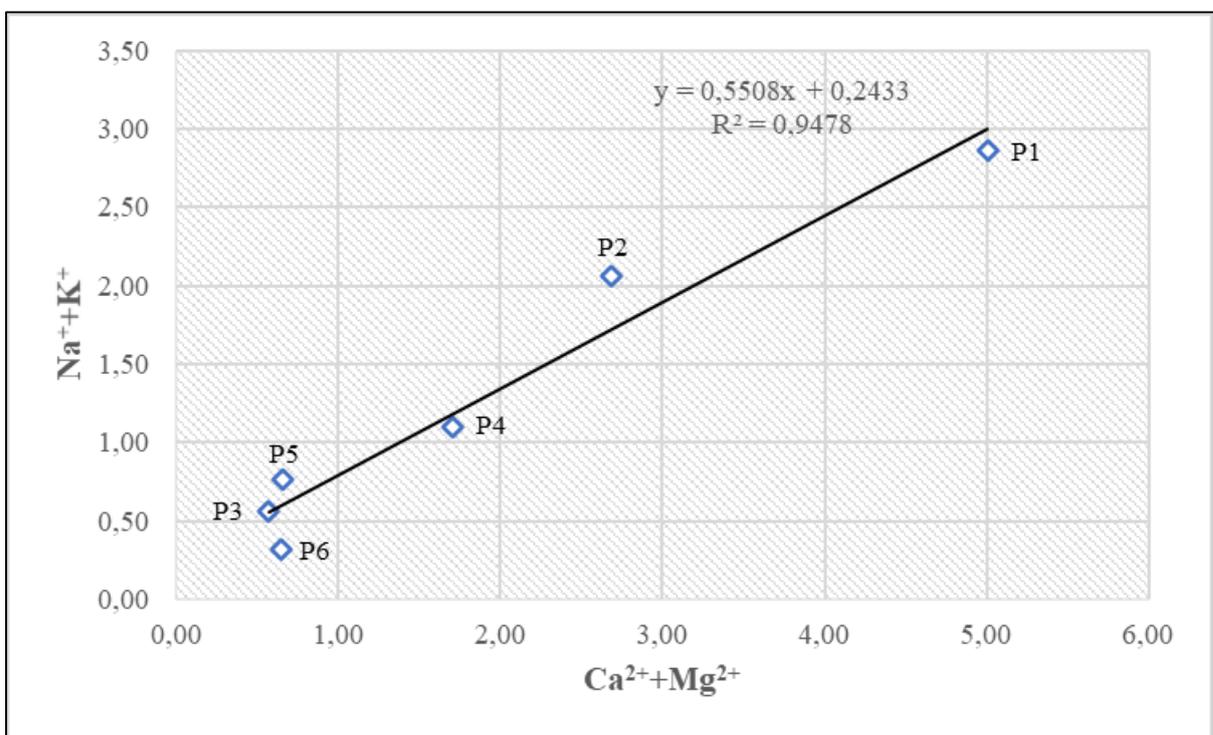
14.1 Calidad del agua en la época lluviosa

La calidad del agua a través del índice CCME_WQI (Tabla 25) determinó que los canales estatales: Norte (P2), Alumis (P3), La Martínez (P5) cuyo parámetro que sobrepasa el nivel deseable es el Fe ($6.47 > 5$ mg/L), Ayers y Westcot (1985) mencionan que este metal puede contribuir a la acidificación del suelo y a la pérdida de disponibilidad de fósforo y molibdeno esenciales para el desarrollo de las plantas, y el Belisario Quevedo (P6) que presenta un nivel de Coliformes fecales (1119.9 NMP/100ml) que excede el límite máximo permisible (1000 NMP/100ml), la OMS (1989) en su informe técnico N° 778 establece que el agua con Coliformes fecales mayores a 1000 NMP/100ml presentan un uso restringido sobre hortalizas que se consumen crudas o de frutas que se ingieren sin la eliminación de la cáscara. De manera que, estos cuatro puntos toman recurso hídrico de excelente calidad. El río Patoa (P4) recibe aguas con una calidad de tipo Buena a causa del incumplimiento de los parámetros; Al ($6.82 > 5$ mg/L), Ayers y Westcot (1985) también indican que este metal en suelos alcalinos a $\text{pH} > 7.0$ provocan que el ion precipite en forma de hidróxido eliminando cualquier toxicidad, al tener un pH de 7.50 su peligro se descarta; As ($0.12 > 0.1$ mg/L), Ramírez et al. (2009) señalan que este elemento se puede bioacumular en el tejido celular de la planta sin afectar su desarrollo, pero puede estar biodisponible al momento del consumo lo que produce toxicidad aguda debido a la ingestión de dosis altas que provocan síntomas gastrointestinales, trastornos de las funciones de los sistemas cardiovascular y nervioso, otro parámetro que incumple es el Fe ($8.2 > 5$ mg/L). Indicando que el agua está protegida con solo un grado menor de amenaza o deterioro; las condiciones rara vez se apartan de los niveles naturales o deseables. Mientras que el cuerpo de agua que presenta una calidad de tipo pobre a causa del incumpliendo del parámetro Coliformes Fecales ($460\ 000 > 1000$ NMP/100ml), situándose en esta clasificación debido al nivel de amplitud que presenta entre el dato obtenido y el umbral de referencia es el canal Jiménez Cevallos, deduciendo que la calidad del agua de este cuerpo hídrico casi siempre

está amenazada o deteriorada; las condiciones generalmente se apartan de los niveles naturales o deseables.

Según la clasificación de Wilcox (1955) los valores de conductividad eléctrica y RAS_{normal} (Tabla 27), indican que los canales: Alumis (P3), La Martínez (P5) y Belisario Quevedo (P6) recogen aguas de categoría de C1-S1, siendo un recurso con baja salinidad y contenido de sodio, apta para riego con posibles efectos negativos en suelos de baja permeabilidad y cultivos muy sensibles al sodio. En cambio, los canales: Jiménez Cevallos (P1) y Norte (P2), así como el río Patoa (P4) se ubican en la clasificación C2-S1 lo que muestra ser un recurso hídrico de salinidad media, apta para el riego que en ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad, presenta bajo contenido de sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio. El PSS indica que los canales: Jiménez Cevallos (P1) y Belisario Quevedo (P6), así como el río Patoa (P4) presentan valores que oscilan entre el 36,4, 32,5 y 39,2% de Na^+ soluble, lo que indica un tipo de calidad buena. Mientras que los canales: Norte (P2), la Martínez (P5) y Alumis (P3) se encuentran en la clasificación de aceptable (Figura 12). El comportamiento de $Na^+ + K^+$ frente al de Ca^{2+} y Mg^{2+} refleja tener una correlación directa ± 0.96 ($p < 0.05$).

Figura 21. Análisis del comportamiento de la sumatoria $Na^+ + K^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+} .

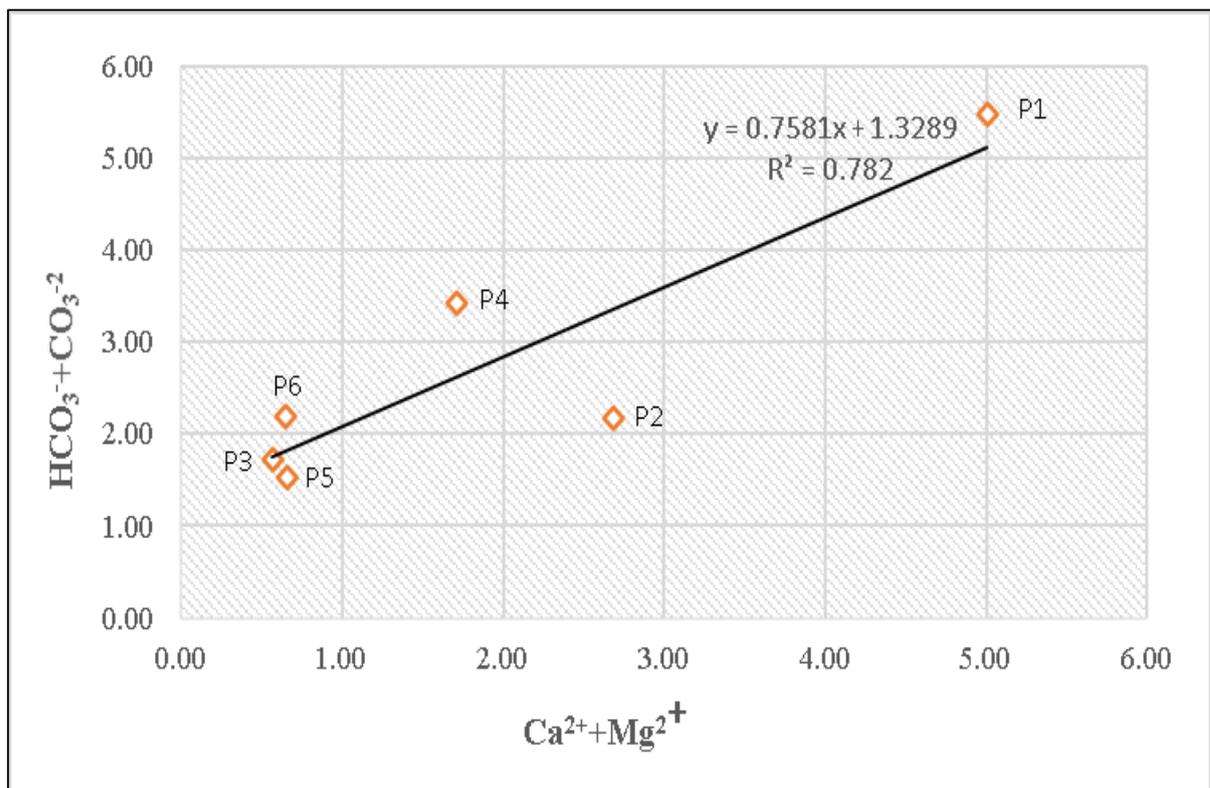


Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Como se observa en la figura 21, la tendencia de la dispersión de los iones es positiva. Es decir, a medida que se incrementa la concentración de cationes monovalentes también lo

harán los cationes bivalentes. Como se muestra en los canales: Jiménez Cevallos (P1), Norte (P2), Alumis (P3) y Belisario Quevedo (P6), así como el río Patoa (P4) que presentan valores de Ca^{2+} y Mg^{2+} mayores a la concentración de $\text{Na}^+ + \text{K}^+$, por lo que, la calidad del agua en estos puntos se ubican en los criterios de excelente y aceptable, a diferencia del canal la Martínez (P2) cuyo valor de cationes monovalentes supera a los cationes bivalentes pero que al poseer una diferencia inferior al umbral se ubica con un porcentaje de 53,9 en el criterio de aceptable. El CSR para esta época indica que los cuerpos de agua captan recurso hídrico que no presenta algún tipo de riesgo de alcalinización del suelo, son: el río Patoa (P4) y el canal estatal Belisario Quevedo (P6) debido a que se encuentran en la categoría de agua condicionada, ver tabla 29. La correlación entre la sumatoria de los aniones carbonato (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) con los cationes calcio (Ca^{2+}) y magnesio (Mg^{2+}) es directa ± 0.88 ($p < 0.05$).

Figura 22. Análisis del comportamiento de la sumatoria $\text{Na}^+ + \text{K}^+$ frente al Ca^{2+} y Mg^{2+} .



Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

La figura 22 indica una tendencia de dispersión positiva, es decir a medida que la sumatoria de los cationes (Ca^{2+} y Mg^{2+}) aumenta, también lo hacen los aniones (CO_3^{2-} y HCO_3^-). Los cuerpos hídricos que toman recurso hídrico con un CSR que condiciona su utilización son; el río Patoa (P4) con 1,72 meq/L y el canal Belisario Quevedo (P6) con un valor de 1,53 meq/L, cuyas sumatoria de CO_3^{2-} y HCO_3^- exceden al de los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} . Según el índice de permeabilidad IP, todos los cuerpos de agua loticos objetos de estudio presentan valores aceptables de calidad, puesto a que poseen una clase de tipo I que corresponde

a un recurso hídrico con características excelentes, baja en compuestos salinos. A excepción de los canales: Jiménez Cevallos (P1) y Norte (P2) que se encuentra ubicado en la clase tipo II que pertenece a una calidad del agua buena (Figura 16). Se ha determinado que los canales de composición estructural cuyo material es el hormigón y conforme a los resultados de la dureza y alcalinidad en referencia a los índices tomados en el presente estudio, existe una aportación de manera indirecta a la dureza del agua debido a la precipitación de cal producto del concreto con el que están fabricados los canales, influenciado por la escorrentía superficial y el contacto de las paredes de las estructuras con el CO₂ atmosférico que al encontrarse en zonas altamente montañosas y con la presencia de rocas densas (granito) se incentiva la meteorización y desgaste de los canales.

15. RESPUESTA A LA PREGUNTA CIENTÍFICA

- **¿La calidad del agua que ingresa a los canales Alumis, Norte, Jiménez Cevallos, Belisario Quevedo, La Martínez y al río San Juan de Patoa debe ser considerada como apta para el uso del riego agrícola en las épocas seca y lluviosa?**

La aptitud del recurso hídrico que ingresa a estos cuerpos de agua en base al criterio de calidad que consideran los parámetros fuera de los niveles del umbral recomendado para el riego, además la calidad del agua depende principalmente de la concentración total de constituyentes disueltos. Las sales y sodio presentes en los cuerpos de agua que afectan el crecimiento de las plantas directamente, también perturban la estructura del suelo, la permeabilidad y la aireación, que afectan indirectamente el crecimiento de la planta. Se determinó que en la época seca todos los canales tienen una calidad de agua excelente para el uso de riego, cuyos parámetros se encuentran dentro de los umbrales deseados a excepción del canal Belisario Quevedo que muestra una concentración de Cr⁶ mayor al recomendado, lo que implica una posible acidificación del suelo que induce en la pérdida del P y Mo. Estos cuerpo hídricos presentan un peligro de alcalinización y salinidad bajo, siendo apta para el riego en todos los casos, con posibles problemas en suelos de muy baja permeabilidad y en cultivos muy sensibles al sodio, excluyendo los canales Jiménez Cevallos y Norte que capturan recurso hídrico con salinidad media y baja de alcalinización, apta para el riego pero que en ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad, sin sensibilidad al sodio.

En cambio, la época lluviosa indicó que los canales: Norte, Alumis, La Martínez y Belisario Quevedo se mantienen en la categoría de excelente con límites máximos permisibles dentro de los umbrales recomendados, a excepción del canal La Martínez cuyo parámetro que excede el límite es el Fe, mientras que el canal Belisario Quevedo presenta una concentración

mayor de Coliformes fecales según las establecidas por la normativa. El río Patao en cambio posee agua con una calidad Buena a causa del incumplimiento de As, Fe y Al que al tener un pH de 7.50 este metal tiende a precipitarse eliminando su toxicidad por bioacumulación. En cambio, el canal Jiménez Cevallos debido al incumplimiento del parámetro microbiológico de Coliformes fecales presentando un nivel de amplitud de 96,4 que indica una magnitud de la separación entre el dato obtenido y el umbral de referencia, ubicándolo en la categoría de pobre. Los canales Alumis, La Martínez y Belisario Quevedo reciben recurso hídrico con un peligro de alcalinización y salinidad bajo, siendo apta para el riego en todos los casos con posibles problemas en suelos de muy baja permeabilidad y en cultivos muy sensibles al sodio, mientras que los canales Jiménez Cevallos, Norte y el río Patoa que capturan recurso hídrico con salinidad media y baja alcalinización, apta para el riego pero que en ciertos casos puede ser necesario emplear volúmenes de agua en exceso y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad sin sensibilidad al sodio.

16. IMPACTOS (AMBIENTALES, SOCIALES Y ECONÓMICOS)

16.2 Ambientales

Por medio del presente trabajo se plantea a futuros proyectos de investigación, así como a la Dirección del Riego y Drenaje de la provincia de Cotopaxi, contribuir con datos que sirvan en la gestión sostenible del recurso hídrico, identificando elementos que alteran la composición del agua y que inducen a problemas que modifican negativamente el ambiente y a la productividad agrícola, para así garantizar la implementación de soluciones tempranas que permitan cumplir con los criterios necesarios para mantener en equilibrio los ecosistemas y la terna suelo, agua, especie vegetal. Evitando efectos fitotóxicos sobre los cultivos, además de problemas en la estructura del suelo que dificultan la disponibilidad del agua en la planta.

16.3 Sociales

Una sociabilización de los resultados a las comunidades y dirigentes de las juntas de riego, sobre las condiciones actuales del agua que captan los cuerpos hídricos tomados en cuenta en el presente estudio, permitirá garantizar una seguridad alimentaria local y nacional ya que se incentivaría una producción de productos agrícolas de calidad en base a tratamientos que obedezcan la aptitud actual del agua con la que se irrigan los cultivos, además, se esperaría una gestión sostenible del recurso hídrico, considerando la protección y conservación de las fuentes de agua que alimentan las infraestructuras de captación y distribución

16.4 Económicos

La aplicación de varios índices de calidad nos permitió conocer la aptitud del agua que captan los cuerpos de agua estudiados, de manera que, la información de los resultados facilita

la compresión del rendimiento del suelo y especies vegetales frente a la irrigación de aguas con altos contenidos de sodio, sales o elementos traza. Permitiendo dar soluciones rápidas, puntuales y eficaces que contrarrestaran las pérdidas económicas por una mala aplicación de tratamientos ineficientes, evitando impactos negativos a la economía de los productores agrícolas. Además, que un producto de mala calidad repercutiría en una pérdida total de la inversión realizada.

17. PRESUPUESTO

Tabla 23. *Presupuesto empleado para la realización del presente trabajo de investigación.*

Detalle	Valor unitario	Unidad	Costo Total
Equipos			
Computadora	300 horas (2)	0.60	360
Conductímetro	15	1	15
pH Meter	15	1	15
Materiales y Suministros			
Libreta	1.50	1	1.50
Esferos	0.50	1	0.50
Resma de hojas	5	1	5
Análisis físicos, químicos y biológicos ANAVANLAB y CICAM			
Análisis del laboratorio ANAVANLAB	471	2	942
Análisis del laboratorio CICAM	471,52	2	943,04
Otros			
Alimentación	2,5	24	60
Transporte	5,87	24	140,88
Impresiones	15	200	30,00
Total			2 512,92

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

18. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

18.1 Conclusiones

- El índice CCME_WQI determinó que la época seca los canales estatales: Jiménez Cevallos, Norte, Alumis y La Martínez, así como río Patoa, se encuentran en la clasificación de calidad excelente, a excepción del canal Belisario Quevedo que se sitúa en la clasificación buena. Mientras que, la época lluviosa presenta una variabilidad considerable en los canales: Jiménez Cevallos que debido al parámetro de Coliformes Fecales su calidad se localiza en la clasificación de pobre y el río Patoa presenta una calidad del agua buena. La época seca muestra un nivel elevado de Cr6 ($2 > 0.1$ mg/L) en el canal Belisario Quevedo que puede inducir a problemas fitotóxicos relacionados con la inhibición de la germinación y crecimiento de las raíces, además

de inducción de clorosis que varía según la sensibilidad de las especies irrigada por esta agua.

- El canal Jiménez Cevallos y Belisario Quevedo muestran valores elevados de Coliformes Fecales en la época lluviosa, indicando que este recurso no es apto para el riego en cultivos de hortalizas y frutas que se consumen crudas y con cascara. El canal La Martínez presenta un incumplimiento en el parámetro Fe ($6.47 > 5$ mg/L) lo que puede afectar en la disponibilidad de fósforo y molibdeno en los cultivos. Mientras que el río Patoa excede los umbrales recomendados de los parámetros; Al ($6.82 > 5$ mg/L), que al tener un pH de 7.50 su peligro se descarta debido a su precipitación en forma de $Al(OH)_3$; As ($0.12 > 0.1$ mg/L), puede estar biodisponible en las plantas produciendo toxicidad aguda debido a la ingestión de dosis altas o prolongadas y el Fe ($8.2 > 5$ mg/L).
- Los canales estatales Alumis y Jiménez Cevallos captan recurso hídrico del río cutuchi, cuyo caudal se asocia un 25% a los glaciares del volcán Cotopaxi que en épocas secas y producto del aumento de la temperatura, estos se derriten lo que lleva a un aumento del flujo del agua superficial. Por ende, los análisis y los índices de estos puntos por épocas no están asociadas directamente y en su totalidad a la estacionalidad hidrológica de la época seca.
- Los canales que presentan una salinización y concentración de sodio baja, en la época seca son los canales: Alumis, La Martínez y Belisario Quevedo, también ubicándose en esta clasificación el río Patoa (C1-S1), a excepción del canal Jiménez Cevallos y Norte que poseen la característica de tener una concentración media de sodio y baja en sales (C2-S1). La época lluviosa mantiene a los canales Alumis, La Martínez y Belisario Quevedo con bajas concentraciones de sales y sodio (C1-S1), mientras que el río Patoa presenta la característica de tener una concentración media de sodio y baja en sales (C2-S1), con principal efecto en la dispersión de los coloides del suelo debido a que las aguas que presentan índices de CSR elevados son los canales Jiménez Cevallos, Norte y Alumis para la época seca y los canales la Martínez y Belisario Quevedo en la época lluviosa. Las precipitaciones potencialmente altas en los sitios de muestreo pueden conducir a un aumento del caudal, por lo que la sal tiende a disolverse y, al mismo tiempo, durante las estaciones secas, tienden a reducir el caudal y, concurrentemente, aumentan algunos parámetros, especialmente el de sales ocurriendo este principio en el canal Norte.

- La calidad del agua de riego depende principalmente de la concentración total de constituyentes disueltos. Las sales presentes en los cuerpos de agua que afectan el crecimiento de las plantas, también pueden perturbar la estructura del suelo, afectando la permeabilidad y la aireación, evidenciando que los cuerpos de agua estudiados no representan un riesgo debido a sus condiciones bajas en sal como se muestra en los valores de C.E.
- La época seca refleja que los peligros de presentar complicaciones en la estructura del suelo a causa del Na^+ que puede producir alteraciones en la morfología de este recurso y reducir su capacidad osmótica que dificulta la disponibilidad del agua en las plantas, se muestran en los suelos regados por el canal norte cuyo recurso hídrico proviene de las quebradas Iguilan, Soledad y Tiopulillo teniendo un porcentaje de sodio soluble del 63.4% situándose en la aptitud de tipo dudosa.
- El recurso hídrico que puede presentar posibles riesgos de alcalinizar el medio por la presencia de CO_3 y HCO_3 que precipitan los cationes Ca^{2+} y Mg^{2+} aumentando la concentración del sodio y por ende su toxicidad, para la época seca son los canales: Jiménez Cevallos, y Alumis, a excepción del canal Norte que presenta un recurso no recomendado para el riego. Mientras que para la época lluviosa los cuerpos de agua condicionados a utilizar su recurso son el río Patoa y el canal Belisario Quevedo.
- Para ambas épocas hidrológicas la capacidad de permeabilidad que tiene el agua sobre el suelo se encuentra en las clases I y II, poseyendo calidades que van de excelente a buena, esto debido al bajo contenido de sales presentes en la composición química del agua, corroborado con los valores bajos conductividad eléctrica.
- En cuanto a la dureza, las aguas excepcionalmente duras como la del canal Jiménez Cevallos no son aconsejadas para el riego en suelos sólidos y mínimos en compactación, debido a que no ayudan en el desarrollo de la porosidad del suelo lo que dificulta la filtración del agua, además pueden presentar problemas de obstrucción en sistemas de riego por aspersión debido a las precipitaciones de carbonatos. Pero pueden ser muy buenas para reducir el nivel de alcalinidad del suelo.

18.2 Recomendaciones

- Se debe realizar varias tomas de muestras compuestas, así como establecer una frecuencia similar de monitoreos en ambas épocas, puesto a que la calidad del agua cambia en el espacio y tiempo, de manera que se obtendrán resultados más representativos que indiquen la evolución y los cambios del comportamiento físico-químico del agua que fluye por los cuerpos de agua estudiados.

- Las entidades gubernamentales y no gubernamentales encargados de los sistemas de riego deberán supervisar y dar seguimiento tanto a usuarios y a beneficiarios del recurso hídrico de tal manera que puedan dar cumplimiento a lo establecido en la ley, de tal forma que se evitaría un aumento de los valores de los parámetros analizados.
- Profundizar el estudio de investigación para un sistema de remediación en los canales que presentan parámetros fuera de los LMP según lo establecido en la normativa ambiental vigente.
- Para los productores que no tienen un acceso al agua libre se sales solubles pueden emplear el cultivo de especies tolerantes a las sales, así como sembrar las semillas en camas o surcos elevados que eviten la acumulación de sales alrededor de la semilla y las zonas radiculares de las plantas.

19. BIBLIOGRAFÍA

1. Abrefa Nketia, K., Asamoah, E., Sadick, A., Asenso-Gyambibi, D. & Forkuo, E. K. (2016). Assessment of water quality of Lake Bosomtwe for recreational purposes (Vol. 1). <http://www.prudentjournals.org/IRJAFS>
2. Acosta, J. & Salvadori, J. (2017). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO MEDIANTE EL EMPLEO DE CRITERIOS ACTUALIZADOS. http://www.biblioteca.unlpam.edu.ar/rdata/tesis/a_aceva602.pdf
3. Alcanada, M., Cuellas, M., Poncetta, P., Barragán, S., Inda, E. & Mitidieri, A. (2011). Fertilización en cultivo de tomate protegido: I- Nutrición nitrogenada. Efectos en el suelo y en la producción. Asociación Argentina de Horticultura, 30, 5–11. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwi4_ZDl3f71AhUkSTABHTwKCYkQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.horticulturaar.com.ar%2Fes%2Fpdf%2F85%2Ffertilizacion-en-cultivo-de-tomate-protegido-i-nutricion-nitrogenada-efectos-en-el-suelo-y-en-la-produccion.pdf&usg=AOvVaw31dbB9UMw9DCJwqrXH1ad8
4. Aragüés, R. (2011, June). Calidad del agua para el riego: Efectos sobre plantas y suelos. Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA), Unidad de Suelos y Riegos (Unidad Asociada EEAD-CSIC), 18–23. www.cita-aragon.es
5. Asedegbega Nieto, E., Alvarez Rodriguez, J. & Munoz Andres, V. (2019). Gestión y conservación de aguas y suelos. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/124639>
6. Avilés, H. (2006). El valor del agua en la agricultura. 5, 5.
7. Ayers, R. S. & Westcot, D. W. (1985). Water quality for agriculture (1st ed.). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/t0234e/t0234e00.htm>
8. Balmaseda Espinosa, C. & García Hidalgo, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23, 11–16. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf>
9. Bautista, F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales pesados. Universidad Autónoma de Yucatán, 4–59. <https://www.researchgate.net/publication/236954595>
10. Burga, S. (2019). Caracterización Litológica – Estructural y Evaluación de los Deslizamientos en la zona de Cachi, Pujilí, Provincia de Cotopaxi. 88.
11. Bustamante Troya, M. (2012). DIAGNÓSTICO PRELIMINAR DE LA CONTAMINACIÓN EN EL RÍO CUTUCHI Y PROPUESTA DE UN SISTEMA DE DEPURACIÓN PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE SALCEDO. <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/6432/9.20.001884.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
12. Bustos Toled, M. C. (2019). Análisis químico de composición de aguas naturales para establecer línea base en lago Toro del parque nacional Huerquehue.
13. Bressa Rudi. (2021, March 30). Escasez de agua | 6 formas de reducir el consumo de agua en la agricultura. Food Unfolder. <https://www.foodunfolded.com/es/articulo/escasez-de-agua-6-formas-de-reducir-el-consumo-de-agua-en-la-agricultura>
14. Calle Pinzón, J. P. (2012). Evaluación de los efectos de la calidad de agua en la productividad de los cultivos en los barrios la Morita, La Tola, El Arenal, La Esperanza y Collaquí ubicados en la parroquia de Tumbaco, Cantón Quito, provincia de Pichincha

- [Trabajo de Grado, Universidad Central del Ecuador].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/406/1/T-UCE-0012-121.pdf>
15. Camarco, J. A. & Alonso, A. (2007, December 3). Contaminación por nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos: problemas medioambientales, criterios de calidad del agua, e implicaciones del cambio climático. *Asociación Española de Ecología Terrestre*, 98–108.
<https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/457>
 16. Campos Pinilla, C. (2003). INDICADORES DE CONTAMINACION FECAL EN AGUAS. In *Agua potable para comunidades rurales, reusó y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas* (1st ed., Vol. 1, pp. 224–229). Red Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.
http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/ripda/pdfs/Capitulo_20.pdf
 17. Canadian Council of Ministers of the Environment. (2017). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life.
http://www.ccme.ca/en/resources/canadian_environmental_quality_guidelines/calculators.html.
 18. Cánovas Cuenca, J. (1986). Calidad agronómica de las aguas de riego. Servicio de Extensión Agraria, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación,
 19. Carabalí Quinteros, J., Gómez García, J., Solano, M., Llumiquinga, G., Burgos, C. & Carrera Villacrés, D. (2019). Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglhuayco | Siembra. *SIEMBRA*, 6.
<https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/1641/2474>
 20. Carvajal, S. R. (2017). La Dureza del agua y su importancia en el riego por goteo. *Artículo Técnico INTAGRI*, 19, 1–5. <https://www.intagri.com/articulos/agua-riego/la-dureza-del-agua-y-su-importancia-en-el-riego-por-goteo?p=registro#>
 21. Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J. & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111–124.
<https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
 22. Castro, E. J. (2020). “EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE MEDIA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020”. 95.
 23. Carrión, M. (2020, March 20). ¿Cuánta agua hay en el planeta? . *El Ágora*.
<https://www.elagoradiario.com/agorapedia/cuanta-agua-planeta/>
 24. Centro Canario del Agua. (1999). MINERALIZACIÓN CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA DUREZA ALCALINIDAD IONES (SHÖLLER) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. Fundación Del Centro Canario Del Agua.
<http://wyagric.state.wy.us/aslab/wmterms.htm>
 25. Choudhary, O. P., Kaur, G. & Benbi, D. K. (2007). Influence of long-term sodic-water irrigation, gypsum, and organic amendments on soil properties and nitrogen mineralization kinetics under rice-wheat system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 38(19–20), 2717–2731. <https://doi.org/10.1080/00103620701662968>
 26. Cicerone, D. (2007a). Contaminación y medio ambiente. Eudeba.
<https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/101411>
 27. Cicerone, D. (2007b). Contaminación y medio ambiente. Eudeba.
<https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/101411>

28. Custodio, E. & Llamas, M. (1983). Hidrología Subterránea. In E. O. S.A. (Ed.), Ediciones Omega (2nd ed., Vol. 1). https://www.academia.edu/41067940/Custodio_Llamas_Tomo
29. Division of Toxicology and Human Health Sciences. (2012). Resumen de Salud Pública: Cromo (Chromium). www.atsdr.cdc.gov/es
30. Dorronsoro, C. (2010). Introducción a la Edafología. Programa. Edafología.Net. <http://www.edafologia.net/introeda/tema00/progr.htm>
31. ECOLAP, & MAE. (2007). Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. [parque-nacional-Cotopaxi. https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/parque-nacional-cotopaxi/parque-nacional-cotopaxi.pdf](https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/parque-nacional-cotopaxi/parque-nacional-cotopaxi.pdf)
32. Encinas Malagón, M. D. (2011). MEDIO AMBIENTE Y CONTAMINACIÓN. PRINCIPIOS BÁSICOS MARÍA DOLORES ENCINAS MALAGÓN (1st ed.). <https://www.docsity.com/es/contaminacion-y-ambiente/4946715/>
33. Ewaid, S. H. (2016). Water quality evaluation of Al-Gharraf river by two water quality indices. *Appl Water Sci.* <https://doi.org/10.1007/s13201-016-0523-z>
34. Fabián, D. Q. (2010). Análisis estadístico de los parámetros DQO, DBO Y SS de las cargas residuales urbanas en el ensuciamiento de las membranas de ósmosis inversa. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/4858/3/0622200_00000_0000.pdf
35. Fernando Londoño-Franco, L., Londoño-Muñoz, P. T. & Muñoz-García, G. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL RISK OF HEAVY METALS IN HUMAN AND ANIMAL HEALTH RISCO DE METAIS PESADOS NA SAÚDE HUMANA E ANIMAL. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 146–151. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
36. GAD, G. A. D. de la P. de C. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial (p. 331). Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi; https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/2021/PDYOT/PDYOTCOTOPAXI_2021-2025.pdf. https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/2021/PDYOT/PDYOTCOTOPAXI_2021-2025.pdf
37. García, A. (2015). MANEJO DE SUELOS CON ACUMULACION DE SALES. VIII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo, 6, 1–26. <http://www.secsuelo.org/wp-content/uploads/2015/06/2-Manejo-de-suelos-con-acumulacion-de-sales-Garcia-A.pdf>
38. Garrido Valero, Soledad. (1996). Prácticas agrarias compatibles con el medio natural: el agua. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Centro de Publicaciones.
39. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. (2021). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Provincial 2021- 2025. In Obtenido de http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000110001_FINAL-PDYOT-COTOPAXI-2015_17-08-2015_18-17-17.pdf. https://www.cotopaxi.gob.ec/images/Documentos/2021/PDYOT/PDYOTCOTOPAXI_2021-2025.pdf
40. Gómez, J. J. C., Muñoz, R. B., & Hernández, M. de L. (2015). Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. 13.
41. Gómez Castellón, J. J., Bernal Muñoz, R. & Hernández Rodríguez, M. de L. (2015). CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN LA AGRICULTURA. Universidad Autónoma de Yucatán, 19, 39–50.

- <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj1yKuAhr1AhXal2oFHWrRBEoQFnoECDQQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.redalyc.org%2Fpdf%2F467%2F46750924004.pdf&usg=AOvVaw3hlqeM0soDjluYMetgbkFR>
42. Gualli Aragadway, C. O. & Mena Maldonado, A. E. (2017). Evaluación de los efectos eco toxicológicos del cromo hexavalente, mediante bioensayos en *Zantedeschia aethiopica* Y *Helianthus annuus*. <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/6317/1/236T0254.pdf>
 43. HANNA. (2019, March). ¿Qué es la turbidez? Análisis de Agua. <https://hannainst.com.mx/boletines/que-es-la-turbidez/>
 44. IDEAM. (2020). Hoja metodología del Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales. <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/646961/3.02+HM+%C3%8Dndice+Calidad+Agua.pdf/310580af-1ed1-4cbf-ade3-9d8c529c4220>
 45. Intagri. (2018). Disponibilidad de Nutrimientos y el pH del Suelo. In Serie Nutrición Vegetal: Vol. Núm. 113. (Issue Artículos Técnicos de INTAGRI., p. Mexico.4p.). <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/disponibilidad-de-nutrimientos-y-el-ph-del-suelo>
 46. Irassar, E. F., & Maio, A. D. (2010). *TÓPICO 1 – Patologías de las construcciones*. 17.
 47. Jácome Mestanza, F. (2009, diciembre 10). Guía Interpretativa del Parque Nacional Cotopaxi. studylib.es. <https://studylib.es/doc/6931995/guía-interpretativa-del-parque-nacional-cotopaxi>
 48. Järup, L. & Åkesson, A. (2009). Current status of cadmium as an environmental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 238(3), 201–208. <https://doi.org/10.1016/J.TAAP.2009.04.020>
 49. Jiménez, B. E. (2001). La contaminación ambiental en México. Editorial Limusa. en:<http://books.google.com.ec/books?id=8MVxlyJGokIC&pg=PA126&lpg=PA126&dq=tama%C3%B1os+de+s%C3%B2lidos+suspendidos&source=bl&ots=iSyB_OHvzC&sig=8JkA0G32MhE6hA4mUrh0DMM0caI&hl=es&sa=X&ei=iIRwT7mC42TtwfXPXoDA&ved=0CDgQ6AEwBDgU#v=onepage&q=tama%C3%B1os%20de%20s%C3%B2lidos%20suspendidos&f=false>
 50. Julián-Soto, F. (2010). La dureza del agua como indicador básico de la presencia de incrustaciones en instalaciones domésticas sanitarias. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 11(2), 167–177. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432010000200004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
 51. Lamz Piedra, A. & González Cepero, M. (2013). LA SALINIDAD COMO PROBLEMA EN LA AGRICULTURA: LA MEJORA VEGETAL UNA SOLUCIÓN INMEDIATA Review Salinity as a problem in agriculture: plant breeding an immediate solution. *Cultivos Tropicales*, 34(4), 31–42. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193228546005.pdf>
 52. Lingaswamy, M. & Saxena, P. R. (2015). Water Quality of Fox Sagar Lake, Hyderabad, Telangana State, India, Its Suitability for Irrigation Purpose. In *International Journal of Advanced Research in Science and Technology* (Vol. 4). www.ijarst.com
 53. Llerena Mayorga, P. E. (2016). Comportamiento iónico-pluvial en la cuenca del Cutuchi durante invierno y verano 2013 Resumen. FIGEMPA: Investigación y Desarrollo, 1.
 54. MAE. (2015). Valoración Económica del aporte de las Áreas Protegidas a la Nueva Matriz Energética del Ecuador: Sector Hidroeléctrico. 1.

- https://www.academia.edu/22176276/Valoraci%C3%B3n_Econ%C3%B3mica_del_Aporte_de_las_%C3%81reas_Protegidas_a_la_Nueva_Matriz_Energ%C3%A9tica_del_Ecuador_Sector_Hidroel%C3%A9ctrico
55. Madigan, M. T., Martinko, J. M., Bender, K. S., Buckley, D. H. & Stahl, D. A. (2015). *Biología de los Microorganismos* (M. M. Romo, Ed.; 14a, Vol. 1). Pearson Educación. https://www.academia.edu/39077515/Biología_de_los_microorganismos_BROCK
 56. Mañas, F. M. de S. O. & López Fuster, P. (2008). *Agua y Agronomía*. Mundi-Prensa. <https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/35814>
 57. Martínez, R. (2010, enero 21). *¿Por qué se deteriora una estructura de hormigón?* Interempresas. <https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37070-Estructuras-de-hormigon.html>
 58. Martínez, Z., González, M. S., Paternina, J. & Cantero, M. (2017, May 18). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Córdoba-Colombia Crop soils pollution by heavy metals, the Alacran mining área, Córdoba-Colombia. *Temas Agrarios*, 20–28. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/941/1182>
 59. Medina Valdovinos, E. K., Raúl, O., Villa, M., Larios, M. M., Darío Guevara Gutiérrez, R., Luis, J., López, O. & Barreto García, O. A. (2016). Calidad del agua para riego y suelos agrícolas en Tuxcacuesco, Jalisco Quality water for irrigation and agricultural land in Tuxcacuesco, Jalisco.
 60. Mejía Clara, M. R. (2005). Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras. moz-extension://811a97e0-3b08-4db0-b79f-296cafc75dac/enhanced-reader.html?openApp&pdf=http%3A%2F%2Forton.catie.ac.cr%2Frepdoc%2FA0602e%2FA0602e.pdf
 61. Ministerio de Medio Ambiente. (2000). *Libro Blanco del Agua (Año 2000)* | Hispagua. Centro de Publicaciones Secretaría General Técnica. <https://hispagua.cedex.es/node/66958>
 62. Miranda, F. G. G., & Rosales, V. M. (2018). EUTROFIZACIÓN, UNA AMENAZA PARA EL RECURSO HÍDRICO (Vol. 2, p. 15). <http://ru.iiec.unam.mx/4269/>
 63. Mook, Willem Gerrit. (2002). *Isótopos ambientales en el ciclo hidrológico* (Vol. 1). IGME. <http://www-naweb.iaea.org/napc/ih/documents/LIBRO%20ISOTOPOS/PDF%20Isotopos-I/Seccion9.pdf>
 64. National Irrigation Water Quality Program (U.S.). (1998). Guidelines for Interpretation of the Biological Effects of Selected Constituents in Biota, Water, and Sediment. In *Quality Program No. 3*. https://clu-in.org/download/contaminantfocus/arsenic/Dept_Interior_Guidelines.pdf
 65. Ñaupas, H., Marcelino, P., Valdivia, R., Jesús, D., Palacios, J., Hugo, V. & Delgado, E. R. (2018). *Metodología de la investigación Cuantitativa-Cualitativa y Redacción de la Tesis* (5th ed.). Ediciones de la U. <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2020/01/Metodologia-de-la-inv-cuanti-y-cuali-Humberto-Naupas-Paitan.pdf>
 66. Navarro, M. O. (2007). *Demanda Bioquímica de Oxígeno*. (No. 02; TP0087). <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioquímica+de+Oxígeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

67. NTE INEN 2176-1 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. TÉCNICAS DE MUESTREO. (2013).
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_2176-1.pdf
68. NTE INEN 5667-3 (Ed.). (2014). NTE INEN 5667-3:2012 CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. PARTE 3: CONSERVACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA.
https://drive.google.com/file/d/1V4d5xqdorIbxY5wVXWOcQZYthp5FPJ5z/view?usp=sharing&usp=embed_facebook
69. Organización Panamericana de la Salud. (2021). EVALUACIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS OFICINA REGIONAL PARA LAS Américas.
https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53292/9789275323250_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
70. Organización de las Naciones Unidas. (2014, October 22). El agua, fuente de vida 2005-2015. Calidad del agua. ONU-AGUA.
<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
71. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2005). Enfoques: Uso del agua en la agricultura. Departamento de Agricultura y Protección Del Consumidor. <https://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm>
72. Organización Panamericana de la Salud. (2021). EVALUACIÓN DE RIESGOS MICROBIOLÓGICOS EN ALIMENTOS OFICINA REGIONAL PARA LAS Américas.
https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/53292/9789275323250_spa.pdf?sequence=1&isAllowed=y
73. ONU. (2014, octubre 22). Decenio Internacional para la Acción «El agua, fuente de vida» 2005-2015. Áreas temáticas: Calidad del agua.
<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>
74. Peregrino Ibarra, C. P. (2016). Caracterización y cuantificación de las especies de arsénico presentes en acuíferos que abastecen de agua potable a la Ciudad de Chihuahua. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/588/1/Tesis%20Claudia%20Patricia%20Peregrino%20Ibarra.pdf>
75. Puñales Tartabull, T. & Betancourt Aguilar, C. R. (2016). LA CALIDAD DEL AGUA PARA EL RIEGO. PRINCIPALES INDICADORES DE MEDIDA Y PROCESOS QUE LA IMPACTAN. Científica Agroecosistemas, 47–61.
<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/ras>
76. Raffo Lecca, E. & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Industrial Data, 71–81.
<https://www.redalyc.org/pdf/816/81640855010.pdf>
77. Ramírez González, A. & Viña-Vizcaíno, G. (1998). Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Editorial Panamericana. Bogotá, Colombia.
78. Raihan, F. & Alam, J. (2008). Assessment of Groundwater Quality in Sunamganj of Bangladesh. Iranian Journal of Environmental Health, Science and Engineering, 155–166. <http://www.bioline.org.br/request?se08028>
79. Real Academia Española. (2021). Diccionario de la lengua española. Versión 23.5. <https://dle.rae.es>
80. Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (Vol. 78, Issue 2). LWW.
81. Rodríguez, E. M. & Franco, L. M. M. (2000). Manual de toxicología básica. Ediciones Díaz de Santos.

- <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=tGifQZogzZ0C&oi=fnd&pg=PR11&dq=Manual+de+Toxicologia+Basica&ots=p5K5Idhzz7&sig=wvhVA-7AwAN9jwJg9t6y-4gFVdo>
82. Román, S. (2020). La gran importancia de nitrógeno en las plantas. In VITRA. <https://www.agrovitra.com/wp/wp-content/uploads/2020/10/Importancia-del-Nitrógeno-en-las-plantas-Fernanda-Habit.pdf>
 83. Romero, F. I., Cozano, M. A., Gangas, R. A., & Naulin, P. I. (2014). Zonas ribereñas: Protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque (Valdivia)*, 35(1), 3-12. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002014000100001>
 84. Singh, C. S., Gupta, S. K. & Ram, S. (1996). Assessment and management of poor quality waters for crop production: A simulation model (SWAM). *Agricultural Water Management*, 30(1), 25–40.
 85. Todd, D. K. (1995). Ground-water hydrology. In John Wiley and Sons Publications (Vol. 113, Issue 2831, p. 175). Wiley. <https://doi.org/10.2136/sssaj1960.03615995002400030004x>
 86. Wilcox, L.V. (1955). Classification and use of irrigation waters (Issue 969). US Department of Agriculture.
 87. Wong, V. N. L., Greene, R. S. B., Murphy, B. W., Dalal, R. & Mann, S. (2006). Carbon dynamics in salt-affected soils. 18th World Congress of Soil Science (July 9-15, 2006). Philadelphia, USA.
 88. Yupa, M. L., Albarrasín, P. & García, V. M. (2020). Determinación de caudales ecológicos en el río Cutuchi, Ecuador. *Revista Bases de La Ciencia*. e-ISSN 2588-0764, 5(2), 33. https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v5i2.2401
 89. Zarzosa Gonzalez, H. J. & Aragoneses Lopez, S. (2020). Fundamentos de Ingeniería ambiental y del agua. Dextra Editorial. <https://elibro.net/es/lc/utcotopaxi/titulos/>.

20. ANEXOS

20.1 ANEXO A. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Tabla 24. Resultados y su comparación con los LMP del AM 097-A, Anexo 1 tabla 3 y 4.

Parámetros		ÉPOCA SECA							
		Fecha del muestreo:		27/9/2021	7/6/2021	14/6/2021	21/6/2021	28/6/2021	12/7/2021
		Sitio del muestreo:		Río Cutuchi	Estatal Norte	Canal Alumís	Río Patoa	La Martínez	Belisario Quevedo
		Unidad	LMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Aceites y grasas		mg/L	Ausencia	<10	<5	<5	<5	<5	<5
Aluminio	Al	mg/L	5	1.38	<0,5	2.43	2.96	1.41	0.242
Arsénico	As	mg/L	0.1	0.0156	<0,005	<0,005	0.029	0.011	<0,005
Bario	Ba	mg/L		<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Bicarbonatos	HCO ₃	mg/L		421.7	206.4	103.2	129	86.6	44.6
Cadmio	Cd	mg/L	0.05	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Calcio	Ca	mg/L		23.15	6.98	5.31	9.43	7.97	2.18
Carbonatos	CO ₃	mg/L		<5	<5	<5	<5	<5	<5
Cianuro total	CN	mg/L		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobre	Cu	mg/L	0.20	0.10	<0,10	<0,10	<0,10	0.12	<0,10
Coliformes fecales		NMP/100mL	1000	460	93	<3	150	93	<3
Color real		U. Pt-Co		20	11	23	56	26	26
Cromo hexavalente	Cr (VI)	mg/L	0.1	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050	<2
DBO	DBO	mg/L		57	<10	<10	<10	<10	<10
DBO5	DBO5	mg/L		3	<2	<2	<2	<2	<2
Fluoruros	F-	mg/L		1.11	0.76	0.41	0.33	0.11	0.08
Hierro total	Fe	mg/L	5	0.36	0.22	0.62	4.36	1.1	0.62
Magnesio	Mg	mg/L		42.13	3.09	2.69	9.31	5.91	3.11

Tabla 25. Resultados y su comparación con los LMP del AM 097-A, Anexo 1 tabla 3 y 4.

Parámetros		ÉPOCA LLUVIOSA							
		Fecha del muestreo:		31/5/2021	20/9/2021	17/11/2021	8/10/2021	8/10/2021	17/11/2021
		Sitio del muestreo:		Río Cutuchi	Estatal Norte	Canal Alumís	Río Patoa	La Martínez	Belisario Quevedo
		Unidad	LMP	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado
Aceites y grasas		mg/L	Ausencia	<5	<10	AUSENCIA	<10	<10	AUSENCIA
Aluminio	Al	mg/L	5	1	0.079	1.4	6.82	3.5	1.5
Arsénico	As	mg/L	0.1	0.018	0.0076	<0,0005	0.12	0.020	<0,0005
Bario	Ba	mg/L		<0,5	<0,5	<1,0	<0,5	<0,5	<1,0
Bicarbonatos	HCO ₃	mg/L		324.5	122.2	84.6	199.1	83.3	112.8
Cadmio	Cd	mg/L	0.05	<0,001	<0,001	<0,010	<0,001	<0,001	<0,01
Calcio	Ca	mg/L		31	13.76	6.3	17	6.83	7.8
Carbonatos	CO ₃	mg/L		<5	<5	<10,0	<5	<5	<10,0
Cianuro total	CN	mg/L		<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Cobre	Cu	mg/L	0.20	<0,10	<0,10	<0,050	0.11	<0,10	<0,050
Coliformes fecales		NMP/100mL	1000	460000	93	7.3	23	23	1119.90
Color real		U. Pt-Co		15	8	207	46	61	130
Cromo hexavalente	Cr (VI)	mg/L	0.1	<0,050	<0,050	<0,010	<0,050	<0,050	<0,010
DBO	DBO	mg/L		<10	<10	21	18	31	29
DBO5	DBO5	mg/L		<2	<2	15	<2	<2	21
Fluoruros	F-	mg/L		1.04	1.06	0.32	0.32	0.17	<0,05
Hierro total	Fe	mg/L	5	2.05	0.12	0.46	8.2	6.47	0.7
Magnesio	Mg	mg/L		42	24.3	3.08	10.45	3.83	3.17
Manganeso	Mn	mg/L	0.2	0.19	<0,1	<0,1	0.1	<0,1	<0,1

Tabla 26. Resultados de la calidad del agua en los cuerpos hídricos objetos de estudio. Correspondiente a las época seca y lluviosa.

ÉPOCAS	FACTORES DEL CÁLCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
		Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal la Martínez	Canal Belisario Quevedo
SECA	ALCANCE (F1)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
	FRECUENCIA (F2)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.6
	AMPLITUD (F3)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3
CCME_WQI		100	100	100	100	100	94.5
LLUVIOSA	ALCANCE (F1)	5.6	0.0	0.0	16.7	5.6	5.6
	FRECUENCIA (F2)	5.6	0.0	0.0	16.7	5.6	5.6
	AMPLITUD (F3)	96.2	0.0	0.0	6.3	1.6	0.7
CCME_WQI		44.3	100	100	85.9	95.4	95.4

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 27. Valores considerados para su aplicación en el diagrama de Wilcox.

ÉPOCA SECA						
SITIO	PUNTO	Na	Ca	Mg	RAS	C.E.
		meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	μS/cm
Canal estatal Jiménez Cevallos	P1	2.44	1.16	3.47	1.61	314
Canal estatal Norte	P2	0.53	0.35	0.25	0.97	271
Canal estatal Alumis	P3	0.42	0.26	0.22	0.84	74
Río Patoa	P4	0.66	0.47	0.77	0.83	160
Canal La Martínez	P5	0.40	0.40	0.49	0.60	107
Canal Belisario Quevedo	P6	0.20	0.11	0.26	0.46	63
ÉPOCA LLUVIOSA						
SITIO	PUNTO	Na	Ca	Mg	RAS	C.E.
		meq/L	meq/L	meq/L	meq/L	μS/cm
Canal estatal Jiménez Cevallos	P1	1.26	1.55	3.46	0.80	584
Canal estatal Norte	P2	1.96	0.69	2.00	1.69	387
Canal estatal Alumis	P3	0.35	0.31	0.25	0.66	74
Río Patoa	P4	0.36	0.85	0.86	0.39	254
Canal La Martínez	P5	0.63	0.34	0.32	1.11	94
Canal Belisario Quevedo	P6	0.20	0.39	0.26	0.34	108

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 28. Resultados del PSS obtenido en los seis puntos de muestreo

ÉPOCA SECA						
CÁLCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal La Martínez	Canal Belisario Quevedo
Na meq/L	2,44	0,53	0,42	0,66	0,40	0,20
K meq/L	0,18	0,51	0,21	0,08	0,04	0,04
Ca meq/L	1,16	0,35	0,26	0,47	0,40	0,11
Mg meq/L	3,47	0,25	0,22	0,77	0,49	0,26
PSS	36,2	63,4	56,3	37,3	33,1	38,9
EPOCA LLUVIOSA						
Na meq/L	1,26	1,96	0,35	0,36	0,63	0,20
K meq/L	1,60	0,11	0,21	0,75	0,13	0,12
Ca meq/L	1,55	0,69	0,31	0,85	0,34	0,39
Mg meq/L	3,46	2,00	0,25	0,86	0,32	0,26
PSS	36,4	43,5	49,6	39,2	53,9	32,5

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 29. Resultados del CSR para ambas épocas del año.

ÉPOCA SECA						
CALCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal La Martínez	Canal Belisario Quevedo
HCO ₃ meq/L	6.91	3.38	1.69	2.11	1.42	0.73
CO ₃ meq/L	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Ca meq/L	1.16	0.35	0.26	0.47	0.40	0.11
Mg meq/L	3.47	0.25	0.22	0.77	0.49	0.26
CSR	2.46	2.95	1.37	1.04	0.70	0.53
ÉPOCA LLUVIOSA						
HCO ₃ meq/L	5.32	2.00	1.39	3.26	1.37	1.85
CO ₃ meq/L	0.17	0.17	0.33	0.17	0.17	0.33
Ca meq/L	1.55	0.69	0.31	0.85	0.34	0.39
Mg meq/L	3.46	2.00	0.25	0.86	0.32	0.26
CSR	0.48	0.52	1.15	1.72	0.88	1.53

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 30. Resultados del índice PI para las épocas seca y lluviosa

ÉPOCA SECA						
CÁLCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal La Martínez	Canal Belisario Quevedo
Na meq/L	2.44	0.53	0.42	0.66	0.40	0.20
HCO ₃ meq/L	6.91	3.38	1.69	2.11	1.42	0.73
Ca meq/L	1.16	0.35	0.26	0.47	0.40	0.11
Mg meq/L	3.47	0.25	0.22	0.77	0.49	0.26
PI	72	209	190	111	124	187
ÉPOCA LLUVIOSA						
Na meq/L	1.26	1.96	0.35	0.36	0.63	0.20
HCO ₃ meq/L	5.32	2.00	1.39	3.26	1.37	1.85
Ca meq/L	1.55	0.69	0.31	0.85	0.34	0.39
Mg meq/L	3.46	2.00	0.25	0.86	0.32	0.26
PI	57	73	166	105	140	184

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 31. Resultados de la alcalinidad de las aguas

ÉPOCA SECA						
CÁLCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal La Martínez	Canal Belisario Quevedo
HCO ₃	421.70	206.40	103.20	129	86.60	44.60
CO ₃	5	5	5	5	5	5
OH	1.26E-07	9.33E-08	9.33E-08	2.95E-07	8.13E-08	8.71E-08
H	7.94E-08	1.07E-07	1.07E-07	3.39E-08	1.23E-07	1.15E-07
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	354.3	177.8	93.2	114.4	79.6	45.2
	Muy Alta	Muy Alta	Media	Alta	Media	Media
ÉPOCA LLUVIOSA						
HCO ₃	324.5	122.2	84.6	199.1	83.3	112.8
CO ₃	5	5	10	5	5	10
OH	2.63E-07	1.26E-07	1.58E-07	3.16E-07	1.26E-07	7.94E-08
H	3.80E-08	7.94E-08	6.31E-08	3.16E-08	7.94E-08	1.26E-07
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	274.6	108.8	86.3	171.8	76.9	109.4
	Muy Alta	Alta	Media	Muy Alta	Media	Alta

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

Tabla 32. Clasificación del agua según su dureza CaCO_3

ÉPOCA SECA						
CÁLCULO	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	Canal Estatal Jiménez Cevallos	Canal Estatal Norte	Canal Estatal Alumis	Río Patoa	Canal La Martínez	Canal Belisario Quevedo
Ca	23.15	6.98	5.31	9.43	7.97	2.18
Mg	42.13	3.09	2.69	9.31	5.91	3.11
Dureza (mg/L CaCO_3)	233.42	30.33	24.48	62.37	44.55	18.41
	Dura	Suave	Suave	Suave	Suave	Suave
ÉPOCA LLUVIOSA						
Ca	31.00	13.76	6.30	17.00	6.83	7.80
Mg	42.00	24.30	3.08	10.45	3.83	3.17
Dureza (mg/L CaCO_3)	252.5	135.7	28.6	86.0	33.0	32.7
	Dura	Media	Suave	Media	Suave	Suave

Elaborado por: Manuel Cuvi y David Ruiz (2022)

20.2 ANEXO B. RESULTADO DE LABORATORIO ÉPOCA SECA

Figura 23. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Canal Estatal Alumís época seca.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL		CICAM	
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.-(+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito - Ecuador			
Fecha: 21 de junio de 2021		No.IRS-21-238	
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:	
Nombre del Cliente/ Empresa:	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotacachi	Fecha de recepción:	2021-06-14
Nombre del Representante:	Jorge Gonzalo Guamán Coronel	No. Oferta de Servicio:	OF20-174
Cédula / RUC:	0560000110001	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-068
Dirección:	Tarqui N° 507 y Quito	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Teléfono convencional:	(03) 2800 416 - 2800 418	Código de la muestra:	MS-21- 238
Teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Correo electrónico:	mpadillajacom@yahoo.com	Fecha de análisis:	14 al 21 de junio de 2021
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	4,6°C
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE			
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:
Fecha de muestreo:	2021-06-14	Plástico	1
Rotulación de la muestra:	003	Plást. estéril	1
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1
Lugar de muestreo:	Canal Estatal Alumís UTM (17M)	Vidrio ámbar	1
		Vidrio ámbar	1
Origen de la muestra:	X=770970 Y=9924195 Altitud: 3200 m		
Responsable de muestreo:	Cliente		
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹⁰¹ Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
¹⁰² Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10
¹⁰³ Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	23
¹⁰⁴ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2
¹⁰⁵ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
¹⁰⁶ pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	6,97
¹⁰⁷ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	90
¹⁰⁸ Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	10,6
¹⁰⁹ Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,43
¹¹⁰ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
¹¹¹ Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
¹¹² Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	103,2
¹¹³ Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001
¹¹⁴ Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,31
¹¹⁵ Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5
¹¹⁶ Cianuro total	PE-23/ SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
¹¹⁷ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 3
¹¹⁸ Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
¹¹⁹ Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,41
¹²⁰ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,62
¹²¹ Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,69
¹²² Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,1
¹²³ Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001
F-PT-08-06		Página 1 de 2	
		Versión 03 Vigencia:2020-12-09	
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
¹²⁴ Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	3,82
¹²⁵ Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
¹²⁶ Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
¹²⁷ Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	8,25
¹²⁸ Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
¹²⁹ Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	9,56
¹³⁰ Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
¹³¹ TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
¹³² Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,05
Acreditaciones:			
¹³³ Acreditación CICAM SAE N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gob.ec			
¹³⁴ Parámetro no acreditado			
Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.			

Figura 24. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Canal Jiménez Cevallos época seca.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL <small>Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito – Ecuador</small>			
INFORME DE RESULTADOS			
Fecha: 11 de junio de 2021		No.IRS-21-182	
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:	
Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel Cédula / RUC: 0560000110001 Dirección: Tarqui N° 507 y Quito Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418 Teléfono celular: 0998049714 Correo electrónico: mpadillajacom@yaho.com		Fecha de recepción: 2021-05-31 No. Oferta de Servicio: OF20-174 No. Solicitud de trabajo: ST-21-055 Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad Código de la muestra: MS-21- 182 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253 Fecha de análisis: 31 de mayo al 11 de junio de 2021 Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,4°C	
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE			
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:
Fecha de muestreo:	2021-05-31	Plástico	1
Rotulación de la muestra:	003	Plást. estéril	1
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1
Lugar de muestreo:	Bocatoma Río Cutuchi	Vidrio ámbar	1
Origen de la muestra:	UTM (17M) X=765503 Y=9895661	Vidrio ámbar	1
Responsable de muestreo:	Cliente		
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
^(a) Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10
^(a) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	15
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
^(a) pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	7,42
^(a) Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	428
^(a) Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	10,8
^(c) Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,00
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,018
^(c) Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
^(c) Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	324,5
^(c) Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001
^(c) Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	31
^(c) Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5
^(c) Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
^(c) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6 x 10 ⁵
^(c) Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
^(c) Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	1,04
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,05
^(c) Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	42
^(c) Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,19
^(c) Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001
F-PT-08-06		Página 1 de 2	
		Versión 03 Vigencia:2020-12-09	
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	7,25
^(c) Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	0,27
^(c) Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
^(c) Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	62,5
^(c) Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
^(c) Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	28,9
^(c) Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	31
^(c) TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
^(c) Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	<0,050

Figura 25. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Canal Norte época seca.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL		CICAM	
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext. 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@cpn.edu.ec Quito – Ecuador			
Fecha: 17 de junio de 2021		No.IRS-21-202	
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:	
Nombre del Cliente/ Empresa:	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotacachi	Fecha de recepción:	2021-06-07
Nombre del Representante:	Jorge Gonzalo Guamán Coronel	No. Oferta de Servicio:	OF20-174
Cédula / RUC:	0560000110001	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-061
Dirección:	Tarqui N° 507 y Quito	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Teléfono convencional:	(03) 2800 416 - 2800 418	Código de la muestra:	MS-21- 202
Teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Correo electrónico:	mpadillajacome@yahoo.com	Fecha de análisis:	07 al 16 de junio de 2021
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	4,8°C
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE			
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Plástico
Fecha de muestreo:	2021-06-07	Nº de envases:	1
Rotulación de la muestra:	002	Preservante:	Ácido
Tipo de muestreo:	Puntual		No
Tipo de muestra:	Agua Natural		No
Lugar de muestreo:	Canal Estatal Norte		Básico
	UTM (17M)		No
	X=766109		Ácido
	Y=9918431		Ácido
Origen de la muestra:	Altitud: 3024 m		
Responsable de muestreo:	Cliente		
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁴⁾ Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽⁴⁾ Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10
⁽⁴⁾ Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	11
⁽⁴⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2
⁽⁴⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
⁽⁴⁾ pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	6,97
⁽⁴⁾ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	224
⁽⁴⁾ Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	10,1
⁽⁴⁾ Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
⁽⁴⁾ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
⁽⁴⁾ Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
⁽⁴⁾ Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	206,4
⁽⁴⁾ Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001
⁽⁴⁾ Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	6,98
⁽⁴⁾ Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5
⁽⁴⁾ Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
⁽⁴⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml.	9,3 x 10
⁽⁴⁾ Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
⁽⁴⁾ Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,76
⁽⁴⁾ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,22
⁽⁴⁾ Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,09
⁽⁴⁾ Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,1
⁽⁴⁾ Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001
⁽⁴⁾ Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B/ Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
⁽⁴⁾ Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
⁽⁴⁾ Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
F-PT-08-06 Página 1 de 2 Versión 03 Vigencia: 2020-12-09			
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁴⁾ Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	20,0
⁽⁴⁾ Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
⁽⁴⁾ Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	12,29
⁽⁴⁾ Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	19
⁽⁴⁾ TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽⁴⁾ Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,05

Figura 26. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Río Patoa época seca.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL		CICAM		
Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito - Ecuador				
INFORME DE RESULTADOS		No.IRS-21-244		
Fecha: 30 de junio de 2021				
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:		
Nombre del Cliente/ Empresa:	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	Fecha de recepción:	2021-06-21	
Nombre del Representante:	Jorge Gonzalo Guamán Coronel	No. Oferta de Servicio:	OF20-174	
Cédula / RUC:	0560000110001	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-073	
Dirección:	Tarqui N° 507 y Quito	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo para evaluación de la calidad	
Teléfono convencional:	(03) 2800 416 - 2800 418	Código de la muestra:	MS-21-244	
Teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253	
Correo electrónico:	mpadillajacome@yahoo.com	Fecha de análisis:	21 al 30 de junio de 2021	
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	4,3°C	
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-06-21	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	004	Plást. estéril	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1	Básico
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1	No
Lugar de muestreo:	Río Patoa, Proyecto San Juan	Vidrio ámbar	1	Ácido
Origen de la muestra:	UTM (17M) X=751307 Y=9893401	Vidrio ámbar	1	Ácido
Responsable de muestreo:	Cliente			
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	
^(a) Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5	
^(a) Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10	
^(a) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	56	
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2	
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10	
^(a) pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	7,47	
^(a) Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	148	
^(a) Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	27,1	
^(a) Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,96	
^(a) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,029	
^(a) Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5	
^(a) Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	129	
^(a) Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001	
^(a) Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	9,43	
^(a) Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5	
^(a) Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010	
^(a) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	1,5 x 10 ²	
^(a) Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050	
^(a) Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,33	
^(a) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,36	
^(a) Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	9,31	
^(a) Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,20	
^(a) Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001	
F-PT-08-06		Página 1 de 2		Versión 03 Vigencia:2020-12-09
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	
^(a) Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3	
^(a) Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06	
^(a) Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005	
^(a) Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,12	
^(a) Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005	
^(a) Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	15,08	
^(a) Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10	
^(a) TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5	
^(a) Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,05	

Figura 27. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Canal Belisario Quevedo época seca.

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(41) Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
(42) Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10
(43) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	26
(44) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2
(45) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
(46) pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	6,94
(47) Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	90
(48) Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	2,89
(49) Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,242
(50) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
(51) Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
(52) Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	44,6
(53) Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001
(54) Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,18
(55) Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5
(56) Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
(57) Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	< 3
(58) Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
(59) Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,08
(60) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	0,62
(61) Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,11
(62) Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,1
(63) Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(64) Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
(65) Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
(66) Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
(67) Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,43
(68) Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
(69) Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,83
(70) Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
(71) TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
(72) Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,05

Figura 28. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos la Martínez época seca.

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁴⁰⁾ Aceites y grasas	PE-14/ SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽⁴¹⁾ Cobre	PE-32/ HH, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,12
⁽⁴²⁾ Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	26
⁽⁴³⁾ Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-06/ SM Ed.23, 2017, 5210 B/ Volumetría	mg/L	< 2
⁽⁴⁴⁾ Demanda química de oxígeno, DQO	PE-01/ SM Ed.23, 2017, 5220 D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
⁽⁴⁵⁾ pH	PE-02/ SM Ed.23, 2017, 4500 - H+ B/ Electrométrico	NA	6,91
⁽⁴⁶⁾ Sólidos totales disueltos	PE-36/ SM Ed.23, 2017, 2540 D/ Gravimetría	mg/L	138
⁽⁴⁷⁾ Turbiedad	PE-12/ SM Ed. 23, 2130 B/ Nefelometría	NTU	15,2
⁽⁴⁸⁾ Aluminio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,41
⁽⁴⁹⁾ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,011
⁽⁵⁰⁾ Bario	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,5
⁽⁵¹⁾ Bicarbonatos (HCO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	86,6
⁽⁵²⁾ Cadmio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,001
⁽⁵³⁾ Calcio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	7,97
⁽⁵⁴⁾ Carbonatos (CO ₃)	SM, Ed 23, 2017, 2320 B/Volumetría	mg/L	< 5
⁽⁵⁵⁾ Cianuro total	PE-23/SM Ed. 23, 2017 4500 CN-E /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
⁽⁵⁶⁾ Coliformes fecales	PE-46/ SM Ed.23, 2017, 9221 B/ Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	93
⁽⁵⁷⁾ Cromo hexavalente	PE-51/ SM Ed.23, 2017, 3500 - Cr B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
⁽⁵⁸⁾ Fluoruros	PE-50/ HH, Ed 7, 2012, 8029/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,11
⁽⁵⁹⁾ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,1
⁽⁶⁰⁾ Magnesio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,91
⁽⁶¹⁾ Manganeso	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,1
⁽⁶²⁾ Mercurio	Absorción atómica / EPA 7470 A	mg/L	< 0,001

F-PT-08-06 Página 1 de 2 Versión 03
Vigencia:2020-12-09

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶³⁾ Nitratos (NO ₃)	PE-37/ SM Ed.23, 2017, 4500-NO3-B; Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
⁽⁶⁴⁾ Nitritos (NO ₂)	PE-21/ SM Ed.23, 2017, 4500 - NO2- B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
⁽⁶⁵⁾ Plomo	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
⁽⁶⁶⁾ Potasio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,44
⁽⁶⁷⁾ Selenio	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	< 0,005
⁽⁶⁸⁾ Sodio	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	9,22
⁽⁶⁹⁾ Sulfatos (SO ₄)	PE-47/ SM Ed.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
⁽⁷⁰⁾ TPH	SM Ed.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 5
⁽⁷¹⁾ Zinc	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	< 0,05

20.3 ANEXO C. RESULTADO DE LABORATORIO ÉPOCA LLUVIOSA

Figura 29. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos Canal Estatal Alumís época

INFORME DE RESULTADOS No. 35268							
1.- DATOS GENERALES							
CLIENTE:	DAVID ALEJANDRO RUIZ HERNANDEZ			TELEFONO:	0963349954		
DIRECCION:	SANGOLQUÍ			ATENCION A:			
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:		CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO	
TIPO DE MUESTRA:		AGUA RIEGO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:		17/11/2021	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:		CANAL ESTATAL ALUMIS 002 WGSB4 17M 0770970;9924195		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:		CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:		17/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:		17/11/2021 al 29/11/2021	
3.- RESULTADOS							
NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 3. CRITERIOS CALIDAD AGUAS RIEGO AGRICOLA							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Aceites y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	1,4	5	CUMPLE	14,5%
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,1	CUMPLE	25,9%
1	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0			20,0%
1	Bicarbonatos	AAA-PE-A040 / SM 2320 B	mg/L	84,6			22,1%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,010	0,05	CUMPLE	20,0%
1	Calcio	AAA-PE-A013/ SM 3500 - Ca B	mg/L	6,3			17,4%
1	Carbonatos	AAA-PE-A040 / SM 2320 B	mg/L	< 10,0			12,1%
1	Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 - CN E.	mg/L	< 0,010			16,6%
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050	0,2	CUMPLE	20,0%
1	Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A015/ SM 9223 B	NMP/100mL	7,3	1000	CUMPLE	NA
1	Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	207			6,2%
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010	0,1	CUMPLE	16,6%
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	15			23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	21			18,7%
1	Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500-F D	mg/L	0,32	1	CUMPLE	3,8%
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-A020/ SM 5520 F	mg/L	< 0,05			28,0%
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,46	5,0	CUMPLE	25,5%
1	Magnesio	AAA-PE-A014/ SM 3500 - Mg B	mg/L	3,08			30,0%
1	Manganeso	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,1	0,2	CUMPLE	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010	0,001	CUMPLE	17,7%
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.	mg/L	< 1,0			18,3%
1	Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-NO2 E	mg/L	< 0,01	0,5	CUMPLE	16,6%
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.	unid pH	7,2	6 - 9	CUMPLE	0,5%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,200	5	CUMPLE	30,0%
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	8,1			20,0%
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	0,02	CUMPLE	20,0%
MC0703-08 Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.							
 SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Acreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS							
ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA. Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya. Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca							
 ANAVANLAB Orden No. 35268-35269 Muestra AAALab No. 35268 Página 2 de 2							
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	8,1			20,0%
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B	mg/L	992			3,2%
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	< 10,0	250	CUMPLE	13,4%
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	187,000			1,0%
1	Zinc	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,05	2	CUMPLE	20,0%

Figura 30. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos Canal Norte época lluviosa.

 ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito - Ecuador				
INFORME DE RESULTADOS		No.IRS-21-439		
Fecha: 30 de septiembre de 2021				
DATOS DEL CLIENTE:		DATOS DEL LABORATORIO:		
Nombre del Cliente/ Empresa:	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotacachi	Fecha de recepción:	2021-09-20	
Nombre del Representante:	Jorge Gonzalo Guamán Coronel	No. Oferta de Servicio:	OF20-174	
Cédula / RUC:	0560000110001	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-130	
Dirección:	Tarqui Nº 507 y Quito	Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad		
Teléfono convencional:	(03) 2800 416 - 2800 418	Código de la muestra:	MS-21- 439	
Teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253	
Correo electrónico:	mpadillajacomé@yahoo.com	Fecha de análisis:	20 al 30 de septiembre de 2021	
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	4,4°C	
DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-20	Vidrio ámbar	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	007	Vidrio	1	Ácido
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1	No
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1	Básico
Lugar de muestreo:	Canal Estatal Norte UTM (17M)	Plástico	1	Ácido
Origen de la muestra:	X=766109 Y=9918431			
Responsable de muestreo:	Altitud: 3024 msm Cliente	Plást. estéril	1	No
PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO	
^(a) Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	< 10	
^(a) Cobre	PE-V-32 Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10	
^(a) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	8	
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2	
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10	
^(a) pH	PE-V-02 SM ED 23, 2017, 4500 H+ B/ Electrometría	NA	7,1	
^(a) Sólidos totales disueltos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	302	
^(a) Turbiedad	PE-V-12 SM ED. 23, 2130 B/ Turbidimetría	NTU	1,19	
^(c) Aluminio	PE-V-60 EPA-7000 B / Absorción atómica	mg/L	0,079	
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	0,0076	
^(c) Bario	PE-V-60 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,5	
^(c) Bicarbonatos (HCO ₃)	PE-V-15 SM Ed 23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	122,2	
^(c) Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001	
^(c) Calcio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	13,76	
^(c) Carbonatos (CO ₃)	PE-V-15 SM Ed 23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	< 5	
^(c) Cianuro total	PE-V-22 SM ED. 23, 2017 4500 CN- /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010	
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml.	93	
^(c) Cromo hexavalente	PE-V-51 SM ED.23, 2017, 3500 - CR B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050	
^(c) Fluoruros	PE-V-50 SM ED. 23, 2017, 4500-F D /Espectrofotometría VIS	mg/L	1,06	
^(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	0,12	
^(c) Magnesio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	24,30	
^(c) Manganeseo	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,1	
^(c) Mercurio	PE-V-61 EPA 7074 A / Absorción atómica	mg/L	< 0,001	
^(c) Nitratos (NO ₃)	PE-V-20 SM ED. 23, 2017, 4500-NO3-B/ Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3	
^(c) Nitritos (NO ₂)	PE-V-21 SM ED.23, 2017, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06	
^(c) Plomo	PE-V-62 EPA 7010/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005	
^(c) Potasio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	4,48	

F-PG-G-07-06 Página 1 de 2 Versión 00
Vigencia: 2021-07-23

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Selenio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(c) Sodio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	44,98
^(c) Sulfatos (SO ₄)	PE-V-43 SM ED.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	26
^(c) TPH	PE-V-52 SM ED 23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 10
^(c) Zinc	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,05

Acreditaciones:
^(a) Acreditación CICAM SAE N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www.acreditacion.gov.ec
^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Figura 31. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos Canal Jiménez Cevallos época lluviosa.

Nombre del Cliente/ Empresa:	Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi	Fecha de recepción:	2021-09-27
Nombre del Representante:	Jorge Gonzalo Guamán Coronel	No. Oferta de Servicio:	OF20-174
Cédula / RUC:	0560000110001	No. Solicitud de trabajo:	ST-21-135
Dirección:	Tarqui N° 507 y Quito	Tipo de servicio:	Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Teléfono convencional:	(03) 2800 416 - 2800 418	Código de la muestra:	MS-21- 457
Teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Correo electrónico:	mpadillajacome@yahoo.com	Fecha de análisis:	27 de septiembre al 07 de octubre de 2021
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-09-27	Vidrio ámbar	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	008	Vidrio	1	Ácido
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1	No
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1	Básico
Lugar de muestreo:	Canal Estatal Jimenez Cevallos, Río Cutuchi UTM (17M)	Plástico	1	Ácido
Origen de la muestra:	X=765503 Y=9895661			
Responsable de muestreo:	Altitud: 2741 msm Cliente	Plást. estéril	1	No

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	< 10
^(a) Cobre	PE-V-32 Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,10
^(a) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	20
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	3
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	57
^(a) pH	PE-V-02 SM ED.23, 2017, 4500 H+ B/ Electrometría	NA	7,1
^(a) Sólidos totales disueltos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	470
^(a) Turbiedad	PE-V-12 SM ED. 23, 2130 B/ Turbidimetría	NTU	3,95
^(c) Aluminio	PE-V-60 EPA-7000 B / Absorción atómica	mg/L	1,38
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010/Absorción atómica	mg/L	0,0156
^(c) Bario	PE-V-60 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,5
^(c) Bicarbonatos (HCO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	421,7
^(c) Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
^(c) Calcio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	23,15
^(c) Carbonatos (CO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	< 5
^(c) Cíamuro total	PE-V-22 SM Ed. 23, 2017 4500 CN- /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 (SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	4,6 x 10 ⁷
^(c) Cromo hexavalente	PE-V-51 SM ED.23, 2017, 3500 - CR B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
^(c) Fluoruros	PE-V-50 SM ED. 23, 2017, 4500-F D /Espectrofotometría VIS	mg/L	1,11
^(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	0,36
^(c) Magnesio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	42,13
^(c) Manganeso	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,1
^(c) Mercurio	PE-V-61 EPA 7074 A / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
^(c) Nitratos (NO ₃)	PE-V-20 SM ED. 23, 2017, 4500-NO3-B/ Espectrofotometría UV	mg/L	8,63
^(c) Nitritos (NO ₂)	PE-V-21 SM ED.23, 2017, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg/L	0,39
^(c) Plomo	PE-V-62 EPA 7010/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(c) Potasio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	7,20

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Selenio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(c) Sodio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	56,2
^(c) Sulfatos (SO ₄)	PE-V-43 SM ED.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	36
^(c) TPH	PE-V-52 SM ED.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 10
^(c) Zinc	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,05

Figura 32. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del río Patoa época lluviosa.

Telefono celular:	0995049714	Lugar de analisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E 11-253
Correo electrónico:	mpadillajacome@yahoo.com	Fecha de análisis:	18 al 29 de octubre de 2021
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	6,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-10-18	Vidrio ámbar	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	010	Vidrio	1	Ácido
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1	No
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1	Básico
Lugar de muestreo:	Río Patoa (Pujilli) UTM (17M)	Plástico	1	Ácido
Origen de la muestra:	X=755479 Y=9881926 Altitud: 3029 msm	Plást. estéril	1	No
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(4) Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	< 10
(4) Cobre	PE-V-32 Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	0,11
(4) Color real	PE-48 SM Ed.23, 2017, 2120 C / Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	46
(4) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B / Volumetría	mg/L	< 2
(4) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 5220D / Espectrofotometría VIS	mg/L	18
(4) pH	PE-V-02 SM ED.23, 2017, 4500 H+ B / Electrometría	NA	7,5
(4) Sólidos totales disueltos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D / Gravimetría	mg/L	224
(4) Turbiedad	PE-V-12 SM ED. 23, 2130 B / Turbidimetría	NTU	40,2
(4) Aluminio	PE-V-60 EPA-7000 B / Absorción atómica	mg/L	6,82
(4) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	0,120
(4) Bario	PE-V-60 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,5
(4) Bicarbonatos (HCO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B / Volumetría	mg/L	199,1
(4) Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
(4) Calcio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	17
(4) Carbonatos (CO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B / Volumetría	mg/L	< 5
(4) Cianuro total	PE-V-22 SM Ed. 23, 2017 4500 CN- /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
(4) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100mL	2,3 x 10
(4) Cromo hexavalente	PE-V-51 SM ED.23, 2017, 3500 - CR B / Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
(4) Fluoruros	PE-V-50 SM ED. 23, 2017, 4500-F D /Espectrofotometría VIS	mg/L	0,32
(4) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	8,20
(4) Magnesio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	10,45
(4) Manganeso	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	0,10
(4) Mercurio	PE-V-61 EPA 7074 A / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
(4) Nitratos (NO ₃)	PE-V-20 SM ED. 23, 2017, 4500-NO3-B / Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
(4) Nitritos (NO ₂)	PE-V-21 SM ED.23, 2017, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
(4) Plomo	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
(4) Potasio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	29,21

F-PG-G-07-06	Página 1 de 2	Versión 00 Vigencia: 2021-07-23
--------------	---------------	------------------------------------

	ESCUELA POLITECNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec Quito - Ecuador	

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(4) Selenio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
(4) Sodio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	8,19
(4) Sulfatos (SO ₄)	PE-V-43 SM ED.23, 2017, 4500 - SO4-2 E / Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
(4) TPH	PE-V-52 SM ED.23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	< 10
(4) Zinc	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,05

Figura 33. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos del Canal Belisario Quevedo época lluviosa.

SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Accreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS		ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		ANAVANLAB Orden No. 35268-35269 Muestra AAALab No. 35269 Página 1 de 2			
INFORME DE RESULTADOS No. 35269							
1.- DATOS GENERALES		CLIENTE: DAVID ALEJANDRO RUIZ HERNANDEZ		TELEFONO: 0963349954			
DIRECCION: SANGOLQUÍ		ATENCION A:					
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA: CUMPLE		LUGAR DE TOMA DE MUESTRA: CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO			
TIPO DE MUESTRA: AGUA RIEGO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA: 17/11/2021					
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: CANAL BELISARIO QUEVEDO 001 WGS84 17M 0771520;9895783		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA: CLIENTE					
FECHA DE RECEPCION MUESTRA: 17/11/2021		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS: 17/11/2021 al 29/11/2021					
3.- RESULTADOS NORMA: AM097A, ANEXO 1, TABLA 3. CRITERIOS CALIDAD AGUAS RIEGO AGRICOLA							
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	VALORES NORMA	CUMPLIMIENTO*	+/- % U**
1	Ácidos y Grasas	AAA-PE-A001/ SM 5520 C	mg/L	AUSENCIA	AUSENCIA	CUMPLE	NA
1	Aluminio	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	1,5	5	CUMPLE	14,5%
1	Arsénico	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0005	0,1	CUMPLE	25,9%
1	Bario	AAA-PE-A022/ SM 3111 D. EPA 3015	mg/L	< 1,0			20,0%
1	Bicarbonatos	AAA-PE-A040 / SM 2320 B	mg/L	112,8			22,1%
1	Cadmio	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,010	0,05	CUMPLE	20,0%
1	Calcio	AAA-PE-A013/ SM 3500 - Ca B	mg/L	7,8			17,4%
1	Carbonatos	AAA-PE-A040 / SM 2320 B	mg/L	< 10,0			12,1%
1	Cianuros	AAA-PE-A004/ SM 4500 - CN E.	mg/L	< 0,010			16,6%
1	Cobre	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,050	0,2	CUMPLE	20,0%
1	Coliformes Fecales NMP	AAA-PE-A015/ SM 9223 B	NMP/100mL	1119,9	1000	NO CUMPLE	NA
1	Color	AAA-PE-A007/ SM 2120 C	U. Pt-Co	130			6,2%
1	Cromo Hexavalente	AAA-PE-A009/ SM3500 Cr B	mg/L	< 0,010	0,1	CUMPLE	16,6%
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5	AAA-PE-A010/ SM 5210 D	mg/L	21			23,1%
1	Demanda Química de Oxígeno	AAA-PE-A011/ SM 5220 C y D	mg/L	29			18,7%
1	Fluoruros	AAA-PE-A017/ SM 4500-F D	mg/L	< 0,05	1	CUMPLE	14,3%
1	Hidrocarburos Totales de Petróleo	AAA-PE-A020/ SM 5520 F	mg/L	< 0,05			28,0%
1	Hierro	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	0,70	5,0	CUMPLE	25,5%
1	Magnesio	AAA-PE-A014/ SM 3500 - Mg B	mg/L	3,17			30,0%
1	Manganeso	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,1	0,2	CUMPLE	20,0%
1	Mercurio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,0010	0,001	CUMPLE	17,7%
1	Nitratos	AAA-PE-A024/ SM 4500-NO3 E.	mg/L	< 1,0			18,3%
1	Nitritos	AAA-PE-A025/ SM 4500-NO2 E	mg/L	< 0,01	0,5	CUMPLE	16,6%
1	pH	AAA-PE-A029/ SM 4500 H+B.	unid pH	6,9	6 - 9	CUMPLE	0,5%
1	Plomo	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,200	5	CUMPLE	30,0%
(*)	Potasio	SM 3111 B	mg/L	4,6			20,0%
1	Selenio	AAA-PE-A023/ SM 3114 C, 3112 B. EPA 3015	mg/L	< 0,005	0,02	CUMPLE	20,0%
MC0703-08						Se prohíbe su reproducción total o parcial sin autorización de ANAVANLAB CIA LTDA.	
SERVICIO DE ACREDITACIÓN ECUATORIANO Accreditación N° SAE LEN 13-006 LABORATORIO DE ENSAYOS		ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.		ANAVANLAB Orden No. 35268-35269 Muestra AAALab No. 35269 Página 2 de 2			
(*)	Sodio	SM 3111 B	mg/L	4,5			20,0%
1	Sólidos Totales	AAA-PE-A035/ SM 2540 B	mg/L	208			9,3%
1	Sulfatos	AAA-PE-A037/ SM 4500 SO42- E	mg/L	< 10,0	250	CUMPLE	13,4%
1	Turbidez	AAA-PE-A038/ SM 2130 B	NTU	45,500			1,0%
1	Zinc	AAA-PE-A022/ SM 3111 B. EPA 3015	mg/L	< 0,05	2	CUMPLE	20,0%

Figura 34. Resultados de análisis Físico-Químicos y Biológicos Canal Estatal La Martínez, época lluviosa

teléfono celular:	0998049714	Lugar de análisis:	CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Correo electrónico:	mpadillajacome@yahoo.com	Fecha de análisis:	18 al 29 de octubre de 2021
		Temperatura de ingreso al laboratorio:	6,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE				
Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-10-18	Vidrio ámbar	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	009	Vidrio	1	Ácido
Tipo de muestreo:	Puntual	Plástico	1	No
Tipo de muestra:	Agua Natural	Plástico	1	Básico
Lugar de muestreo:	Canal La Martínez UTM (17M) X=751307 Y=9893401 Altitud: 3123 msm	Plástico	1	Ácido
Origen de la muestra:		Plást. estéril	1	No
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	< 10
^(a) Cobre	PE-V-32 Hach Water Analysis Handbook, Ed 7, 2012, 8506/Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,10
^(a) Color real	PE-48/ SM Ed.23, 2017, 2120 C/ Espectrofotometría VIS	u Pt-Co	61
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	PE-V-06 SM Ed. 23 5210B/ Volumetría	mg/L	< 2
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	PE-V-01 SM Ed. 23 5220D/ Espectrofotometría VIS	mg/L	31
^(a) pH	PE-V-02 SM ED 23, 2017, 4500 H- B/ Electrometría	NA	7,1
^(a) Sólidos totales disueltos	PE-V-34 SM Ed. 23 2540 D/ Gravimetría	mg/L	124
^(a) Turbiedad	PE-V-12 SM ED. 23, 2130 B/ Turbidimetría	NTU	25,1
^(c) Aluminio	PE-V-60 EPA-7000 B / Absorción atómica	mg/L	3,5
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,020
^(c) Bario	PE-V-60 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,5
^(c) Bicarbonatos (HCO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	83,3
^(c) Cadmio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
^(c) Calcio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	6,83
^(c) Carbonatos (CO ₃)	PE-V-15 SM Ed.23, 2017, 2320 B/ Volumetría	mg/L	< 5
^(c) Cianuro total	PE-V-22 SM Ed. 23, 2017 4500 CN- /Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,010
^(c) Coliformes fecales	PE-V-46 SM Ed. 23 9221B, 9221C / Fermentación en Tubos múltiples	NMP/100ml	2,3 x 10
^(c) Cromo hexavalente	PE-V-51 SM ED.23, 2017, 3500 - CR B/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,050
^(c) Fluoruros	PE-V-50 SM ED. 23, 2017, 4500-F D /Espectrofotometría VIS	mg/L	0,17
^(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	6,47
^(c) Magnesio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	3,83
^(c) Manganeso	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,1
^(c) Mercurio	PE-V-61 EPA 7074 A / Absorción atómica	mg/L	< 0,001
^(c) Nitratos (NO ₃)	PE-V-20 SM ED. 23, 2017, 4500-NO3-B/ Espectrofotometría UV	mg/L	< 3,3
^(c) Nitritos (NO ₂)	PE-V-21 SM ED.23, 2017, 4500 - NO2- B / Espectrofotometría VIS	mg/L	< 0,06
^(c) Plomo	PE-V-62 EPA 7010/ Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(c) Potasio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	5,23

F-PG-G-07-06	Página 1 de 2	Versión 00 Vigencia: 2021-07-23
--------------	---------------	------------------------------------



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL
 Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
 Quito - Ecuador



PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Selenio	PE-V-62 EPA 7010 / Absorción atómica	mg/L	< 0,005
^(c) Sodio	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	14,6
^(c) Sulfatos (SO ₄)	PE-V-43 SM ED.23, 2017, 4500 - SO4-2 E/ Espectrofotometría VIS	mg/L	< 10
^(c) TPH	PE-V-52 SM ED.23, 2017, 5520 B/ Gravimetría	mg/L	< 10
^(c) Zinc	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	< 0,05

20.4 ANEXO D. CADENAS DE CUSTODIO

Figura 35. Cadena de Custodia Canal Belisario Quevedo

IDENTIFICACION MUESTRA		Hora	Coordenadas	*Matriz Muestra	Tipo		**Envase			Preservante				Análisis in situ				Tabla / Análisis	DESCRIPCIÓN SITIO MUESTREO / OBSERVACIONES	USO AALAB
					Puntual	Com-pleto	VA	P	E	H ₂ O ₂	HNO ₃	Y	pH	Temp. (°C)	CE (µS/cm)	Conduct. (µS)			Código	
Canal Belisario Quevedo 001-1		9:34	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓								7	6.80	163	108			Mancha amarilla por el viento en la muestra de agua. Se observan las partículas de sedimento.	
Canal Belisario Quevedo 001-2		9:34	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓								7	6.39	165	108				
Canal Belisario Quevedo 001-3		9:35	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓		✓						7	6.25	162	108				
Canal Belisario Quevedo 001-4 Helado		9:35	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓		✓						7	6.87	163	108				
Canal Belisario Quevedo 001-5 - Curvedo		9:36	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓		✓						7	6.92	161	108				
001-6 - Curvedo		9:34	X: 711520 Y: 4845283	AN	✓		✓						7	6.80	165	108				
			X: Y:																	

*MATRIZ MUESTRAS: AN - Agua natural; AR - Agua residual; AC - Agua consumo; S - Suelo; L - Lodo; O - Otro (especificar) ** ENVASE: VA: Vidrio Amber, P: Plástico, E: Estéril
 PRESERVANTES: Acido Sulfúrico - H₂SO₄; Acido Clorhídrico - HCl; Acido Nítrico - HNO₃; Refrigeración; Registrar temperatura °C - T. Acreditación SAE CEN 18-019

CONDICIONES CLIMÁTICAS: Humedad T. Ambiente: 15.8°C Humedad: 67%	OBSERVACIONES: El canal de agua presenta un nivel de nivel bajo y presencia de sedimentos	EQUIPOS (CÓDIGO): GPS: Cámara: pHmetro / Multiparámetro: Otro:
---	--	--

Figura 36. Cadena de Custodia Canal Alumis.

		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA								
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTACACHI								
LUGAR DEL MUESTREO		Canal Estetal Alumis								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		14/06/2024								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		14/06/2024								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELÉFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuy@utc.edu.ec			rachelepiovanelli@gmail.com			mpad@acomee@yahoo.com		
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	ANÁLISIS IN-SITU	
			X	Y	Altitud				pH	Conductividad $\mu\text{S/cm}$
A2-003	10:02	16.5	770970	9924195	3200	HNO ₃	V.A	8.62	74	
A2-004					3200	HNO ₃				
A2-005						HNO ₃				
B2-003	10:56	12.0	770970	9924195	3200	Steril	P	8.64	74	
B2-004						Steril				
B2-005						Steril				
C2-003	11:15	17.9	770970	9924195	3200	NaOH	P	8.64	74	
C2-004						NaOH				
C2-005						NaOH				
D2-003	11:00	17.1	770970	9924195	3200	N/A	P	8.63	74	
D2-004						N/A				
D2-005						N/A				
E2-003	11:04	17.5	770970	9924195	3200	H ₂ SO ₄	P	8.72	74	
E2-004						H ₂ SO ₄				
E2-005						H ₂ SO ₄				
F2-003	10:50	17.0	770970	9924195	3200	H ₂ SO ₄	V.A	8.64	74	
F2-004						H ₂ SO ₄				
F2-005						H ₂ SO ₄				
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO							C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE	
 <p>*La muestra se obtuvo de un sistema de agua artificial (biocanal), no se evidencia intervención antropica de ninguna clase, debido a la alta corriente el aporte de sedimentos es constante. * Cielo parcialmente nublado.</p>								A	HNO ₃	
								B	Steril	
								C	NaOH	
								D	N/A	
								E	H ₂ SO ₄	
							F	H ₂ SO ₄		

Figura 37. Cadena de Custodia Canal Estatal Jiménez Cevallos.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTACACHI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA				 COTACACHI PREFECTURA				
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTACACHI								
LUGAR DEL MUESTREO		Canal Estatal Jiménez Cevallos, Río Uchudi (Latacunga)								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		27/09/2024								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		27/09/2024								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELÉFONO		0961501562 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.nuvales@utc.edu.ec		zachariegiovanelli@gmail.com		mpad@ajacorne@yahoo.com		ANÁLISIS IN-SITU		
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	Ph	Conductividad
			X	Y	Altitud					
008-1	9:59	14.0	765503	9895661	2741	11E	H ₂ SO ₄	V.A	7.50	663 <i>psica</i>
008-2	10:00	14.3				100ml	—	P. Esteril	7.31	672 <i>psica</i>
008-3	10:02	14.5				11E	HNO ₃	V.A	7.43	663 <i>psica</i>
008-4	10:04	14.5				11E	NaOH	P	7.53	672 <i>psica</i>
008-5	10:08	14.0				1ga	—	P	7.38	674 <i>psica</i>
008-6	10:37	14.2				130ml	H ₂ SO ₄	P	7.49	670 <i>psica</i>
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE
Presencia de anastis de sedimentos.									A	HNO ₃
									B	EXWFI
									C	NaOH
									D	N/A
								E	H ₂ SO ₄	
								F	H ₂ SO ₄	

Cadena de muestreo Canal Estatal Norte.

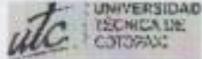
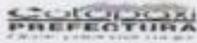
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA				 PREFECTURA					
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI									
LUGAR DEL MUESTREO		Canal Estatal Norte									
NOMBRE DEL REPRESENTANTE											
FECHA DEL MUESTREO		20/04/2023									
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		20/04/2023									
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO									
TELÉFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418									
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuim581@utc.edu.ec			rachelepiovanelli@gmail.com			m.padillajacome@yahoo.com		ANÁLISIS IN-SITU	
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	Ph	Conductividad	
			X	Y	Altitud msnm						
007-1	8:39	12.0	766109	9918451	3024	116	H ₂ SO ₄	V.A		387 µs/cm	
007-2	8:41	12.4				100ml		P. Esteril		389 µs/cm	
007-3	8:44	12.4				116	HNO ₃	V.A		389 µs/cm	
007-4	8:58	12.9				116	NaOH	P.		387 µs/cm	
007-5	08:46	12.8				1ga		P.		389 µs/cm	
007-6	8:43	12.4				150ml	H ₂ SO ₄	P.		385 µs/cm	
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE	
Condiciones Meteorológicas Normales, presencia de materia orgánica.									A	HNO ₃	
									B	Esteril	
									C	NaOH	
									D	N/A	
									E	H ₂ SO ₄	
								F	H ₂ SO ₄		

Figura 38. Cadena de Custodia Canal la Martínez.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTUDIA					 COTOPAXI PREFECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI								
LUGAR DEL MUESTREO		Canal la Martínez								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		28/06/2024								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		28/06/2024								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELÉFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuv@utc.edu.ec		rachelepiovanelli@gmail.com		mpadillajacome@yahoo.com		ANÁLISIS IN-SITU		
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	Ph	Conductividad
			X	Y	Altitud					
A4-005	10:32	12.7	755479	9881926	3039msm	1l	HNO ₃	V.A		102 µS/cm
B4-005	10:32	12.4	755479	9881926	3039msm	100ml	—	P.		100 µS/cm
C4-005	10:33	12.7				1l	NaOH	P.		100 µS/cm
D4-005	10:42	12.7				1l	—	P.		104 µS/cm
E4-005	10:33	12.7				150ml	H ₂ SO ₄	P.		140 µS/cm
F4-005	10:32	12.5				1l	H ₂ SO ₄	V.A		100 µS/cm
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE
 Al momento del muestreo se presencia turbiedad en el tiempo de toma de muestras, adicionalmente las condiciones del agua se encuentran turbidas moderada por lo que se presencia la presencia de sedimentación en los envases.									A	HNO ₃
									B	Esteril
									C	NaOH
									D	N/A
									E	H ₂ SO ₄
								F	H ₂ SO ₄	

Figura 39. Canal Estatal Norte.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA					COTOPAXI PREFECTURA			
ROYECTO/CLIENTE	GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI									
ESTREO	Canal Estatal Norte									
EPRESENTANTE										
STREO	07/06/2021									
ESO DE LA MUESTRA	07/06/2021									
TARQUI N° 507 y QUITO										
0961301582 / (03) 2800416 - 2800418										
manuel.cuxi4581@utc.edu.ec										
rachelepiovanelli@gmail.com										
mpadilajacomae@yahoo.com										
MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	ANÁLISIS IN-SITU	
			X	Y	Altitud				Ph	Conductividad $\mu S/cm$
	9:53	14.1	766109	9918431	3024 (msn)	HNO3	V.A.	8.54	274	
	9:53	14.1								
	9:53	14.1								
	9:56	14.0	766109	9918431	3024	Esteril	P.	8.50	272	
	9:36	14.0								
	9:36	14.0								
	10:15	15.5	766109	9918431	3024	NaOH	P.	8.22	272	
	10:15	15.5								
	10:15	15.5								
	10:23	17.5	766109	9918431	3024	N/A	P.	8.06	270	
	10:23	17.5								
	10:23	17.5								
	10:05	15.3	766109	9918431	3024	H2SO4	P.	7.98	268	
	10:05	15.3								
	10:05	15.3								
	9:40	14.0	766109	9918431	3024	H2SO4	V.A.	7.98	268	
	9:40	14.0								
	9:40	14.0								
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE
* Condiciones meteorológicas normales, nubosidad total en octas = 8 (cubriendo todo el cielo). Sin precipitación.									A	HNO3
* No se observó materia orgánica considerable, pero sí baja cantidad de sedimentos.									B	Esteril
								C	NaOH	
								D	N/A	
								E	H2SO4	
								F	H2SO4	

Figura 40. Cadena de Custodia Canal de Belisario Quevedo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTUDIA					COTOPAXI PREFECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI								
LUGAR DEL MUESTREO		Santa de Bioga Belisario Quevedo								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		12/07/2021								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		12/07/2021								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELÉFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuvi4581@utc.edu.ec		rachelepiovanelli@gmail.com		mpadilajacome@yahoo.com		ANÁLISIS IN-SITU		
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	Ph	Conductividad
			X	Y	Altitud					
006-1	10:00	13.1	771520	9895783	2937	116	HNO3	V.A		55 µS/cm
006-2	10:00	13.1	771520	9895783	2937	100 ml	—	P.		55 µS/cm
006-3	10:00	13.1	771520	9895783	2937	116	NaOH	P.		65 µS/cm
006-4	10:00	13.1	771520	9895783	2937	1g	—	P.		70 µS/cm
006-5	10:01	13.1	771520	9895783	2937	150 ml	H2SO4	P.		74 µS/cm
006-6	10:01	13.1	771520	9895783	2937	116	H2SO4	V.A		57 µS/cm
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE
Condiciones normales v.									A	HNO3
									B	NaOH
									C	NaOH
									D	V.A
								E	H2SO4	
								F	H2SO4	



Figura 41. Cadena de Custodia Canal Estatal Alumis.

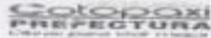
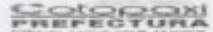
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA				 COTOPAXI PREFECTURA				
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI								
LUGAR DEL MUESTREO		Canal Estatal Alumis								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		14/06/2023								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		14/06/2023								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELEFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuv4581@utc.edu.ec		rachelepiovanelli@gmail.com		mpadCajacome@yahoo.com				
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	ANÁLISIS IN-SITU	
			X	Y	Altitud				Ph	Conductividad $\mu\text{S/cm}$
A2-003	10:02	16.5	770970	9924195	3200m		HNO ₃	V.A	8.62	74
A2-004							HNO ₃			
A2-005							HNO ₃			
B2-003	10:56	12.0	770970	9924195	3200		Esteril	P.	8.64	74
B2-004							Esteril			
B2-005							Esteril			
C2-003	11:15	17.9	770970	9924195	3200		NaOH	P.	8.64	74
C2-004							NaOH			
C2-005							NaOH			
D2-003	11:00	17.1	770970	9924195	3200		N/A	P.	8.63	74
D2-004							N/A			
D2-005							N/A			
E2-003	11:04	17.5	770970	9924195	3200		H ₂ SO ₄	P.	8.72	74
E2-004							H ₂ SO ₄			
E2-005							H ₂ SO ₄			
F2-003	10:50	17.0	770970	9924195	3200		H ₂ SO ₄	V.A	8.64	74
F2-004							H ₂ SO ₄			
F2-005							H ₂ SO ₄			
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE PRESERVANTE	
 *La muestra se obtuvo de un cuerpo de agua artificial (bocatoma), no se evidencia intervención antropica de ninguna clase, debido a la alta corriente el afluente de sedimentos es constante. * Cielo parcialmente nublado.									A	HNO ₃
									B	Esteril
									C	NaOH
									D	N/A
									E	H ₂ SO ₄
								F	H ₂ SO ₄	

Figura 42. Cadena de Custodia Río Patoa.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FICHA DE MUESTREO Y CADENA DE CUSTODIA					 COTOPAXI PREFECTURA			
NOMBRE DEL PROYECTO/CLIENTE		GOBIERNO AUTÓNOMO DECENTRALIZADO DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI								
LUGAR DEL MUESTREO		Río Patoa, Píjesta San Juan.								
NOMBRE DEL REPRESENTANTE										
FECHA DEL MUESTREO		21/06/2021								
FECHA DE INGRESO DE LA MUESTRA		21/06/2021								
DIRECCIÓN		TARQUI N° 507 y QUITO								
TELÉFONO		0961301582 / (03) 2800416 - 2800418								
CORREOS ELECTRONICOS		manuel.cuv4581@utc.edu.ec		rachelepiovanelli@gmail.com		mpedilajacome@yahoo.com		ANÁLISIS IN-SITU		
# DE MUESTRA	Hora	Temperatura Ambiente (°C)	UTM (17M)			Cantidad	Preservante	Envase	Ph	Conductividad $\mu S/cm$
			X	Y	Altitud					
A3-004	9:36	13.8	251307	9893401		7lE	HNO ₃	V.A		182
B3-004	9:38	13.8				100ml	Esteril	P.		157
C3-004	9:41	14.0				7lE	NaOH	P.		155
D3-004	9:45	14.0				7g	N/A	P.		155
E3-004	9:39	13.9				150ml	H ₂ SO ₄	P.		157
F3-004	9:50	14.1				7lE	H ₂ SO ₄	V.A		155
OBSERVACIONES GENERALES DEL PUNTO DE MUESTREO								C R I T E R I O S	ENVASE	PRESERVANTE
• Condiciones climatológicas normales, presencia de sedimentos con turbidez en el cuerpo de agua. • Arrastre de sedimentos debido a una crecida en el caudal.									A	HNO ₃
								B	Esteril	
								C	NaOH	
								D	N/A	
								E	H ₂ SO ₄	
								F	H ₂ SO ₄	



20.5 ANEXO E. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. *Recolección de tomas de muestra de agua para su respectivo análisis físico-químico y biológico*



Fotografía 2. Preparación de los equipos para la recolección, etiquetado y transporte de muestras



20.6 ANEXO F. Protocolo de muestreo y registro

Parámetro	Material del frasco ²	Volumen requerido	Conservación/ preservación	Tiempo máximo para análisis
pH	determinación en campo			
Temperatura	determinación en campo			
Turbiedad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Alcalinidad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Color	P o V	500 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
Sólidos sedimentables	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	7 días
Cloruros	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Fluoruros	P	300 ml	refrigerar a 4 °C	28 días
Sulfatos	P o V	100 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Conductividad	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	28 días
Dureza	P o V	500 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2	3 meses
Oxígeno disuelto	determinación en campo			
DBO ₅	P o V	1 000 mL	refrigerar a 4 °C	24 horas
Fosfato	V (A)	200 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas
Cianuros	P o V	1 000 mL	Agregar NaOH hasta pH = 12 refrigerar a 4 °C	14 días 24 h / sulfuros
Nitritos	P o V	200 ml	refrigerar a 4 °C	48 h
Nitratos	P o V	200 mL	refrigerar a 4 °C	48 horas 28 d / clorada
Aceites y grasas	V ámbar boca ancha	1 000 mL	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días
DQO	P o V	200 mL	Agregar H ₂ SO ₄ hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días
Metales				
En general	V(A) o P(A)	1 000 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2	2 meses
Arsénico	V(A) o P(A)	500 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2, refrigerar 4°C	2 meses
Mercurio	V(A) o P(A)	500 mL	Agregar HNO ₃ hasta pH < 2, refrigerar 4°C	28 días
Organoclorados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1,000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Bifenilopoliclorados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1,000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Organofosforados	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1,000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Piretroides	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1,000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Trihalometanos	V(D) revestimiento de TFE	1 000 mL	Añadir ácido ascórbico, 1,000 mg/L, si existe cloro residual; refrigerar 4° C	7 días
Hidrocarburos	V ámbar boca ancha	1 000 mL	Agregar HCl hasta pH < 2 refrigerar 4°C	28 días

⁽¹⁾ Basado en los métodos normalizados para análisis de aguas potables y residuales, APHA, AWWA, WPCF, 17a edición 1987

⁽²⁾ V (Vidrio); P (Plástico); V(A) o P(A) = lavado con 1 + 1 HNO₃; V(D)=lavado con acetona luego hexano

⁽³⁾ Para sólidos disueltos, fijos, suspendidos, volátiles, totales.

