



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO
ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE
TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras
Ambientales

Autoras:

Hidalgo Pio Daniela Abigail

Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth

Tutor:

Ágreda Oña José Luis

LATACUNGA- ECUADOR

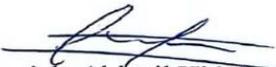
Febrero 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Hidalgo Pio Daniela Abigail, con cédula de ciudadanía 1728224922 y Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth, con cédula de ciudadanía 0504235581, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”**, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Ágreda Oña, Tutor 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, 23 de febrero del 2024


Daniela Abigail Hidalgo Pio
C.C: 1728224922
ESTUDIANTE


Claudia Ibeth Veintimilla Tipanguano
C.C: 0504235581
ESTUDIANTE

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 **HIDALGO PIO DANIELA ABIGAIL**, identificada con cédula de ciudadanía **1728224922** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, 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: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”**, 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: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 - Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Tema: “CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”

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, **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** declara 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 **LA 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 **LA 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 23 días del mes de febrero del 2024.


Daniela Abigail Hidalgo Pio
LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
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 **VEINTIMILLA TIPANGUANO CLAUDIA IBETH**, identificada con cédula de ciudadanía **0504235581** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, 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: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”**, 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: Mayo 2020 - Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Octubre 2023 - Marzo 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 28 de noviembre del 2023

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña, Mg.

Tema: **“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”**

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, **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** declara 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 **LA 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 **LA 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 23 días del mes de febrero del 2024.



Claudia Ibeth Veintimilla Tipanguano

LA CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

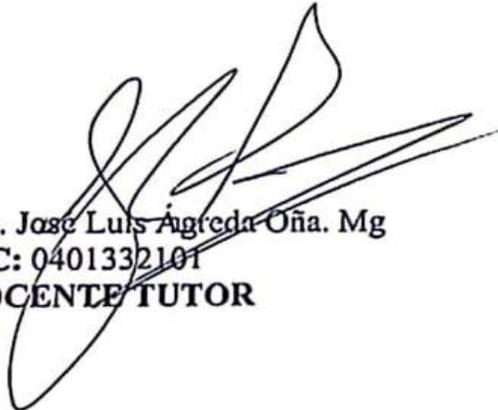
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO ISINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA”, de Hidalgo Pio Daniela Abigail y Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth, de la carrera de Ingeniería Ambiental, 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, 20 de febrero del 2024



Ing. Jose Luis Agreda Oña. Mg
C.C: 0401332101
DOCENTE TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

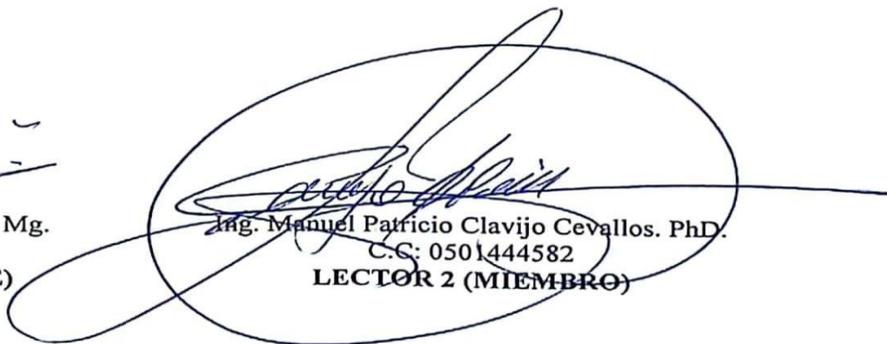
En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Hidalgo Pío Daniela Abigail y Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth, con el título de Proyecto de Investigación: “ **CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO SINCHE PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL CAMPUS CEASA**”, 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 grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

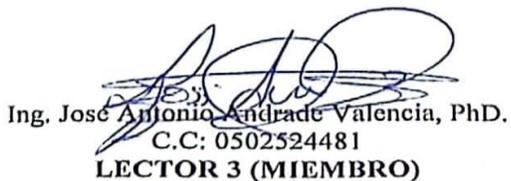
Latacunga, 21 de febrero del 2024



Ing. Vladimir Ortiz Bustamante, Mg.
C.C: 0502188451
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Manuel Patricio Clavijo Cevallos. PhD.
C.C: 0501444582
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. José Antonio Andrade Valencia, PhD.
C.C: 0502524481
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por darme la sabiduría e inteligencia para culminar mi carrera. También quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por proporcionar un entorno propicio para mi crecimiento académico y profesional.

Asimismo, Un agradecimiento especial al Ingeniero José Luis Ágreda, mi tutor de tesis, por su dedicación, orientación y apoyo incondicional a lo largo de este proceso. Finalmente quiero expresar mi gratitud a mis amigos, familiares, cuyo apoyo inquebrantable y palabras de aliento fueron una fuente de fortaleza durante este viaje académico.

Daniela Abigail Hidalgo Pio

AGRADECIMIENTO

A mis amados padres, Celia y Edmundo, y a mi querido hermano, Leandro les expreso mi más profundo agradecimiento por haber confiado en mí desde el principio y durante toda mi carrera universitaria. Su apoyo incondicional, su gran esfuerzo y el infinito amor que me han brindado han sido el motor que impulsó cada paso hacia la realización de este sueño. A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado.

A ti, Pablo, desde el primer día me mostraste que puedo alcanzar todo lo que me proponga si pongo suficiente empeño y dedicación. A mis compañeros de curso, quienes se convirtieron en grandes amigos: Andrés, Mercy, Angely, Sebastián y Stalyn, les agradezco de corazón por su constante ayuda, motivación y por convertir estos años de universidad en los mejores de mi vida. Su apoyo en los momentos buenos y malos ha sido fundamental, y cada uno de ustedes ha hecho que este proceso sea algo maravilloso que guardaré en mi corazón por siempre.

A mi compañera de proyecto y amiga, Daniela Hidalgo, quiero expresar mi profundo agradecimiento. Tu dedicación, empeño y apoyo fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto con éxito. Y al ingeniero José Luis Agreda, quien fue la guía en la realización de este proyecto, le estoy enormemente agradecido. Su orientación experta fue clave para alcanzar los objetivos propuestos.

Claudia Ibeth Veintimilla Tipanguano

DEDICATORIA

Quiero comenzar dedicando este logro a mi amado abuelo, cuya influencia perdura en mi vida a pesar de su ausencia física. Su sabiduría y amor continúan guiándome en este camino. A mis padres, quienes con inmenso sacrificio y un amor incondicional, han sido mi soporte y mi inspiración constante. Este logro es un tributo a su dedicación y perseverancia, que han sido la fuerza impulsora detrás de mis logros. A mis hermanos con su complicidad, apoyo y risas han enriquecido mi vida y han hecho este viaje más memorable. Y finalmente, a mis amigos, quienes han compartido conmigo momentos inolvidables y han sido un pilar de apoyo en todo momento.

Daniela Abigail Hidalgo Pio

DEDICATORIA

A mis queridos padres, Celia y Edmundo, quienes con su amor infinito y su constante apoyo han sido mis pilares más sólidos a lo largo de esta travesía académica. Su sacrificio y dedicación han sido mi inspiración para alcanzar cada meta. Este logro es el resultado de su inquebrantable confianza en mí.

A mi amado hermano, Leandro, quien siempre ha estado a mi lado brindándome su aliento y su apoyo incondicional. Tus palabras de aliento y tu compañía han sido mi luz en los momentos más oscuros. Este logro también es tuyo.

A mi gata, Michán, por ser mi fiel compañera y confidente silenciosa, gracias por llenar mis días con tu ternura y por hacer más llevaderos los momentos de estudio con tus travesuras. Tu presencia ha sido un indispensable para abordar los momentos de estrés y cansancio.

A cada uno de ustedes, les dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud. Su amor y apoyo han sido mi mayor fortaleza en este camino. Este logro es un tributo a su amor y confianza en mí.

Con cariño y agradecimiento,

Claudia Ibeth Veintimilla Tipanguano

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO ISINCHE
PARA EL ANÁLISIS DE LA DESCARGA EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DEL
CAMPUS CEASA”.**

Autores:

Hidalgo Pio Daniela Abigail

Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua a través de parámetros físico-químicos para establecer criterios de descarga en el cuerpo hídrico. La metodología empleada consistió en trabajo de campo, análisis de laboratorio y el uso del método cualitativo para obtener una percepción general y rápida de las características del agua en tres puntos de muestreo. Los resultados revelaron el impacto significativo de las actividades antropogénicas en la calidad del agua. Los análisis mostraron que el pH y la conductividad eléctrica se encontraban dentro del rango permisible. En relación al arsénico, se identificó una concentración de 0.1471 mg/l en el punto 1, superando el límite para riego, pero dentro de los márgenes aceptables para uso pecuario. Únicamente el punto 1 excedió el límite de nitritos para agua de uso pecuario, registrando 0.428 mg/l, mientras que los niveles de nitrato se mantuvieron dentro de los límites permitidos en los tres puntos. Se detectó presencia de DBO5 solo en el punto 1, con un valor de 3 mg/l. Respecto a la DQO, el punto 1 presentó niveles significativamente más altos (32.8 mg/L) que los puntos 2 y 3, que mostraron concentraciones más moderadas de (11.1 mg/L y 12.8 mg/L,). El impacto negativo de las actividades humanas en la calidad del agua de la región estudiada es evidente. Además, los análisis detallados mostraron niveles de contaminación, destacando la situación en Hacienda del Niño Isinche. Por lo tanto, se enfatiza la necesidad de implementar medidas efectivas para mitigar la contaminación y proteger este recurso vital.

Palabras clave: *Actividades antropogénicas, contaminación, impactos negativos, parámetros, plan de mitigación*

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: " WATER QUALITY CHARACTERIZATION OF ISINCHE RIVER FOR ANALYSIS OF DISCHARGE AT CEASA CAMPUS WASTE WATER TREATMENT PLANT".

Authors:

Hidalgo Pio Daniela Abigail
Veintimilla Tipanguano Claudia Ibeth

ABSTRACT

The objective of the research work was to evaluate water quality through physical-chemical parameters in order to establish discharge criteria in the water body. The employed methodology consisted of field work, laboratory analysis and the qualitative method use to obtain a general and rapid perception of water characteristics at three sampling points. The results revealed the significant impact of anthropogenic activities on water quality. Analyses showed that pH and electrical conductivity were within the permissible range. In relation to arsenic, a concentration of 0.1471 mg/l was identified at point 1, exceeding the limit for irrigation, but within acceptable margins for livestock use. Only point 1 exceeded the nitrite limit for livestock water, registering 0.428 mg/l, while nitrate levels remained within the permitted limits at all three points. The presence of BOD5 was detected only at point 1, with a value of 3 mg/l. Regarding COD, point 1 presented significantly higher levels (32.8 mg/L) than points 2 and 3, which showed more moderate concentrations (11.1 mg/L and 12.8 mg/L). The negative impact of human activities on water quality in the studied region is evident. In addition, detailed analyses showed contamination levels, with the situation at Hacienda del Niño Isinche standing out. Therefore, the need to implement effective measures to mitigate contamination and protect this vital resource is emphasized.

Keywords: Anthropogenic activities, Pollution, Negative impacts, Parameters, Mitigation plan

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLATORIA DE AUTORIA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO.....	ix
AGRADECIMIENTO.....	x
DEDICATORIA.....	xi
DEDICATORIA.....	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS:.....	4
5.1. General.....	4
5.2. Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
7.1. Recurso hídrico.....	6
7.2. Agua de Riego	7
7.3. Agua de uso pecuario	7
7.4. Aguas residuales	7
7.4.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras	7
7.4.2. Aguas residuales industriales	8
7.4.3. Aguas residuales agrícolas	8
7.5. Contaminación de agua.....	8
7.6. Fuentes de contaminación hídrica	8
7.6.1. Fuentes naturales	9

7.6.2. Fuentes androgénicas	9
7.7. Calidad de agua	9
7.8. Parámetros de la calidad del agua	9
7.9. Parámetros físicos.....	10
7.9.1. Potencial de Hidrogeno	10
7.9.2. Conductividad eléctrica.....	10
7.9.3. Turbidez.....	11
7.10. Parámetros químicos.....	11
7.10.1. Demanda bioquímica de oxígeno.....	11
7.10.2. Demanda química de oxígeno.....	12
7.10.3. Arsénico	12
7.10.4. Nitritos y nitratos.....	12
7.11. Marco Legal.....	13
7.11.1. Constitución de la República del Ecuador.....	13
7.11.2. Código Orgánico Ambiental (COA).....	13
7.11.3. 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).....	13
7.11.4. Norma técnica ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA.....	14
8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	14
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	14
9.1. Área de estudio	14
9.2. Enfoques.....	15
9.2.1 Enfoque cualitativo	15
9.3. Técnicas	15
9.3.1. Investigación de campo	15
9.3.2. Investigación analítica.....	15
9.3.3. Investigación bibliográfica	16
9.4. Equipos y herramientas.....	16
9.4.1. Equipos.....	16
9.4.2 Herramientas.....	17
9.5. Materiales para la recolección de muestras.....	17
9.6. Metodología de toma de muestras.....	18

9.6 Técnica de muestreo	18
9.6.1. Manejo y conservación.....	18
9.6.2. Preparación de los recipientes.....	19
9.6.3. Llenado de los recipientes	19
9.6.4. Refrigeración de las muestras	19
9.6.5. Transporte de las muestras.....	19
9.6.6. Recepción de las muestras en el laboratorio	20
9.7 Metodología para el análisis de parámetros físico – químicos	20
9.7.1. Potencial Hidrogeno	20
9.7.2. Conductividad Eléctrica	20
9.7.3. Turbidez	21
9.7.4. Arsénico	21
9.7.5. Nitritos.....	22
9.7.6. Nitratos	22
9.7.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno	22
9.7.8. Demanda Química de Oxígeno	23
9.8. Norma de referencia para el análisis de los parámetros de la calidad de agua	23
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	24
10.1. Área de estudio	25
10.1.1. Climatología.....	26
10.1.2. Puntos de muestreo.....	27
10.2. Parámetros Físico - químicos analizados.....	30
10.2.1 Análisis de los Resultados de Cada Parámetro en los Puntos de Muestreo del Río Isinche	31
10.3. Propuesta de estrategias de mitigación para el río Isinche.....	38
10.3.1. Diagrama de Ishikawa respecto a la calidad de agua del río Isinche	38
10.3.2. Método de iceberg para la identificación de aspectos clave y propuestas de mitigación para el río Isinche.....	40
10.3.3. Estrategias de mitigación para el río Isinche	41
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	46
11.1 Impactos Técnicos	46
11.2 Impactos Sociales	46
12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	47

13. CONCLUSIONES	48
14. RECOMENDACIONES	49
15. BIBLIOGRAFÍA	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Beneficiarios del proyecto</i>	3
Tabla 2. <i>Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados</i>	5
Tabla 3. <i>Criterios de la calidad de aguas para riego agrícola</i>	23
Tabla 4. <i>Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego</i>	24
Tabla 5. <i>Criterios de calidad para aguas para uso pecuario</i>	24
Tabla 6. <i>Descripción de los puntos de muestreo</i>	27
Tabla 7. <i>Parámetros físico químicos</i>	30
Tabla 8. <i>Propuestas de mitigación en relación al aspecto social-cultural</i>	42
Tabla 9. <i>Propuestas de mitigación en relación al aspecto económico</i>	43
Tabla 10. <i>Propuestas de mitigación en relación al aspecto ambiental</i>	45
Tabla 11. <i>Presupuesto del proyecto</i>	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. <i>Mapa del área de estudio</i>	25
Ilustración 2. <i>Puntos de muestreo</i>	29
Ilustración 3. <i>Potencial de Hidrogeno (pH) de los tres puntos de muestreo</i>	31
Ilustración 4. <i>Conductividad eléctrica de los tres puntos de muestreo</i>	32
Ilustración 5. <i>Cantidad de arsénico en los tres puntos de muestreo</i>	33
Ilustración 6. <i>Cantidad de nitritos en los tres puntos de muestreo</i>	34
Ilustración 7. <i>Cantidad de nitratos en los tres puntos de muestreo</i>	35
Ilustración 8. <i>Cantidad de demanda bioquímica de oxígeno en los tres puntos de muestreo</i>	36
Ilustración 9. <i>Cantidad de demanda química de oxígeno en los tres puntos de muestreo</i>	37
Ilustración 10. <i>Diagrama de Ishikawa causas y efectos de la contaminación del río Isinche</i>	39
Ilustración 11. <i>Iceberg de aspectos clave y propuestas de mitigación para el Río Isinche</i>	41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Caracterización de la calidad de agua del río Isinche para el análisis de la descarga en la planta de tratamiento del campus Salache”.

Fecha de inicio: Agosto del 2023

Fecha de finalización: Finalización de Proyecto de Titulación II

Lugar de ejecución: Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.

Carrera que auspicia: Ingeniería en Ambiente.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Ing. José Luis Ágreda Oña. Mg.

Estudiantes: Srtas. Daniela Abigail Hidalgo Pio y Claudia Ibeth Veintimilla Tipanguano

LECTOR 1: Ing. Ortiz Bustamante Vladimir Marconi. Mg.

LECTOR 2: Ing. Manuel Patricio Clavijo Cevallos. PhD.

LECTOR 3: Ing. José Antonio Andrade Valencia, PhD.

Área de Conocimiento: Ciencia Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación: Anergias Alternativas y Renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub-línea de Investigación de la Carrera: Manejo y Conservación del Recurso Hídrico.

Línea de Vinculación de la Facultad: Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética, para el desarrollo humano y social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo principal de este proyecto de estudio es evaluar la calidad del agua del río Isinche, haciendo especial hincapié en la medición de las características fisicoquímicas para determinar los criterios de vertido pertinentes para la masa de agua antes y después del punto de descarga. La creciente preocupación por actividades humanas como la agricultura y la ganadería, tienen un efecto notable en la calidad del agua de la región, fue lo que impulsó el proyecto.

Se pretende obtener una imagen completa de la relación entre el río Isinche y las actividades locales mediante una amplia recopilación de datos, que incluye visitas sobre el terreno y análisis documental. Este enfoque multifacético contextualizará la complejidad medioambiental que afecta a la calidad del agua, además de facilitar una comprensión profunda de los parámetros fisicoquímicos.

Para determinar con precisión el impacto directo de la actividad humana en el medio receptor, es necesario caracterizar específicamente los parámetros fisicoquímicos en varios lugares de la cuenca, incluyendo aguas arriba y aguas abajo de los efluentes del campus CEYPSA. Además de señalar posibles inconvenientes, este análisis servirá de base para la aplicación de medidas correctivas particulares.

Un elemento clave de la investigación es la propuesta de medidas correctivas basadas en la evaluación de la calidad del agua. Al aportar soluciones prácticas y aplicables para preservar la calidad ambiental del río Isinche, estas medidas se aplican para contrarrestar los posibles efectos negativos. Este estudio va más allá del ámbito académico y pretende sensibilizar a las autoridades locales y a la comunidad sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles que garanticen la coexistencia equitativa entre las actividades humanas y la preservación del medio acuático. Además, este proyecto pretende ser un punto de partida para la acción, creando conocimiento aplicado que contribuya al bienestar sostenible de la región

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1.

Beneficiarios del proyecto

BENEFICIARÍOS DIRECTOS	BENEFICIARÍOS INDIRECTOS
Docentes y estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de CAREN	Pobladores en general del barrio Salache
Total: 24000 personas	

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El agua, siendo un elemento esencial, juega un papel fundamental en diversos sectores, como la salud, la agricultura, la industria y la conservación del medio ambiente. Sin embargo, según la (OMS, 2022) más de 2.200 millones de personas carecen de acceso a agua potable, principalmente debido a actividades antropogénicas, como la alta demanda en los sectores agrícola e industrial, los cuales también contribuyen significativamente al cambio climático (Oppliger et al., 2019). Los ríos son cruciales para sostener la vida y preservar el entorno natural, sin embargo enfrentan grandes desafíos por la contaminación principalmente debido a las descargas de aguas residuales de diversas fuentes, como actividades industriales, agrícolas y urbanas, introducen contaminantes perjudiciales en estos cuerpos hídricos (Díaz & Torres, 2000).

Como afirma la OMS, (2022). El 44% de las aguas residuales domésticas a nivel mundial se vertieron sin tratamiento seguro, y al menos el 10% de la población global consume alimentos regados con aguas residuales. Para 2020, la calidad deficiente de los servicios de agua, saneamiento e higiene tuvieron graves consecuencias en la salud pública, con aproximadamente 1.245.000 personas de países de ingreso bajo y mediano falleciendo anualmente. Por ende, la evaluación de la calidad del agua a través de parámetros físico-químicos se vuelve esencial para detectar y evaluar posibles contaminantes que puedan afectar el recurso hídrico, debido a que permite identificar la presencia y nivel de contaminación, facilitando la aplicación de medidas preventivas, estrategias de gestión adecuadas y el cumplimiento de normativas ambientales (Sala & Molinos, 2020).

En este contexto, este proyecto se enfocó en realizar análisis físico-químicos para evaluar la calidad del agua a lo largo del río Isinche, abarcando la cuenca alta, media y aguas abajo del

efluente del campus CEYPSA de la Universidad Técnica de Cotopaxi. La necesidad de este análisis surgió de que la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas en el campus no estaba en condiciones óptimas, resultando en el vertido directo y sin tratamiento previo de las aguas residuales hacia el cuerpo hídrico. Este estudio incluyó la medición de parámetros como DBO, DQO, pH, turbidez, conductividad eléctrica, arsénico, nitritos y nitratos. Además, es crucial destacar que la falta de investigaciones previas constituyó el principal desafío para determinar la calidad del agua en el área de estudio, la ausencia de información precisa y actualizada dificultó la identificación de contaminantes o sustancias perjudiciales en el agua, así como la comprensión de sus fuentes de origen.

5. OBJETIVOS:

5.1. General

- Evaluar la calidad del agua del río Isinche a través de la medición de parámetros físico-químicos con el fin de establecer criterios de descarga en el cuerpo hídrico.

5.2. Específicos

- Realizar investigación bibliográfica de los parámetros biofísicos de la zona para establecer una base de datos como insumo principal de la investigación.
- Caracterizar los parámetros físico-químicos de los puntos de muestreo ubicados en la cuenca alta, media y aguas abajo del efluente del campus CEYPSA.
- Establecer un plan de medidas de mitigación fundamentadas en la evaluación de la calidad del agua, las cuales estarán dirigidas a mitigar los posibles impactos negativos identificados en la zona de estudio.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2.

Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1.- Realizar investigación bibliográfica de los parámetros biofísicos de la zona para establecer una base de datos como insumo principal de la investigación.	-Reconocimiento del lugar - Reconocimiento de sitios clave mediante metodologías establecidas. -Recopilación de datos bibliográficos acerca del cuerpo hídrico y las actividades del sector.	-Visita de campo al río Isinche. -Georreferenciación de la zona de estudio. -Búsqueda en la literatura especializada.	-Descripción biofísica de la zona de estudio.
O.2. Caracterizar los parámetros físico químicos de los puntos de muestreo ubicados en la cuenca alta, media y aguas abajo del efluente del campus CEYPSA.	-Determinación de la metodología adecuada para escoger los parámetros físico químicos que serán analizados. - Toma de muestras en los tres puntos seleccionados para su recepción en el laboratorio. -Verificación si los resultados de parámetros físico químicos se	-Enfoque cualitativo y cuantitativo. - Toma de muestras según la normativa NTE INEN 2169 (2013). - Comparar los resultados del laboratorio con el	-Análisis sobre los resultados de laboratorio de los parámetros físico químicos escogidos que son: DBO, DQO, pH, turbidez, conductividad eléctrica, arsénico, nitritos y nitratos.

	encuentra dentro de la normativa legal.	Acuerdo Ministerial 097 A, sobre agua de riego y de uso pecuario.	
O.3.- Establecer un plan de medidas de mitigación fundamentadas en la evaluación de la calidad del agua, las cuales estarán dirigidas a mitigar los posibles impactos negativos identificados en la zona de estudio.	-Valoración los impactos	- Método de Ishikawa e Iceberg para el planteamiento de la propuesta.	-Propuesta de estrategias de mitigación
	-Establecimiento de medidas de mitigación.	- Cuadro de propuestas de mitigación.	

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Recurso hídrico

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, no presenta olor, color ni sabor y existe en la atmósfera en diferentes estados: líquido, sólido o gaseoso. Su fórmula química H_2O indica que cada molécula de agua está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. La estructura molecular polar le otorga la capacidad de disolver sustancias y formar enlaces de hidrógeno (Ramírez, 2021).

De acuerdo con (Huaquisto & Chambilla, 2019). La distribución global del agua en el planeta muestra que el 97% del agua es salada y solo el 3% es agua dulce. De esta última, el 1% está disponible a través de ríos, lagos y acuíferos para el consumo humano. A nivel mundial, se estima que cada año se precipitan 113.000 km^3 de agua, de los cuales 7.100 km^3 se evaporan, 42.000 km^3 regresan a los océanos y se filtran a los acuíferos. Anualmente, aproximadamente el

70% de esta cantidad, que oscila entre 9.000 y 14.000 km³, alimenta los ecosistemas, mientras que sólo el 30%, es decir, 4.200 km³, está disponible para uso industrial y doméstico.

7.2. Agua de Riego

Tal como lo señala (Aveiga et al., 2020) el agua de riego es aquella utilizada para regar los cultivos en el marco de las actividades agrícolas. Su importancia radica en que es una fuente esencial de humedad en regiones donde las precipitaciones son limitadas. Esta agua, que procede principalmente de los ríos, desempeña un papel clave en la seguridad alimentaria al favorecer el crecimiento y desarrollo de los sembradíos.

7.3. Agua de uso pecuario

El agua designada para el uso pecuario abarca el suministro hídrico destinado al consumo y abastecimiento de animales de cría y ganado. Este recurso es fundamental en los sectores de agricultura y ganadería, siendo esencial para proporcionar la necesaria hidratación a diversas especies, como bovinos, ovinos, caprinos y porcinos (Coronado et al., 2023). La calidad de este tipo de agua puede incidir en la salud y el rendimiento de los animales. El cumplimiento de las normativas y estándares específicos sobre este recurso, no solo garantiza la seguridad y el bienestar de los animales, sino también la calidad de los productos derivados de la actividad ganadera.

7.4. Aguas residuales

Las aguas residuales son originadas por actividades humanas en viviendas, industrias, comercios, entre otros. Como señalan (Niño & Jazmín, 2020) estas aguas pueden definirse como aquellas que, debido al uso humano, presentan un riesgo y requieren ser tratadas antes de llegar a otras fuentes hídricas como los ríos, debido a que contienen una gran cantidad de sustancias contaminantes. Este término engloba aguas de variados orígenes:

7.4.1. Aguas residuales domésticas o aguas negras

Comúnmente conocidas como aguas negras, son el resultado de las actividades diarias en los hogares. Este tipo de aguas residuales incluye no solo las heces y la orina humanas, sino también las provenientes de actividades cotidianas como el aseo personal, la cocina y la limpieza del hogar.

Estas aguas contienen una variedad de contaminantes, como materia orgánica, nutrientes, productos químicos domésticos y microorganismos patógenos (Osorio Rivera et al., 2021).

7.4.2. Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales se originan como subproducto de los procesos llevados a cabo en instalaciones industriales. Contienen una diversidad de productos y subproductos derivados de actividades industriales, incluyendo elementos de origen mineral, químico, vegetal o animal. La composición específica de estas aguas varía significativamente según el tipo de industria y los procesos involucrados. Pueden contener sustancias químicas, metales pesados, compuestos orgánicos, nutrientes y otros contaminantes específicos de la actividad industrial correspondiente. (León Chimbolema et al., 2020).

7.4.3. Aguas residuales agrícolas

Estas aguas son generadas por diversas actividades en el ámbito agrícola, resultan principalmente del riego de cultivos, la limpieza de maquinaria agrícola y la producción de alimentos. Pueden contener una diversidad de contaminantes específicos de las prácticas agrícolas, que incluyen pesticidas y herbicidas empleados para el control de plagas y malezas en los cultivos. Además, las aguas residuales agrícolas pueden transportar nutrientes como el nitrógeno, derivado de la aplicación de fertilizantes en la agricultura (Gutierrez Quiroz, 2019).

7.5. Contaminación de agua

Desde el punto de vista de (Benítez et al., 2021). La contaminación del agua ocurre cuando sustancias dañinas se introducen en fuentes de agua, estos contaminantes pueden originarse en varias fuentes como industrias, aguas residuales urbanas, agricultura intensiva, el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, entre otros. Sus impactos pueden ser la disminución de la calidad del agua potable, la pérdida de biodiversidad y la propagación de enfermedades entre las personas que dependen del agua contaminada para sus necesidades básicas.

7.6. Fuentes de contaminación hídrica

Abarcan las diversas causas y orígenes que introducen contaminantes en los distintos cuerpos de agua, ya sea como resultado de procesos naturales o de la intervención humana.

7.6.1. Fuentes naturales

Estas fuentes de contaminación son el resultado de procesos y acontecimientos naturales, sin intervención humana directa. Por ejemplo, las erupciones volcánicas liberan minerales y sustancias naturales que afectan a la calidad del agua de la zona. Los desbordamientos naturales de agua, como las inundaciones, arrastran sedimentos y contaminantes del suelo a las fuentes de agua. (Alfaro, 2019)

7.6.2. Fuentes androgénicas

De acuerdo con (Menéndez & Muñoz, 2021). Las fuentes antropogénicas de contaminación del agua son generadas por actividades humanas. Estas fuentes incluyen emisiones directas de desechos industriales, agrícolas y municipales, que introducen diversos contaminantes en las fuentes de agua. Ejemplo de esto son la industria que pueden verter sustancias químicas nocivas en los ríos.

7.7. Calidad de agua

La calidad del agua, esencial para diversas aplicaciones humanas como el consumo y la agricultura, se define por su capacidad para cumplir requisitos específicos. Esta calidad se evalúa mediante normas y reglamentos específicos para cada uso del agua. La eficacia de este líquido, según (Pauta et al., 2019), está ligada a su composición, que está influenciada por sustancias naturales y humanas. (García-González et al., 2021) enfatiza la necesidad de mecanismos eficaces de gestión y regulación para la protección y el uso sostenible de los recursos hídricos, destacando la importancia de garantizar una calidad del agua que cumpla con las normas específicas para cada aplicación.

7.8. Parámetros de la calidad del agua

En la opinión de Flórez Yepes et al., (2018) los parámetros fisicoquímicos de calidad del agua son características medibles que proporcionan información sobre la composición y las propiedades físicas del agua. Estos parámetros incluyen la temperatura del agua, el pH (nivel de acidez o alcalinidad), la conductividad eléctrica (que está relacionada con la cantidad de sales disueltas), la turbidez (claridad del agua), la concentración de oxígeno disuelto y la presencia de nutrientes como nitratos. Estos parámetros son esenciales para evaluar la calidad del agua, así como para identificar posibles fuentes de contaminación o alteración de los ecosistemas acuáticos.

7.9. Parámetros físicos

Según Rojas (2018) los parámetros físicos de la calidad del agua juegan un papel importante al revelar las características internas de los cuerpos de agua. Este es un indicador importante de la viabilidad e idoneidad del agua para diversos usos. Al describir las propiedades físicas del agua, estos parámetros brindan información sobre el medio ambiente y su capacidad para sustentar la vida acuática al mismo tiempo que brindan seguridad y satisfacen las necesidades humanas:

7.9.1. Potencial de Hidrogeno

El Potencial de Hidrogeno (pH) es una medida que señala si una solución acuosa es ácida, neutra o alcalina, siendo un indicador clave de la concentración de iones de hidrógeno en dicha solución. Su escala oscila de 0 a 14, considerándose 7 como neutro. Por debajo de 7 indica acidez, y por encima, alcalinidad (Maiquiza & Unapucha, 2020). Mantener un pH equilibrado es esencial para el bienestar de la vida acuática y para el funcionamiento adecuado de los procesos biológicos en el agua, por ende las variaciones extremas de pH pueden indicar problemas de contaminación o cambios en el ecosistema del río, como la acidificación debido a descargas industriales o mineras, o la alcalinización debido a vertidos de aguas residuales (Asenjo, 2015). De acuerdo con los criterios de calidad de agua del Acuerdo Ministerial 097-A, se considera aceptable que el pH del agua esté dentro del rango de 6 a 9. Esta medida es esencial para asegurar que los cultivos no se vean afectados por contaminantes del agua, fortaleciendo así la seguridad alimenticia de los consumidores.

7.9.2. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida que indica la capacidad de un material para conducir electricidad, en el caso del agua, se refiere a su habilidad para llevar corriente eléctrica, la cual está estrechamente relacionada con la presencia de partículas cargadas eléctricamente. Cuando en el agua se disuelven sales, ácidos, bases u otros compuestos iónicos, se cationes y aniones, los cuales son responsables de transportar cargas eléctricas. A medida que la concentración de estos iones disueltos aumenta, también lo hace la conductividad eléctrica del agua (Ortiz et al., 2019). Conforme a la tabla 4 “Parametros de los niveles de la calidad de agua para riego” del

Acuerdo Ministerial 097-A la conductividad eléctrica en unidades de milimhos/cm se considera ligero o moderado cuando va de 0.7-3.0 y severo cuando es mayor a 3.0.

7.9.3. Turbidez

De acuerdo con (Benítez Payares et al., 2016) la turbidez del agua es una medida de la cantidad de materia suspendida, como sedimentos y materia orgánica, que cambia la claridad del agua. Se refiere al grado de turbidez o turbidez del agua, debido principalmente a la presencia de estas partículas en suspensión. La turbidez afecta la transmisión de luz, afecta la vida acuática y puede servir como indicador de posibles contaminantes o actividades humanas que afectan la claridad natural del agua, por lo que este parámetro es muy importante en la evaluación de la calidad del agua. Se utiliza un instrumento llamado turbidímetro para medir la turbidez en unidades nefelométricas de turbiedad (NTU). Este instrumento mide la cantidad de luz dispersada por partículas suspendidas.

7.10. Parámetros químicos

Tal y como señala (Brousett-Minaya et al., 2018) los parámetros de la química del agua son mediciones que proporcionan información sobre la composición química de una masa de agua. Estos parámetros son esenciales para evaluar la calidad del agua y comprender cómo los diferentes compuestos afectan la salud de los ecosistemas acuáticos y la idoneidad del agua para diversos fines, incluido el consumo humano.

7.10.1. Demanda bioquímica de oxígeno

Citando a Isea et al., (2015), el DBO es un importante indicador de la calidad del agua que se utiliza para evaluar la contaminación orgánica en ambientes acuáticos. Se refiere a la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica del agua. Este proceso de biodegradación reduce los niveles de oxígeno disuelto en el agua y puede dañar la vida acuática.

La DBO generalmente se mide en miligramos de oxígeno por litro de agua (mg/L) y se determina monitoreando la reducción de oxígeno en una muestra de agua durante un período de tiempo, generalmente 5 días (DBO₅). Pero también se puede medir de la siguiente manera: Día 3 (BSB₃). Los valores altos de DBO indican una alta contaminación orgánica, que puede reducir los niveles de oxígeno en el agua. Esto puede tener consecuencias negativas como la muerte de la vida acuática y el deterioro de la salud general del ecosistema acuático. Los factores que contribuyen al

aumento de la EEB incluyen las emisiones industriales, la escorrentía urbana, las prácticas agrícolas inadecuadas y otras formas de contaminación orgánica (Abril et al., 2021).

7.10.2. Demanda química de oxígeno

La DQO no solo es un indicador importante para evaluar la calidad del agua, sino que también juega un papel importante en la comprensión de los procesos ambientales y la toma de decisiones para la gestión sostenible de los recursos hídricos. Al medir la cantidad total de oxígeno necesaria para la oxidación química, la DQO ayuda a identificar fuentes específicas de contaminación, desde desechos industriales hasta actividades agrícolas, y proporciona información valiosa para tomar medidas correctivas (Menéndez & Dueñas, 2018).

La DQO también es muy importante en el diseño y monitoreo de sistemas de tratamiento de aguas residuales porque proporciona datos sobre la carga orgánica que deben manejar los sistemas. Su uso se extiende a la investigación científica para comprender la dinámica de los ecosistemas acuáticos y evaluar el impacto de las actividades humanas en la salud del medio acuático (C. M. Gutiérrez, 2018).

7.10.3. Arsénico

Según (Rodríguez, 2021) el arsénico es un elemento químico que puede encontrarse de forma natural o como contaminante en el agua debido a diversas actividades humanas, como la minería o la agricultura. Es crucial realizar mediciones de arsénico en el agua para garantizar su calidad, dado que este elemento es altamente nocivo. En el ámbito agrícola y ganadero, la presencia de arsénico en el agua de riego plantea problemas, ya que puede acumularse en el suelo y en los cultivos, afectando tanto la salud de los consumidores como la productividad del ganado. El Acuerdo Ministerial 097-A, se ha establecido un límite seguro de 0.1 mg/l para el agua de riego agrícola y de 0.2 mg/l para su uso pecuario.

7.10.4. Nitritos y nitratos

Los nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-) son compuestos de nitrógeno importantes en el ciclo del nitrógeno. Los nitritos pueden ser dañinos en altas concentraciones porque forman nitrosaminas cancerígenas y alteran la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno. La forma más estable, el nitrato, es esencial para el crecimiento de las plantas, pero en altas concentraciones en el agua potable puede representar un riesgo para la salud, especialmente para los bebés, porque se

convierte en nitrito en el cuerpo. La contaminación por nitratos se ha relacionado con la escorrentía de fertilizantes y los desechos animales. Monitorear y controlar estos compuestos en el agua es esencial para preservar la salud humana y los ecosistemas acuáticos (García et al., 2020). Según lo estipulado en el Acuerdo Ministerial 097-A, el límite máximo permitido de nitritos para riego agrícola es de 0.5 mg/l, mientras que para uso pecuario este límite se reduce a 0.2 mg/l. Además, el valor máximo permitido de nitratos para uso pecuario es de 50 mg/l.

7.11. Marco Legal

7.11.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, promulgada en 2008, es la ley fundamental del país, ratificada el 28 de septiembre de dicho año. En el ámbito de la calidad del agua, se destacan varios artículos de relevancia. El Art 12 establece que "El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescindible, inembargable y esencial para la vida". Por su parte, el Art 14 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".

7.11.2. Código Orgánico Ambiental (COA)

Conforme a lo establecido en el Código Orgánico Ambiental de 2017, se destaca el Art 209. Este artículo especifica que "la realización de análisis se lleva a cabo en laboratorios vinculados a instituciones de educación superior, ya sean de carácter público o privado, siempre y cuando estén debidamente acreditados por la entidad correspondiente".

7.11.3. 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)

La finalidad de esta normativa es prevenir y gestionar eficazmente la contaminación ambiental, con un enfoque específico en la preservación del recurso hídrico. Su objetivo principal radica en proteger y conservar los usos designados, la integridad de las personas, los ecosistemas y sus interconexiones, así como el entorno en general, con la meta de asegurar la calidad del recurso

acuático (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015). En el marco de este acuerdo y en el contexto del presente proyecto de investigación, se emplearon la tabla 3, que detalla los "Criterios de calidad de aguas destinadas a uso agrícola o de riego", la tabla 4, que establece los "Parámetros de los niveles de calidad de agua para riego", y la tabla 5, que define los "Criterios de calidad para aguas destinadas a uso pecuario".

7.11.4. Norma técnica ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 establece los procedimientos generales para preservar y transportar diferentes tipos de muestras de agua, excluyendo aquellas destinadas a análisis microbiológicos. Este documento detalla técnicas y precauciones para conservar y trasladar muestras de agua al laboratorio cuando no es posible analizarlas en el lugar de muestreo. Incluye pautas sobre la preparación de recipientes, el llenado de estos, la refrigeración de las muestras, el transporte y la recepción en el laboratorio (INEN, 2013).

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿Conocer la calidad del agua en el río permitirá realizar un plan de mitigación objetivo para cumplir con los estándares establecidos para el uso del agua en actividades de riego y pecuaria?

Sí, tener conocimiento de la calidad del agua en el río ha facilitado la formulación de un plan de mitigación concreto para cumplir con los estándares establecidos en el Acuerdo Ministerial N° 097-A, para el uso del agua en actividades de riego y ganadería. Al analizar la calidad del agua, se identificaron los parámetros que exceden los límites permitidos para tales usos, lo que ha permitido la promoción de estrategias de mitigación a niveles socio-culturales, económicos y ambientales para abordar los problemas identificados. Estas propuestas incluyen la implementación de sistemas de tratamiento de agua, la regulación de actividades industriales en las cercanías del río y la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Área de estudio

Los sitios de muestreo en el río Isinche fueron escogidos tras inspecciones y recorridos a lo largo de su curso. Se eligieron puntos en distintas altitudes para facilitar la detección de potenciales

fuentes de contaminación, como las asociadas a actividades agrícolas, ganaderas o descargas de aguas sin tratamiento previo, como señala (Fustamante, 2020).

9.2. Enfoques

9.2.1 Enfoque cualitativo

El método cualitativo fue empleado para obtener una percepción general y rápida de las características del agua sin necesidad de datos numéricos. Este enfoque la observación subjetiva de aspectos como el color, el olor y el aspecto general del agua resultó de utilidad como primera aproximación del área estudiada.

9.3. Técnicas

9.3.1. Investigación de campo

La metodología de este estudio se desarrolló de manera práctica, con una visita de campo al río Isinche para identificar los puntos de muestreo y recoger muestras de agua. Este trabajo de campo se realizó en el río Isinche de la provincia de Cotopaxi, tomando en cuenta tres puntos estratégicos:

Punto 1: Hacienda Isinche Grande.

Punto 2: Alpamalag de Acurios

Punto 3: Universidad Técnica de Cotopaxi campus CAREN.

9.3.2. Investigación analítica

Esta investigación se llevó a cabo a través de la recolección de datos de campo, que involucró la obtención de muestras de agua en varios puntos a lo largo del río. Estas muestras se sometieron a análisis en el laboratorio para identificar los parámetros físico-químicos esenciales en este estudio. Los resultados obtenidos mediante este enfoque permitieron realizar comparaciones entre los puntos seleccionados, y se presentaron de manera visual a través de tablas y gráficos para resaltar las variaciones en la calidad del agua en diversas ubicaciones dentro del área de estudio.

9.3.3. Investigación bibliográfica

Este estudio ha profundizado la comprensión de las áreas relevantes para el estudio actual, permitiendo emitir juicios y recomendaciones profesionales. La revisión bibliográfica ha sido muy exhaustiva y ha extraído información de una amplia gama de fuentes, desde artículos académicos hasta libros. Este análisis bibliográfico constituyó el marco esencial que sustenta y enriquece los cimientos de este estudio.

9.4. Equipos y herramientas

9.4.1. Equipos

- **Sistema de Posicionamiento Global**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es un dispositivo utilizado para registrar con precisión las coordenadas geográficas. En consecuencia, resultó beneficioso para marcar los tres puntos de muestreo a lo largo del río.

- **Medidor de Potencial de Hidrógeno**

El medidor de potencial de hidrógeno es un instrumento que mide la acidez o alcalinidad de una solución midiendo la concentración de iones de hidrógeno y expresándola en una escala de 0 a 14. Donde un pH de 7 es neutro, aquellos inferiores indican acidez y los superiores representan alcalinidad.

- **Conductímetro o medidor de conductividad**

Mide la conductividad eléctrica del agua, que está relacionada con la presencia de iones disueltos, como sales y minerales. La medición de la conductividad proporciona datos sobre la capacidad del agua para conducir la electricidad y ayuda a identificar contaminantes que influyen en la calidad del agua.

- **Turbidímetro**

Un turbidímetro es un dispositivo que mide la turbidez de un líquido midiendo la cantidad de luz dispersada por las partículas suspendidas en el líquido. Funciona haciendo brillar luz a través de la muestra y midiendo la cantidad de luz dispersada, proporcionando así una lectura de turbidez.

Se utiliza ampliamente para el control de la calidad del agua en plantas de tratamiento, así como en la industria y la investigación, donde la turbidez es un factor importante a considerar.

9.4.2 Herramientas

- **Bibliotecas digitales**

Las bibliotecas digitales, como Google Académico, SciELO y repositorios digitales, entre otras. Son plataformas en línea que simplifican el acceso a diversos recursos educativos en formato digital. Para la recopilación de información, se emplearon estas fuentes científicas para asegurar la obtención de datos relevantes y actualizados, abarcando libros, revistas y archivos multimedia.

- **Google Earth**

Es un sistema de información geográfica la misma que permitió señalar de manera exacta y eficiente los puntos de muestreo importantes para nuestro estudio.

- **Arcgis**

Es una plataforma que provee la creación, gestión, y visualización de datos geoespaciales, la cual permitió crear un mapa detallado del área de estudio y marcar los puntos de muestreo.

- **Excel**

Es una aplicación de hojas de cálculo de Microsoft, fue esencial para la creación de gráficos de barras que proporcionaron la comparación de resultados del laboratorio, facilitando una representación visual de los datos recopilados.

- **Computadora**

Es un dispositivo electrónico que consta de componentes físicos y programas informáticos. Posibilitó el procesamiento y análisis de los datos recopilados, la ejecución de programas especializados para realizar cálculos y generación de gráficos, así como el almacenamiento de información.

9.5. Materiales para la recolección de muestras

- **Botellas plásticas de 2 litros**

Se trata de recipientes de plástico con capacidad para 2 litros de líquido, que resultaron útiles en la recolección de muestras de agua en distintos puntos del río.

- **Etiquetas**

Son pequeñas piezas de papel donde se registraron datos como la ubicación, fecha y otros detalles relevantes sobre cada muestra de agua, facilitando su identificación y el seguimiento de información clave.

- **Cooler**

Es un recipiente térmicamente aislado que se utilizó para el transporte y la preservación de las muestras de agua a bajas temperaturas, con el objetivo de mantener su integridad antes de someterlas a análisis en el laboratorio.

- **Hielo**

El hielo fue empleado para mantener frío el cooler que transportaba las muestras recolectadas, evitando alteraciones en sus propiedades antes de su análisis.

9.6. Metodología de toma de muestras

Se aplicó la normativa NTE INEN 2169 - AGUA, Calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras, 2013. Debido a que dicha norma prescribe las técnicas y precauciones generales necesarias para la preservación y transporte de diversas muestras de agua. La finalidad de seguir esta normativa fue prevenir alteraciones en los análisis y asegurar la integridad de las muestras durante el proceso.

9.6 Técnica de muestreo

9.6.1. Manejo y conservación

- Seleccionar y utilizar correctamente los recipientes de recogida de muestras de agua.
- Evitar todo tipo de contaminación, incluida la lixiviación de constituyentes inorgánicos, y tener en cuenta la posibilidad de absorción o adsorción no deseada de constituyentes que deban analizarse.

- Elegir las tapas con cuidado, ya que algunas tapas de color pueden contener metales pesados.

9.6.2. Preparación de los recipientes

- Cuando se analicen concentraciones muy bajas de componentes químicos en aguas superficiales o residuales, los recipientes recién recogidos deben enjuagarse a fondo para minimizar la posible contaminación. La elección del agente de limpieza debe ser apropiada para los parámetros que se van a analizar.
- En el caso de los recipientes de vidrio recién adquiridos, se recomienda enjuagarlos con detergente y agua para eliminar las partículas de polvo o los residuos de materiales de envasado. A continuación, se enjuagarán a fondo con agua destilada o desionizada.

9.6.3. Llenado de los recipientes

- Cuando se manipulan muestras para la evaluación de parámetros fisicoquímicos, se recomienda llenar completamente los frascos y taparlos con cuidado para garantizar que no quede aire por encima de la muestra. Este paso garantiza la estabilidad del contenido y sirve para evitar cambios no deseados, como cambios en los niveles de dióxido de carbono y fluctuaciones del pH.

9.6.4. Refrigeración de las muestras

- Las muestras deben almacenarse a una temperatura inferior a la temperatura medida en el momento que es recogida, meterlas inmediatamente en un cooler después de coger las muestras de agua para garantizar el almacenamiento adecuado de la muestra.
- Documentar de manera minuciosa toda la información relevante que facilite una interpretación precisa de los resultados obtenidos.

9.6.5. Transporte de las muestras

- Durante el transporte, los recipientes deben estar adecuadamente protegidos y precintados para evitar posibles daños o pérdidas.
- El embalaje utilizado debe ser eficaz para evitar cualquier forma de contaminación o posible daño.

- También es importante almacenar las muestras en un lugar fresco y protegido de la luz durante el transporte.

9.6.6. Recepción de las muestras en el laboratorio

- Si la muestra no puede analizarse inmediatamente después de su llegada al laboratorio, se recomienda almacenarla en condiciones que impidan la contaminación externa y los cambios indeseables en su contenido.
- Se recomienda el almacenamiento en un refrigerador o en un lugar fresco y oscuro, para mantener la muestra en su estado original.
- En todo momento, especialmente cuando se requiera una cadena de custodia, la cantidad recibida deberá compararse con el registro del número de recipientes en que se envió cada muestra para garantizar la exactitud y fiabilidad de la gestión.

9.7 Metodología para el análisis de parámetros físico – químicos

9.7.1. Potencial Hidrogeno

La metodología para el análisis del pH comienza con la calibración del medidor de pH, sumergiendo el electrodo en soluciones buffer de pH conocido, como pH 7.0, y ajustando el medidor para mostrar el valor correcto, repitiendo este proceso con soluciones buffer adicionales, como pH 4.0 y/o pH 10.0, según sea necesario. Luego, se procede con la preparación de la muestra, donde se obtiene una muestra representativa del líquido cuyo pH se desea medir, asegurándose de que esté a temperatura ambiente y agitando suavemente para una distribución uniforme de los iones de hidrógeno. Posteriormente, se realiza la medición del pH, sumergiendo el electrodo de pH en la muestra líquida y esperando a que la lectura se estabilice en la pantalla del medidor, asegurándose de que el electrodo esté completamente sumergido y no toque las paredes del recipiente. Finalmente, se registra el valor mostrado en la pantalla del medidor como la lectura del pH de la muestra analizada (Hualpara et al., 2017).

9.7.2. Conductividad Eléctrica

La metodología para analizar la conductividad eléctrica implica varios pasos clave. En primer lugar, es fundamental calibrar el medidor de conductividad utilizando soluciones estándar para garantizar mediciones precisas. Luego, se prepara la muestra, asegurándose de obtener una

muestra representativa y libre de impurezas. Una vez que la muestra está lista, se sumerge la sonda de conductividad en la muestra y se registra la lectura estabilizada en el medidor. Es importante que la sonda esté completamente sumergida y no obstruida durante la medición para obtener resultados precisos. Por último, se registra el valor de conductividad obtenido como la lectura de la muestra analizada. Después de completar las mediciones, se limpia adecuadamente la sonda y se almacena el equipo según las recomendaciones del fabricante para mantener su precisión y durabilidad (Brito et al., 2016).

9.7.3. Turbidez

Como primer paso, es esencial calibrar el turbidímetro utilizando estándares de turbidez conocidos, ajustando el instrumento según sea necesario. Luego, se prepara la muestra asegurándose de obtener una muestra representativa y homogénea. Una vez preparada la muestra, se coloca en la celda de medición del turbidímetro y se registra la lectura estabilizada en la pantalla del instrumento. Durante la medición, es importante mantener la celda de medición limpia y libre de burbujas de aire para evitar interferencias en los resultados. Una vez completada la medición, se registra el valor de turbidez obtenido como la lectura de la muestra analizada. Después de cada uso, se limpia cuidadosamente la celda de medición y se almacena el turbidímetro adecuadamente para mantener su precisión y fiabilidad en futuras mediciones (Gutiérrez et al., 2018).

9.7.4. Arsénico

El análisis de arsénico se llevó a cabo conforme al protocolo establecido por el método "Standard Methods 3114-C". Este método proporciona un enfoque sistemático y estandarizado para la determinación de arsénico en muestras ambientales, comenzando con una preparación meticulosa de las muestras recolectadas. Las muestras fueron manipuladas siguiendo prácticas adecuadas de manejo para evitar la contaminación y preservar la integridad de los análisis. Posteriormente, se llevó a cabo la digestión ácida de las muestras utilizando una solución ácida apropiada para extraer el arsénico de la matriz de la muestra. Una vez liberado el arsénico, se procedió a su cuantificación mediante técnicas analíticas específicas, como la espectroscopia de absorción atómica o la espectrometría de masas, según lo indicado en el método estándar (Benítez et al., 2016).

9.7.5. Nitritos

Para el análisis de nitritos, se empleó el método HACH 8507, reconocido por su eficacia y precisión en la determinación de este parámetro. La metodología consistió en una serie de pasos detallados, comenzando con la preparación de las muestras recolectadas. Posteriormente, se aplicó el método HACH 8507, que implica la formación de una coloración característica mediante la reacción de los nitritos presentes en la muestra con reactivos específicos. La intensidad de esta coloración se correlaciona con la concentración de nitritos, permitiendo su cuantificación. Se utilizaron técnicas de espectrofotometría para medir la absorbancia de la solución coloreada y determinar la concentración de nitritos en las muestras analizadas (González et al., 2019).

9.7.6. Nitratos

Para el análisis de nitratos, se aplicó el método HACH 8039, el cual se basa en una reacción química específica para la formación de un compuesto coloreado. La intensidad de este color está directamente relacionada con la concentración de nitratos presentes en la muestra. Esta reacción fue cuantificada utilizando técnicas espectrofotométricas de última generación, lo que permitió una determinación altamente precisa de la concentración de nitratos en las muestras analizadas. Además, se llevaron a cabo medidas de control de calidad rigurosas durante todo el proceso de análisis para garantizar la fiabilidad y la precisión de los resultados (González et al., 2019).

9.7.7. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Para el análisis de DBO, se siguió el método Standard Methods 5210-D, reconocido por su fiabilidad y precisión en la determinación de este parámetro crucial para evaluar la calidad del agua. Este método implica una serie de etapas específicas: inicialmente, se preparan las muestras de agua y se agregan reactivos que estimulan la actividad microbiana. Luego, se incuban las muestras durante un período definido, generalmente de 5 días, a una temperatura controlada. Durante este período, los microorganismos presentes en la muestra consumen el oxígeno disponible para degradar la materia orgánica presente. Al finalizar la incubación, se mide la reducción de oxígeno en la muestra, lo que proporciona una indicación de la DBO. Esta reducción de oxígeno se cuantifica mediante técnicas como la titulación o el uso de equipos automatizados. El método Standard Methods 5210-D garantiza una evaluación precisa de la DBO, ayudando a identificar la

carga orgánica en el agua y a determinar su impacto en el medio ambiente acuático (Brito et al., 2016).

9.7.8. Demanda Química de Oxígeno

Para el análisis de DQO, se empleó el equipo HACH 8000, reconocido por su eficacia y confiabilidad en la determinación precisa de este parámetro. Este equipo permite realizar el análisis de DQO utilizando métodos químicos específicos que involucran la oxidación de la materia orgánica presente en la muestra. Durante el proceso de análisis, se agregan reactivos químicos a la muestra para oxidar selectivamente la materia orgánica, generando una reacción que libera oxígeno y produce un cambio de color en la solución. Este cambio de color se correlaciona con la concentración de materia orgánica presente en la muestra y se cuantifica utilizando técnicas espectrofotométricas o colorimétricas. El equipo HACH 8000 ofrece resultados rápidos y precisos, lo que facilita la evaluación de la calidad del agua y el monitoreo de la contaminación orgánica en diversos tipos de muestras acuosas (Brousett et al., 2018).

9.8. Norma de referencia para el análisis de los parámetros de la calidad de agua

Los resultados obtenidos de las muestras de agua, tanto las remitidas al laboratorio como aquellas analizadas en el laboratorio de la Facultad de CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi, fueron comparados con los criterios de calidad establecidos por las normativas vigentes. En el caso del agua destinada a riego agrícola, se evaluaron los parámetros de arsénico, nitritos, pH y conductividad eléctrica, para compararlos con los estándares especificados en los criterios de calidad para el agua de riego agrícola, tal como se detalla en el Acuerdo Ministerial 097-A. Este documento incluye la tabla 3, que aborda los criterios para la calidad del agua, y la tabla 4, que presenta los parámetros y niveles establecidos para la calidad del agua destinada a riego.

Tabla 3.

Criterios de la calidad de aguas para riego agrícola

TABLA 3. CRITERIOS DE LA CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRÍCOLA			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de calidad
Arsénico	As	mg/L	0.1

Nitritos	NO ₂	mg/L	0.5
Potencial hidrogeno	pH	UpH	6-9

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A

Tabla 4.

Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego

TABLA 4. PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO				
Problema Potencial	Unidades	Grado de Restricción		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Conductividad Eléctrica	mS/cm	0.7	0.7-3.0	>3.0
Afecta la calidad de agua para los cultivos				

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A

Los resultados de laboratorio de las muestras de agua se aplicaron también al análisis del agua destinada al uso pecuario. En este contexto, los parámetros evaluados fueron comparados con los estándares definidos en la tabla 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, la cual especifica los criterios de calidad específicos para las aguas destinadas a actividades pecuarias.

Tabla 5.

Criterios de calidad para aguas para uso pecuario

TABLA 5. CRITERIOS DE CALIDAD PARA AGUAS PARA USO PECUARIO			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Valor máximo
Arsénico	As	mg/L	0.2
Nitratos	NO ₃	mg/L	50
Nitritos	NO ₂	mg/L	0.2

Fuente: Acuerdo Ministerial 097-A

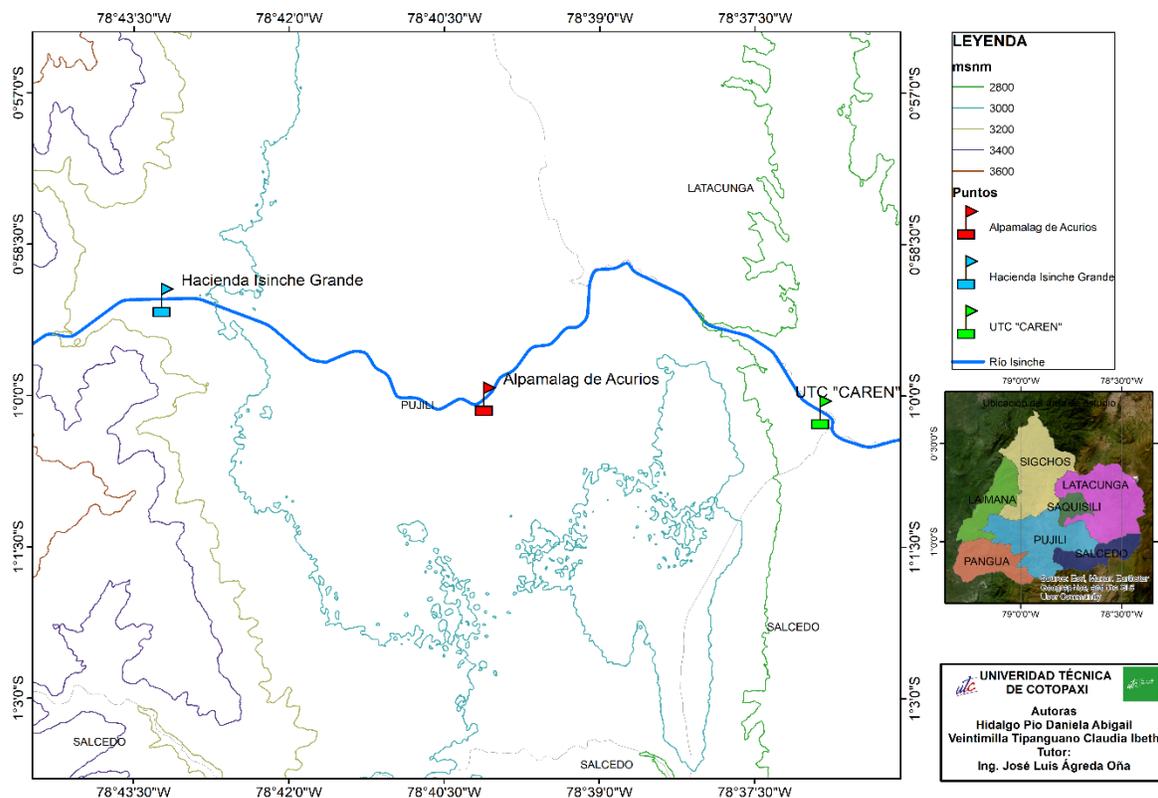
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Área de estudio

El río Isinche tiene su origen en la cordillera de los Andes en el centro-norte de Ecuador y atraviesa cantones como Pujilí, Salcedo y Latacunga antes de unirse al río Cutuchi. Este cuerpo de agua enfrenta desafíos relacionados con la contaminación, siendo esta de origen tanto natural como antropogénico. Aunque la geología regional contribuye a los procesos de sedimentación y erosión en sus aguas, la contaminación antropogénica, derivada de prácticas agrícolas intensivas, vertidos de aguas residuales sin tratamiento previo y una gestión inadecuada de residuos, presenta amenazas más pronunciadas para la integridad ambiental del río.

Ilustración 1.

Mapa del área de estudio



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

10.1.1. Climatología

10.1.1.1 Temperatura

A lo largo de su curso, el río experimenta una notable influencia de las condiciones climáticas propias de la región andina en Cotopaxi. De acuerdo con (Guangasig et al., 2023) prevalece un clima de tundra con temperaturas que oscilan entre frías y templadas. Durante el día, se registra una temperatura media de 13°C a 15°C, mientras que durante la noche desciende a 4°C a 7°C. En la temporada invernal, de diciembre a mayo, se caracteriza por un clima más húmedo y frío, con temperaturas fluctuantes entre 5°C y 15°C.

La temperatura desempeña un papel esencial en la calidad del agua del río, como señala (Saquina, 2020) Durante el invierno, marcado por temperaturas más frías, la baja temperatura del agua puede afectar la velocidad de reacciones químicas y procesos biológicos. Los organismos acuáticos también pueden experimentar alteraciones en su metabolismo y actividad en respuesta a las temperaturas más bajas.

Por otro lado, durante el verano, según lo planteado por (Fustamante, 2020), las condiciones más cálidas que aceleran las reacciones químicas y procesos biológicos en el agua. Este aumento de temperatura influye en la velocidad de descomposición de la materia orgánica, la disponibilidad de nutrientes y la capacidad del agua para retener oxígeno disuelto. Asimismo, las temperaturas más elevadas propician el crecimiento de algas y otros organismos acuáticos, con posibles implicaciones en la turbidez del agua.

10.1.1.2. Precipitaciones

De acuerdo con el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2020). En la provincia de Cotopaxi, la precipitación media anual se estima en 1663 mm, con una humedad media del 83%. En Latacunga, se registra un total de alrededor de 1946 mm de precipitación. Salcedo también presenta una cifra anual promedio de 1946 mm. En Pujilí, la precipitación promedio anual varía entre 500 y 1000 mm.

Como señala (Mengual & Estrada, 2021), las precipitaciones pueden tener un impacto dual en la calidad del agua de un río. Por un lado, las lluvias intensas pueden desencadenar la escorrentía de contaminantes desde la superficie del suelo, introduciendo pesticidas y fertilizantes en el río, y aumentando la erosión del suelo, lo que contribuye a la turbidez del agua. Sin embargo, las

precipitaciones también aportan beneficios al sistema fluvial al recargar acuíferos, mantener niveles saludables de agua durante sequías y diluir contaminantes, reduciendo su impacto negativo. El aumento del caudal generado por las lluvias contribuye a la oxigenación del agua.

10.1.1.3. Flora

En las proximidades de la zona de estudio, las variedades vegetales más comunes abarcan pajonales, chuquiragua, molli, chilca, malva, romerillo, mortiño y achupalla. La flora ejerce impactos significativos, tanto negativos como positivos, en la calidad del agua de un río. La ausencia de vegetación ribereña puede dar lugar a la erosión del suelo y la escorrentía de nutrientes desde áreas agrícolas, contribuyendo a la sedimentación y problemas de eutrofización. Por otro lado, la vegetación desempeña un papel crucial al filtrar contaminantes, proporcionar hábitats para la fauna acuática, controlar la temperatura del agua y estabilizar las riberas, mejorando así la calidad general del ecosistema acuático (Quiceno & Castaño, 2021).

10.1.1.4. Fauna

Conforme a lo señalado por (Íñiguez, 2020), la presencia de fauna, tanto de origen silvestre como doméstico, ejerce un impacto considerable en la calidad del agua de un río. La introducción de patógenos a través de la contaminación fecal se presenta como un riesgo directo para la salud humana. Esta contaminación, enriquecida con nutrientes provenientes de los excrementos, agrava los problemas asociados con la eutrofización, un fenómeno que implica el exceso de nutrientes, como el nitrógeno, propiciando el desarrollo desmesurado de algas. Adicionalmente, de acuerdo con (Barros Salazar, 2021), la alteración del lecho del río, atribuible a la actividad herbívora de animales que se alimentan de la vegetación cercana a los ríos, incide en la modificación de la estructura del lecho y contribuye a la turbidez del agua. Estos cambios afectan la transparencia y la calidad visual del entorno acuático.

10.1.2. Puntos de muestreo

Tabla 6.

Descripción de los puntos de muestreo

Puntos	Ubicación	Coordenadas		Altitud
		Longitud (X)	Latitud (Y)	

P1	Hacienda Isinche Grande	753703.00	9891133.00	3007 msnm
P2	Alpamalag de Acurios	759480.32	9889327.52	2887 msnm
P3	Universidad Técnica de Cotopaxi campus CAREN	765511.60	9889083.66	2695 msnm

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

Como se indica en la tabla 6 para este proyecto de investigación se escogieron tres puntos de muestreo según la sugerencia de (Merino et al., 2020) que indica que optar por tres puntos ayuda a lograr una representación más precisa del área de investigación, evitando sesgos asociados con depender exclusivamente de un solo lugar. Asimismo, esta elección facilita obtener una perspectiva más integral del área y de las condiciones circundantes. En este sentido, la selección de puntos de muestreo se llevó a cabo de la siguiente manera:

P1, Hacienda Isinche Grande: Este punto de muestreo, situado a 3 km del cantón Pujilí, fue originalmente seleccionado con la intención de representar un área donde el agua del cauce se encontrará en un estado más natural. No obstante, se observó que en las cercanías del río existe una presencia significativa de áreas destinadas a la agricultura, ganadería y actividades recreativas. Este punto resultó de interés para la investigación porque, de acuerdo con (Intriago & Quiroz, 2021), la presencia de tales áreas puede afectar los cuerpos de agua de diversas maneras. Esto incluye la posibilidad de contaminación química debido a la escorrentía de agroquímicos y productos ganaderos, la introducción de carga orgánica mediante el estiércol, el aumento de la erosión y sedimentación del suelo, el impacto negativo en la biodiversidad acuática y la presión adicional sobre los recursos hídricos debido a las actividades recreativas.

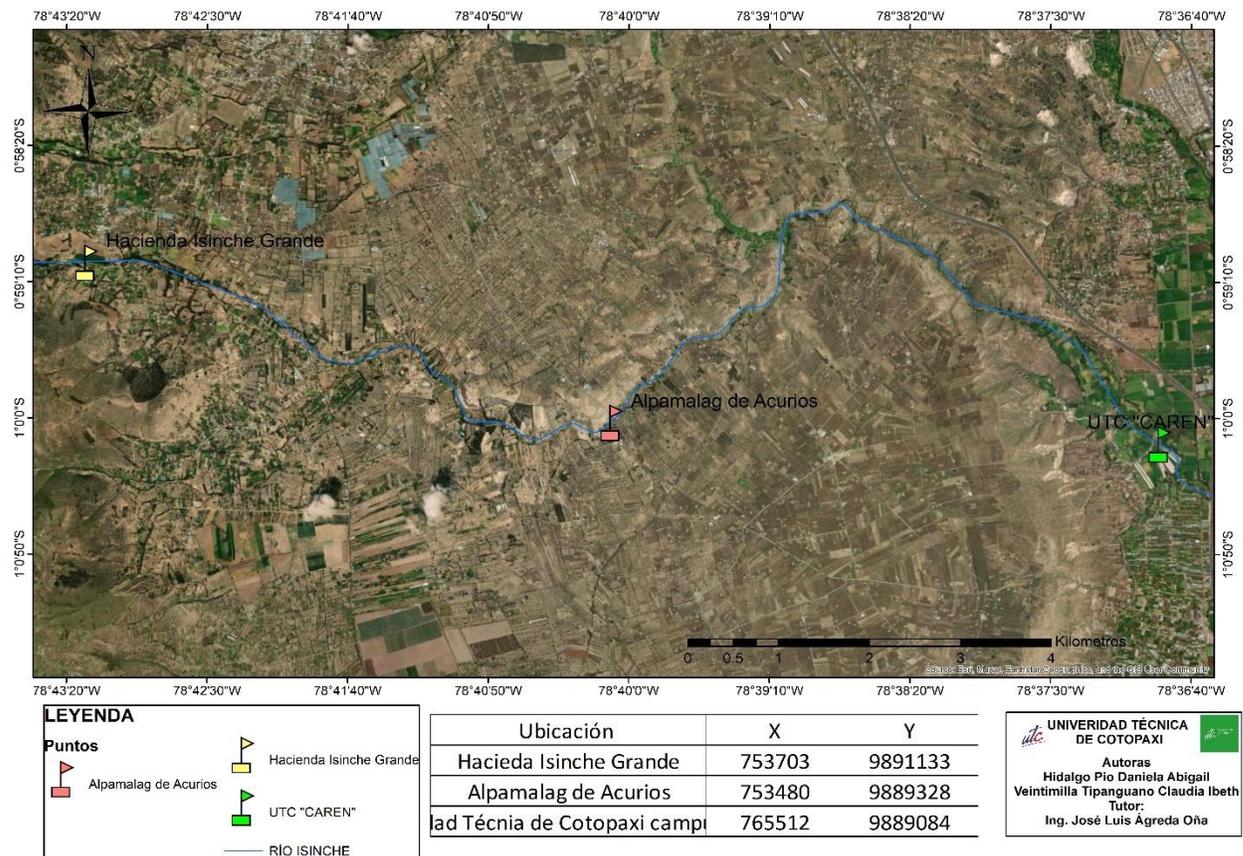
P2, Alpamalag de Acurios: Ubicado en la región noroccidental del cantón Salcedo y conectando con la parte sureste de Pujilí, este sitio de muestreo se seleccionó debido a su posición intermedia y la destacada presencia de actividad agrícola y crianza de ganado. Conforme a (Jaramillo, 2021), estas actividades pueden tener impactos significativos en los ríos cercanos. La utilización de pesticidas y fertilizantes en la agricultura provoca la escorrentía de agroquímicos hacia los ríos, generando problemas de contaminación. De manera similar, la cría de ganado contribuye a la carga orgánica mediante la escorrentía y lixiviación del estiércol, afectando los

niveles de oxígeno en el agua. Además, de acuerdo con (Tolentino, 2020), la perturbación de la cobertura vegetal y la compactación del suelo derivadas de estas actividades pueden incrementar la erosión y sedimentación en los ríos.

La selección del P3, Universidad Técnica de Cotopaxi, campus CAREN, se justifica por ser un punto donde se vierten aguas residuales generadas por las actividades cotidianas del campus Salache. Esta elección se basa en el interés de comprender el impacto de esta descarga en la calidad del agua del río, ya que según (Romero, 2023), los vertidos de aguas residuales provenientes de las universidades hacia ríos cercanos pueden tener consecuencias significativas en la calidad del agua, puesto que estas descargas pueden incluir contaminantes químicos procedentes de laboratorios y actividades universitarias, así como carga orgánica proveniente de desechos biológicos y materiales orgánicos.

Ilustración 2.

Puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

De acuerdo a las actividades que se realizan de manera cercana a los puntos de muestreo. Se evidencia que el río Isinche enfrenta una serie de desafíos que tienen un impacto significativo en su calidad y bienestar general. La presencia notoria de áreas dedicadas a la agricultura, ganadería y actividades recreativas, junto con la descarga directa de aguas residuales no tratadas en las cercanías del río, resulta en la contaminación de sus aguas. La realización de una caracterización físico-química surge como una imperiosa necesidad para comprender minuciosamente la naturaleza de estos problemas en el río. Este análisis es esencial para la formulación de estrategias de mitigación efectivas, con el propósito de preservar la calidad del agua, salvaguardar la biodiversidad acuática y asegurar la óptima calidad de este recurso hídrico para su uso en actividades agrícolas y pecuarias por parte de las comunidades locales.

10.2. Parámetros Físico - químicos analizados

La tabla 7, muestra los valores de los parámetros fisicoquímicos en los tres puntos de muestreo del río Isinche y los resultados del análisis de cada parámetro. A continuación, se indican los valores comparados con los estándares establecidos por el Acuerdo Ministerial 097 A.

Tabla 7.

Parámetros físico químicos

Parámetro	Unidad	P1	P2	P3	LMP Agua de riego	LMP uso Pecuario
DBO	mg/L	3	0	0	-	-
DQO	mg/L	32.8	11.1	12.8	-	-
pH	UpH	7.33	7.40	8	6 – 9	-
Turbidez	UNT	7.99	8.51	9.11	-	-
Conductividad	mS/cm	1.053	1.014	1.049	3.0	-
Arsénico	mg/L	0.1471	0.02529	0.02452	0.1	0.2
Nitritos	mg/L	0.428	0.116	0.112	0.5	0.2
Nitratos	mg/L	<5.0	< 5.0	< 5.0	-	50

LEYENDA

P1: Hacienda Isinche Grande.

P2: Alpamalag de Acurios

P3: Universidad Técnica de Cotopaxi campus CAREN.

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla. C (2024)

10.2.1 Análisis de los Resultados de Cada Parámetro en los Puntos de Muestreo del Río

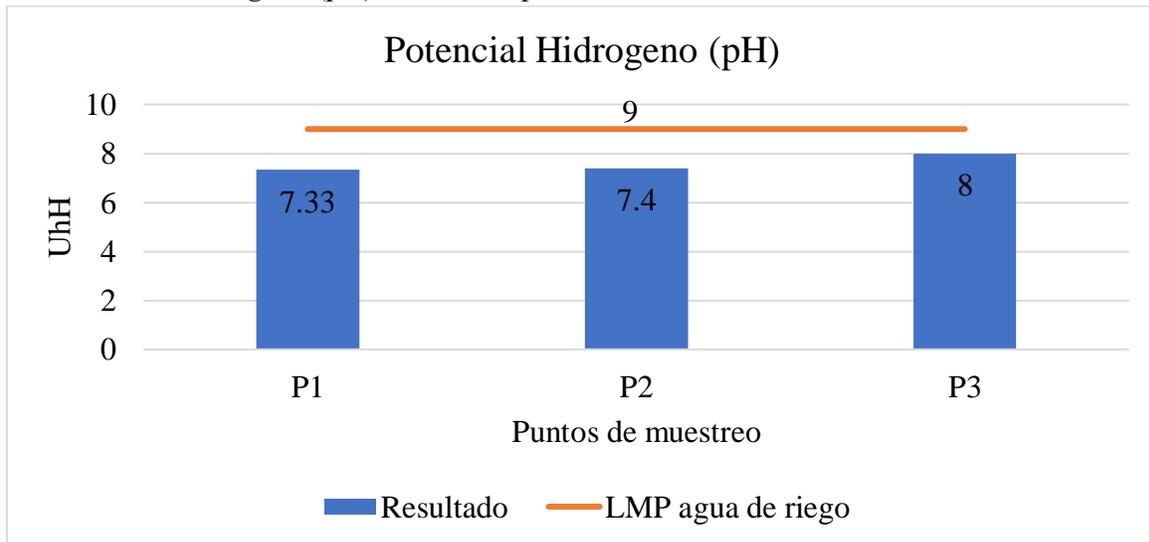
Isinche

El laboratorio analizó tres muestras de agua tomadas a lo largo del río. Los análisis abarcaron DQO y DBO. Además, se analizaron los niveles de pH, conductividad, arsénico, nitratos y nitratos. Los resultados obtenidos se compararon cuidadosamente con las normas ecuatorianas para el agua potable y agrícola.

10.2.1.1. Potencial Hidrogeno

Ilustración 3.

Potencial de Hidrogeno (pH) de los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

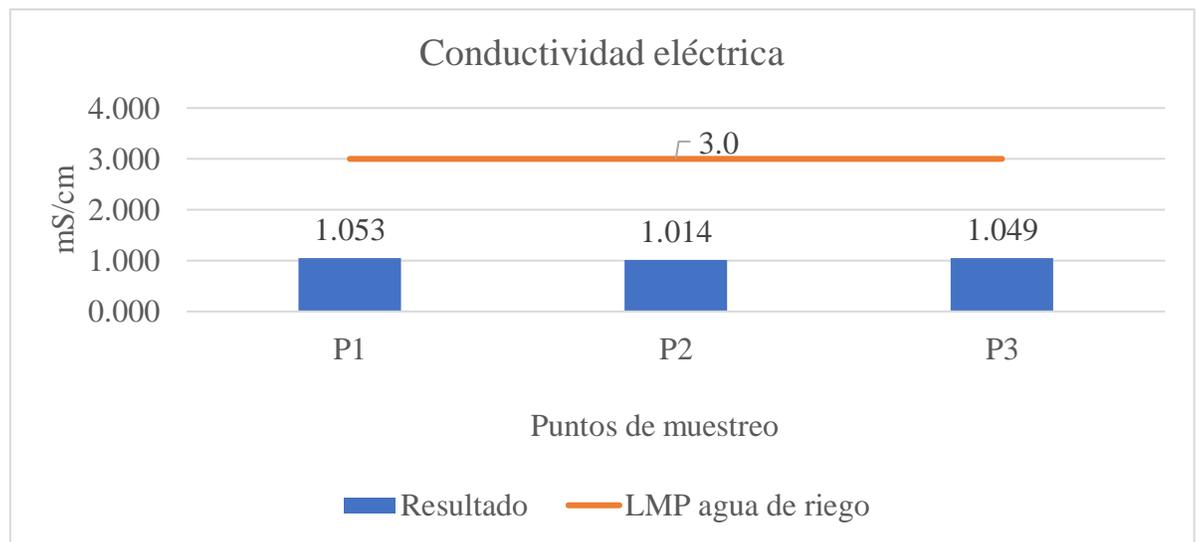
Los análisis de pH en los tres puntos de muestreo del río Isinche mostraron valores dentro del rango permisible (6-9) para el agua de riego, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A. En Hacienda Isinche Grande (P1) se registró un pH de 7.33, en Alpamalag de Acurios (P2) fue de 7.40, y en el campus CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi (P3) fue de 8. Estos resultados indican una estabilidad general en el pH del agua del río. Esta estabilidad puede ser atribuida a diversos factores, entre ellos, los cambios estacionales de temperatura propios de la región andina, documentados entre 4°C y 15°C ya que, la temperatura del agua influye

significativamente en la solubilidad de los minerales y gases en el agua. Durante las estaciones más cálidas, las altas temperaturas pueden incrementar la solubilidad de los carbonatos, lo que resulta en un aumento del pH del agua, mientras que, en las estaciones más frías, la solubilidad del dióxido de carbono se incrementa, lo que tiende a reducir el pH del agua. Estos cambios estacionales en la temperatura pueden tener un impacto significativo en el equilibrio químico del agua, contribuyendo así a mantener su pH dentro de los límites aceptables para su uso en actividades agrícolas y de riego. Además, según García et al. (2019), esta consistencia en el pH puede también estar relacionada con la ausencia de contaminantes específicos que afectarían negativamente el pH del agua también, factores naturales como la lluvia o las precipitaciones juegan un papel importante en la dilución y estabilización del pH.

10.2.1.2. Conductividad Eléctrica

Ilustración 4.

Conductividad eléctrica de los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

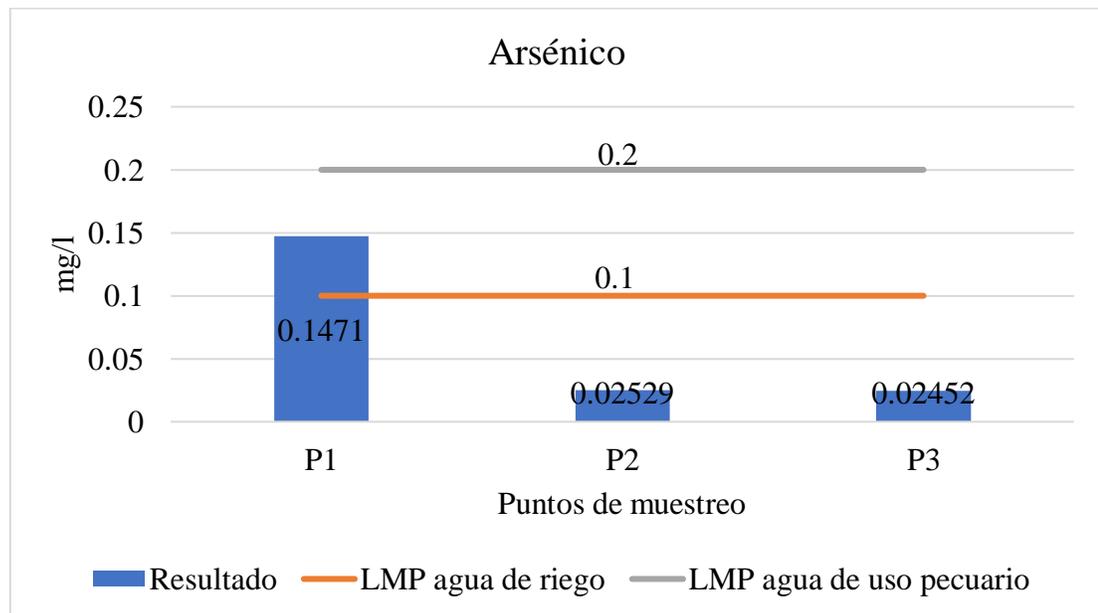
Los resultados del análisis de conductividad en los puntos de muestreo del río Isinche revelan consistentemente valores bajos. En el primer punto de muestreo, ubicado en Hacienda Isinche Grande, se registró una conductividad de 1.053 mS/cm. En el segundo punto, situado en Alpamalag de Acurios, la conductividad fue de 1.014 mS/cm, y en el tercer punto, en el campus CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se midió una conductividad de 1.049 mS/cm.

Estos valores se mantienen por debajo del límite permisible de 3.0 mS/cm para agua agrícola destinada a riego, según lo establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A. Esta consistente baja conductividad sugiere una relativa estabilidad en la calidad del agua en todas las ubicaciones de muestreo, a pesar de la posible influencia de actividades humanas en las áreas circundantes. La presencia de una vegetación ribereña abundante, compuesta por pajonales, chuquiragua, molli, chilca, malva, romerillo, mortiño y achupalla, puede contribuir a limitar la concentración de iones en el agua y mantener la conductividad en un nivel aceptable, como sugieren Rodríguez et al. (2017). Además, tanto la temperatura del agua como las precipitaciones pueden desempeñar un papel significativo en la regulación de la conductividad. Las altas temperaturas pueden acelerar la actividad biológica y química, lo que podría influir en la disolución de los componentes disueltos en el agua. Por otro lado, las precipitaciones pueden diluir los contaminantes y reducir su concentración en el agua, lo que podría contribuir a mantener bajos niveles de conductividad.

10.2.1.3. Arsénico

Ilustración 5.

Cantidad de arsénico en los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

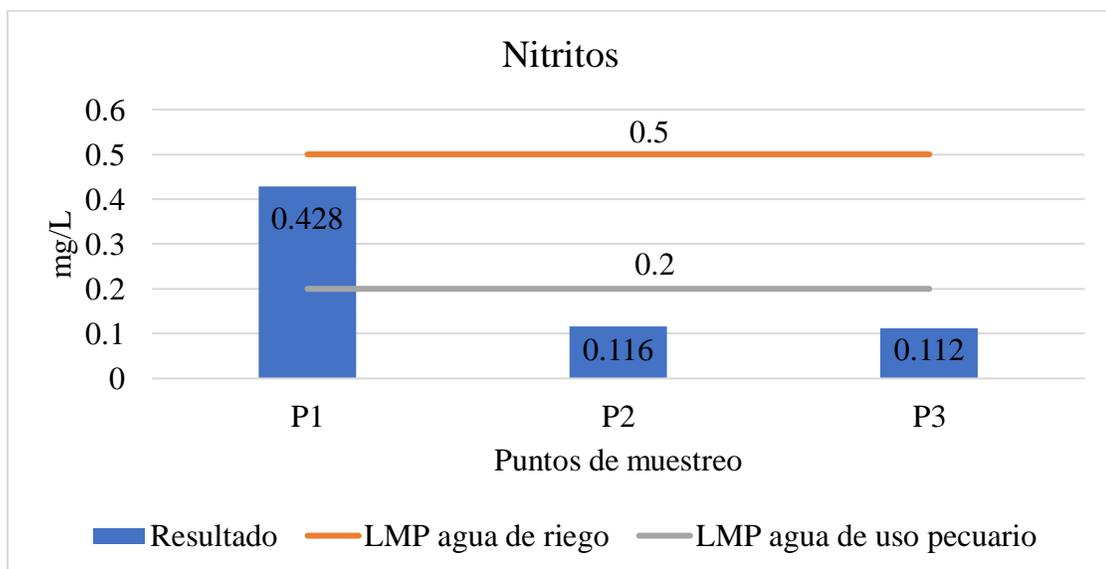
Los resultados del análisis de arsénico revelan disparidades significativas entre los tres puntos de muestreo. En Hacienda Isinche Grande (punto 1), se encontró una concentración de

arsénico que excedía el límite establecido para agua de riego (0.1 mg/l), alcanzando un valor de 0.1471 mg/l. No obstante, esta concentración se mantuvo por debajo del límite permitido para agua de uso pecuario (0.2 mg/l). En contraste, tanto en el punto 2 (Alpamalag de Acurios) como en el punto 3 (Campus CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi), las concentraciones de arsénico estuvieron dentro de los límites aceptables para ambos usos, registrando valores de 0.02529 mg/l y 0.02452 mg/l respectivamente. Estos hallazgos indican que las aguas del punto 1 podrían no ser aptas para riego, aunque sí para uso pecuario, mientras que las del punto 2 y 3 serían aptas para ambos usos. La elevada presencia de arsénico en el punto 1 podría atribuirse a diversas causas potenciales, como el uso de fertilizantes o plaguicidas en la producción agrícola local, la geología del suelo que libera arsénico en el agua, o la influencia de aguas residuales domésticas locales (Calcina 2022). Se propone también que la temperatura del agua podría estar asociada con la concentración de arsénico, ya que las variaciones en la temperatura pueden impactar la solubilidad de los minerales en el agua y, por ende, influir en los niveles de arsénico detectados. Sin embargo, se requiere una investigación más detallada para confirmar esta posible relación.

10.2.1.4. Nitritos

Ilustración 6.

Cantidad de nitritos en los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

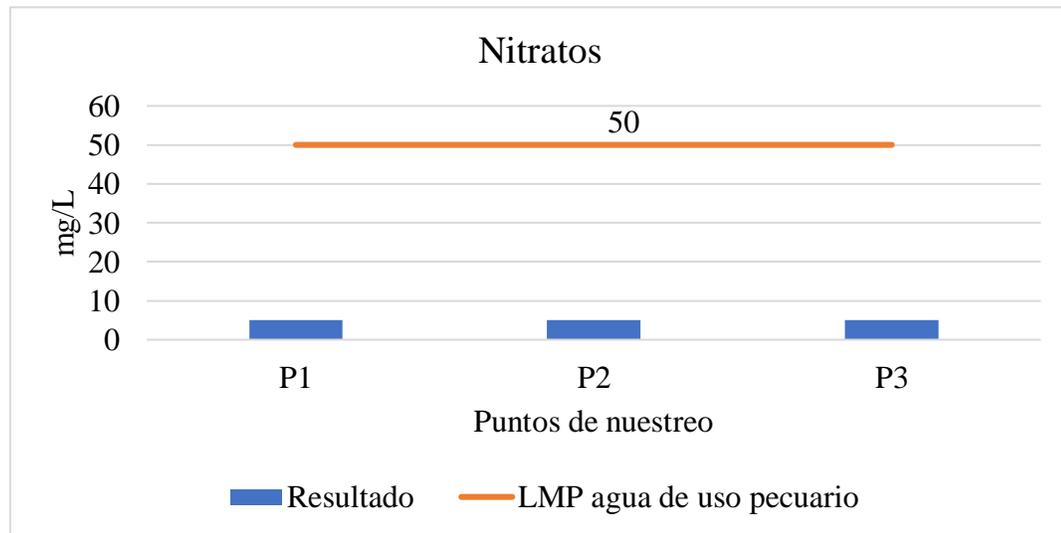
Gráfico 4. Cantidad de Nitritos en los tres puntos de muestreo

Los análisis de Nitritos mostraron que en los puntos de muestreo 2 (Alpamalag de Acurios) y 3 (Campus CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi), las concentraciones de nitritos fueron de 0.116 mg/l y 0.112 mg/l respectivamente, dentro de los límites autorizados para el agua utilizada para la ganadería (0.2 mg/l) y la agricultura de regadío (0.5 mg/l) según el Acuerdo Ministerial 097-A. Estos resultados indican que estas áreas no presentan niveles preocupantes de contaminación por nitritos y son adecuadas para su uso previsto. Sin embargo, en el punto 1 (Hacienda Isinche Grande), la concentración de nitritos fue de 0.428 mg/l, superando los límites establecidos para el agua de uso pecuario. De acuerdo con Zuñigan (2020), este problema puede deberse a la presencia de urea, un compuesto comúnmente utilizado en fertilizantes y estiércol animal en la agricultura local ya que la descomposición bacteriana de la urea libera amonio, que se convierte en nitrito, contribuyendo así a las elevadas concentraciones observadas en el agua.

10.2.1.5. Nitratos

Ilustración 7.

Cantidad de nitratos en los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

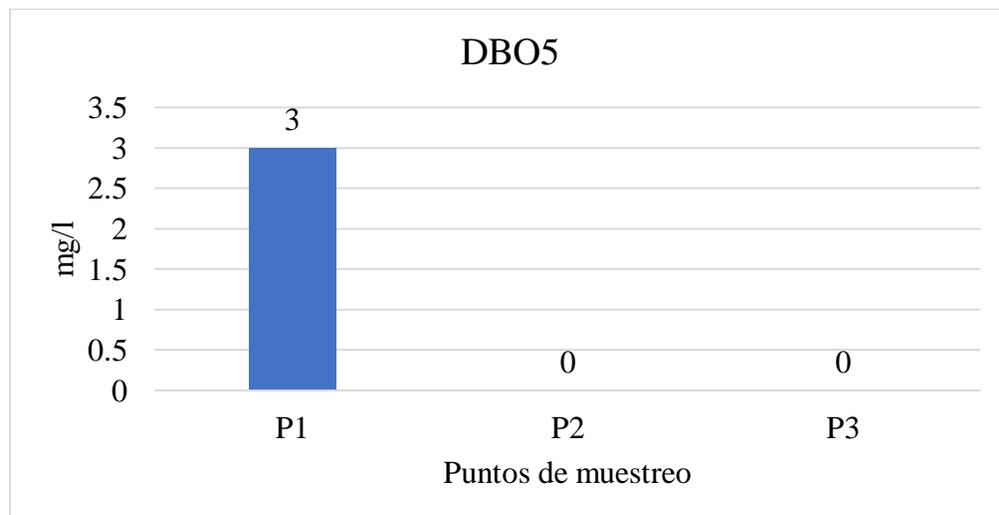
Los análisis de nitrato en los tres puntos de muestreo, Hacienda Isinche Grande, Alpamalag de Acurios y Campus Universitario Cotopaxi CAREN, revelaron concentraciones sorprendentemente bajas, todas por debajo de 5.0 mg/l, en línea con el límite permitido para agua de uso pecuario establecido en 50 mg/l, según lo dispuesto en el Acuerdo Ministerial 097-A. Esta

observación es particularmente notable en Hacienda Isinche Grande, donde, a pesar de los altos niveles de nitrito, las concentraciones de nitrato fueron significativamente reducidas. Esta discrepancia podría explicarse por diversos procesos biológicos, como una nitrificación incompleta o condiciones anaeróbicas que limitan la conversión de nitrito en nitrato (Rivera, 2023). Además, la presencia de sustancias como urea o amonio también podría influir en la formación de nitrito en lugar de nitrato.

10.2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Ilustración 8.

Cantidad de demanda bioquímica de oxígeno en los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

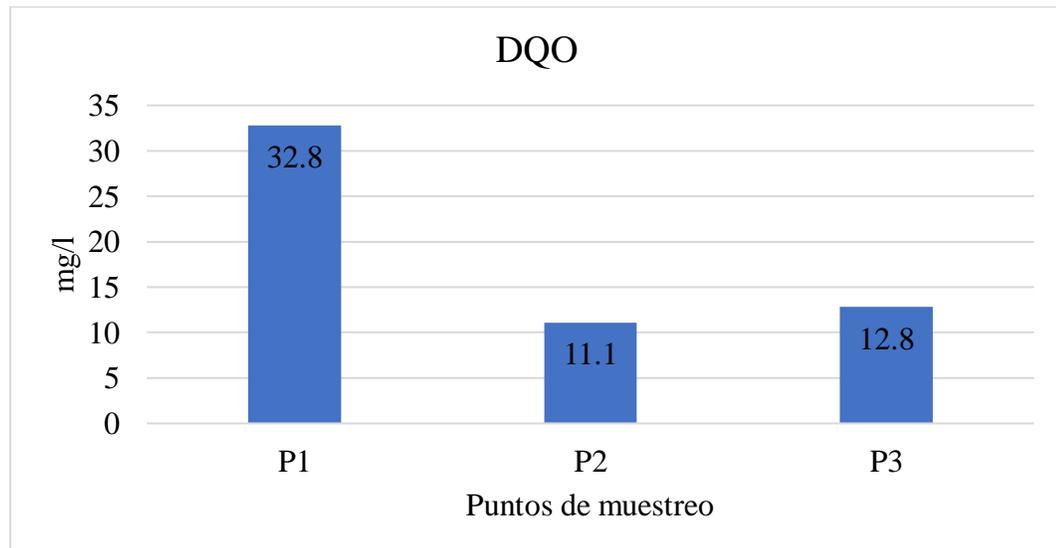
Los resultados de DBO₅ en los diferentes puntos de muestreo presentaron variaciones significativas. En la Hacienda Isinche Grande, se registró un valor de 3 mg/l, lo que indica la presencia de materia orgánica en el agua. Esta situación podría deberse a la proximidad de esta zona a fuentes potenciales de contaminación, la agricultura y la ganadería pueden contribuir al aumento de la carga orgánica debido al uso de fertilizantes, pesticidas y residuos animales (Isea et al., 2015). Además, las condiciones climáticas locales pueden influir en las tasas de descomposición de la materia orgánica, lo que explicaría la presencia de DBO₅. Por otro lado, en Alpalagal de Acurios y en el Campus de la Universidad Tecnológica de Cotopaxi, CAREN, no se detectó presencia de DBO₅ (0 mg/l). Esto puede indicar una contaminación orgánica mínima en la calidad del agua en estos sitios o la implementación efectiva de prácticas de control y manejo de

contaminantes orgánicos, donde la ausencia de DBO_5 podría atribuirse a sistemas naturales de autorregulación o procesos biológicos eficientes (Cardenas, 2021). La presencia de vegetación ribereña en estas áreas también puede desempeñar un papel crucial al actuar como filtro natural y estabilizador del agua, reduciendo así la carga de materia orgánica. Por lo tanto, la variación en los niveles de DBO_5 entre los diferentes puntos de muestreo refleja la influencia de múltiples factores, incluidas las actividades humanas y las condiciones ambientales locales, en la calidad del agua del río Isinche.

10.2.1.7. Demanda Química de Oxígeno

Ilustración 9.

Cantidad de demanda química de oxígeno en los tres puntos de muestreo



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

Los resultados de DQO en los diferentes puntos de muestreo revelaron notables discrepancias en la contaminación orgánica del cuerpo de agua, lo que sugiere una variabilidad considerable en la carga de contaminantes. En el primer punto de muestreo, Hacienda Isinche Grande (P1), se detectaron niveles significativamente más altos de DQO, alcanzando una concentración de 32,8 mg/L. Esta marcada diferencia podría atribuirse a la proximidad de fuentes de contaminación orgánica y también la presencia de suelos altamente permeables en esta área podría facilitar la infiltración de contaminantes hacia el cuerpo de agua (Caldera et al., 2010). Por otro lado, los puntos de muestreo P2 (Alpamagal de Acurios) y P3 (Campus Universitario Cotopaxi

CAREN) exhibieron niveles más moderados de DQO, con concentraciones de 11.1 mg/L y 12.8 mg/L, respectivamente. Esta reducción en los niveles de contaminación orgánica podría atribuirse a una menor actividad agrícola en estas áreas.

10.3. Propuesta de estrategias de mitigación para el río Isinche

La propuesta de estrategias de mitigación para el río Isinche surge como una respuesta necesaria y urgente ante los desafíos ambientales que enfrenta este preciado recurso hídrico. En este contexto, se desarrollan y proponen medidas concretas destinadas a contrarrestar los efectos adversos de la contaminación y la degradación en el ecosistema fluvial. El objetivo central de estas estrategias es preservar la calidad del agua del río Isinche y salvaguardar su biodiversidad, con la finalidad de asegurar su sostenibilidad a largo plazo y mejorar el bienestar de las comunidades que dependen directamente de sus aguas y entorno natural.

10.3.1. Diagrama de Ishikawa respecto a la calidad de agua del río Isinche

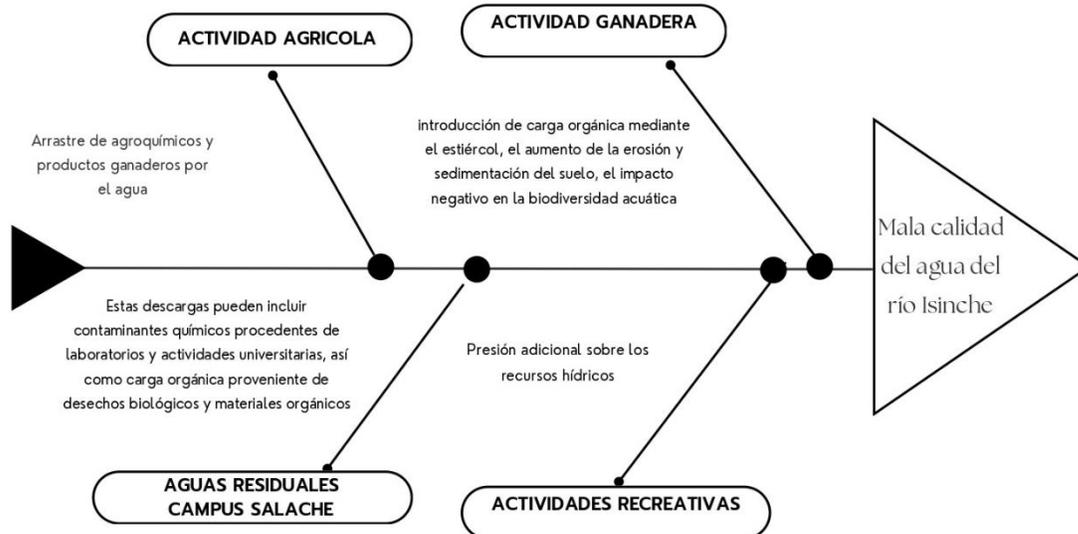
El diagrama de Ishikawa, también conocido como "diagrama de espina de pescado" o diagrama de causa y efecto, es una herramienta importante para comprender la complejidad de la contaminación del río Isinche. El diagrama se centra en el impacto principal: la contaminación del río. La categoría de causa raíz desglosa el problema y muestra los impactos directos de la ganadería, la agricultura, las actividades recreativas y las aguas residuales del emplazamiento de Salache.

La producción ganadera parece ser un factor determinante que contribuye a la contaminación del agua a través de la lixiviación de nutrientes y residuos animales. La agricultura intensiva, con un uso excesivo de fertilizantes y pesticidas, complica aún más la situación al contaminar las masas de agua por escorrentía. Actividades recreativas aparentemente inocuas aportan residuos y productos químicos al ecosistema fluvial como fuentes potenciales de contaminación. Por último, las aguas residuales del campus Salache también desempeñan un papel importante, ya que vierten contaminantes directamente al río.

Este análisis detallado, combinado con los gráficos de Ishikawa, sirve como mapa visual para una comprensión integral de las causas de la contaminación. Esta visión ampliada proporciona una base sólida para el desarrollo de estrategias específicas que promoverán prácticas más sostenibles en cada uno de los sectores identificados, contribuyendo así a la protección a largo plazo del río Isinche y su medio ambiente.

Ilustración 10.

Diagrama de Ishikawa causas y efectos de la contaminación del río Isinche



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

El análisis presentado en la ilustración 10 expone las causas y consecuencias vinculadas a la deficiente calidad del río Isinche, representadas a través de un diagrama de Ishikawa. En el Primer Punto (P1), conocido como Hacienda Isinche Grande y ubicado a 3 km del cantón Pujilí, se constató la presencia notable de áreas destinadas a la agricultura, ganadería y actividades recreativas en las proximidades del río. Este lugar fue seleccionado para investigar sus posibles impactos, de acuerdo con Velázquez-Chávez et al., (2022) todo abarca desde la contaminación química debido a la escorrentía de agroquímicos y productos ganaderos hasta la introducción de carga orgánica a través del estiércol. Además, se observa un aumento de la erosión y sedimentación del suelo, un impacto adverso en la biodiversidad acuática y una presión añadida sobre los recursos hídricos debido a las actividades recreativas.

En el Segundo Punto (P2), Alpalag de Acurios, localizado en la región noroccidental del cantón Salcedo y conectando con la parte sureste de Pujilí, fue seleccionado debido a su posición intermedia y a la destacada actividad agrícola y ganadera. Según Bustamante-González et al., (2016) estas actividades pueden tener efectos significativos en los ríos cercanos, incluyendo la contaminación por escorrentía de agroquímicos y la carga orgánica del estiércol, lo cual afecta los

niveles de oxígeno en el agua. Asimismo, la alteración de la cobertura vegetal y la compactación del suelo resultantes de estas actividades pueden provocar un aumento de la erosión y sedimentación en los ríos.

La elección del Tercer Punto (P3), correspondiente a la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus CAREN, se justifica por ser un sitio donde se descargan aguas residuales generadas por las actividades cotidianas del campus Salache. Según García (2018) las descargas de aguas residuales de las universidades hacia ríos cercanos pueden tener consecuencias notables en la calidad del agua, involucrando contaminantes químicos provenientes de laboratorios y actividades universitarias, así como carga orgánica procedente de desechos biológicos y materiales orgánicos

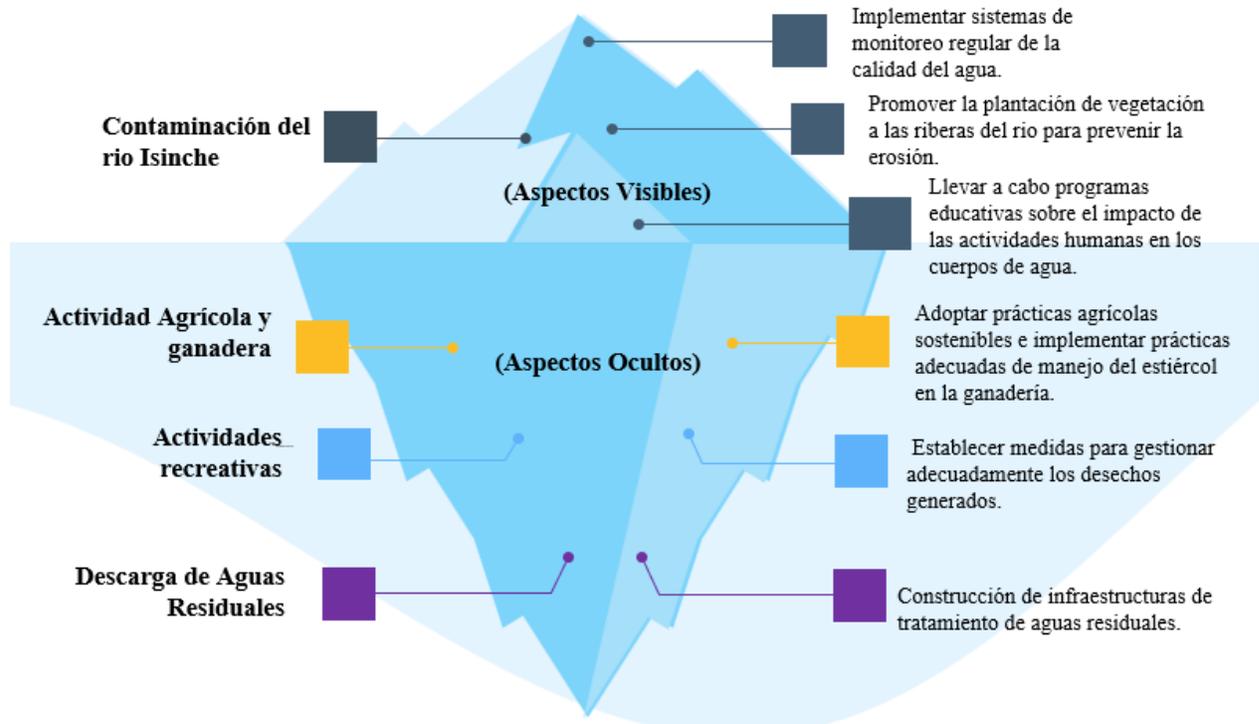
10.3.2. Método de iceberg para la identificación de aspectos clave y propuestas de mitigación para el río Isinche

El iceberg del Río Isinche se compone de dos componentes: los aspectos visibles y los aspectos ocultos. En la cima del iceberg se resalta la contaminación del río Isinche y se sugieren medidas para atenuar los daños causados, principalmente, por la actividad humana. La parte no visible del iceberg revela las causas fundamentales de la contaminación, como la agricultura y la ganadería con su uso excesivo de pesticidas y fertilizantes, las actividades recreativas y el vertido directo de aguas residuales sin tratamiento previo, incluida la contribución de la facultad de CAREN.

En relación a esas causas, se han sugerido los aspectos ocultos del Iceberg se han medidas de mitigación, como fomentar prácticas agrícolas sostenibles como la rotación de cultivos y el manejo integrado de plagas, con el fin de disminuir la dependencia de pesticidas y fertilizantes químicos. Al mismo tiempo, se pueden aplicar medidas para un manejo sostenible del estiércol, incluyendo prácticas como el compostaje, para evitar el arrastre de nutrientes y patógenos hacia el río. También se han propuesto acciones para una gestión adecuada de los desechos generados, abordando la recolección, clasificación, reciclaje y disposición final responsable, con el objetivo de prevenir la contaminación del agua y promover prácticas sostenibles. Además, se subraya la importancia de construir infraestructuras de tratamiento de aguas residuales para garantizar que estas sean tratadas antes de verse en el Río Isinche.

Ilustración 11.

Iceberg de aspectos clave y propuestas de mitigación para el Río Isinche



Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

10.3.3. Estrategias de mitigación para el río Isinche

Las estrategias para reducir la contaminación del río Isinche están detalladas en las tablas 8, 9 y 10. Estas recomendaciones han sido elaboradas teniendo en cuenta las principales fuentes de contaminación del río, las cuales son resultado de actividades humanas. Se ha establecido un objetivo específico para la implementación de las medidas de mitigación, considerando aspectos socioculturales, económicos y ambientales. Estas propuestas tienen como objetivo abordar la problemática desde diferentes perspectivas con el fin de disminuir la contaminación de esta fuente de agua.

10.3.3.1 Propuestas de estrategias de mitigación en los aspectos socio-cultural, económico y ambiental

En el ámbito sociocultural, de acuerdo con la tabla 8, la estrategia para abordar la contaminación del río Isinche se centra en aumentar la conciencia sobre el cuidado del agua a través

de programas educativos y de concientización ambiental. Estas acciones incluyen sensibilizar a la comunidad desde temprana edad mediante programas educativos que promueven prácticas sostenibles en el uso del agua, así como la realización de eventos comunitarios como limpiezas y reforestaciones para involucrar activamente a la población en la conservación del río. Además, se busca reducir la contaminación agrícola mediante la capacitación agrícola, que disminuye el uso de agroquímicos y mejora la salud del suelo. Estas iniciativas pueden llevarse a cabo con la colaboración de instituciones educativas locales, líderes comunitarios y autoridades ambientales.

Tabla 8.

Propuestas de mitigación en relación al aspecto social-cultural

Aspecto social-cultural		
Objetivo: Promover la concienciación del cuidado del recurso hídrico		
Propuesta	Actividad	Responsable
Desarrollo de programas educativos	Implementar programas educativos enfocados en la protección del recurso hídrico en las escuelas locales.	
	Organizar eventos de involucramiento comunitario para la conservación del río, tales como actividades de limpieza y programas de reforestación.	-Instituciones educativas locales Líderes de la comunidad -Autoridades Ambientales
	Capacitar a los agricultores en prácticas agroecológicas con el propósito de disminuir la utilización de agroquímicos, mejorar la salud del suelo y	

reducir la escorrentía de
contaminantes agrícolas al río.

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

Desde una perspectiva económica con el objetivo de reducir la contaminación en el río Isinche, tal como se indica en la tabla 9, se sugiere la aplicación de Prácticas Agroecológicas Sostenibles. Esto implica facilitar financiamientos para adoptar tecnologías que reduzcan la carga contaminante antes de verter las aguas al río, preservando su calidad. Asimismo, se propone la implementación de prácticas agrícolas sostenibles, como el uso de sistemas de riego eficientes y técnicas de manejo del suelo, para minimizar la escorrentía de contaminantes hacia el río y mejorar la salud del ecosistema acuático. Además del desarrollo de infraestructuras de tratamiento de aguas residuales, esenciales para eliminar contaminantes antes de la descarga, mejorando la calidad del agua y asegurando el cumplimiento de estándares ambientales, impulsando así la sostenibilidad y el cuidado a largo plazo del río.

Tabla 9.

Propuestas de mitigación en relación al aspecto económico

Aspecto económico		
Objetivo: Reducir los niveles de contaminación en el río		
Propuesta	Actividad	Responsable
Implementación de prácticas agroecológicas sostenibles	Facilitación de subsidios para la adopción de tecnologías sostenibles, incluyendo sistemas de riego eficientes y prácticas de manejo y conservación del suelo	-Lideres de la comunidad -Organizaciones agrícolas -GAD
	Establecer estímulos financieros para fomentar la adopción de métodos agroecológicos.	Autoridades Ambientales

	Establecer corredores verdes y franjas de protección en las riberas del Río Isinche.
Desarrollo de infraestructuras de tratamiento de aguas residuales	Implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales adaptados a las características locales y a los tipos de contaminantes presentes en la región.
	Buscar y gestionar fuentes de financiamiento asociados con la construcción y operación de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.
	Establecer regulaciones y sanciones para controlar el vertido ilegal de aguas residuales.

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

Por último, en el aspecto ambiental, la gestión integrada de residuos agrícolas es una parte importante de la propuesta. Esta iniciativa presentada en la tabla 10, pretende abordar directamente las fuentes de contaminación agrícola que afectan al río. Como primer paso, se recomienda desarrollar un programa de muestreo del suelo en las zonas agrícolas próximas al río. El programa pretende identificar las zonas clave con altas concentraciones de residuos agrícolas y proporcionar datos precisos para una gestión eficaz. Un segundo paso importante es la adopción de un enfoque de gestión integrada de plaguicidas basado en las necesidades identificadas por el muestreo. El objetivo de este enfoque es reducir las cargas de contaminantes químicos en la escorrentía, lo que contribuirá directamente a la protección de la calidad del agua del río Isinche. Además, como medida práctica, se recomienda la creación de centros de recogida de residuos agrícolas y de compostaje. Estos centros no sólo contribuirán a la segregación de residuos en origen y a una gestión eficaz de los mismos, sino que también fomentarán la adopción de prácticas más sostenibles

en la agricultura. Con estas medidas no sólo se pretende reducir la contaminación de los ríos, sino también sentar las bases para promover activamente la salud de los ecosistemas de la región.

Tabla 10.

Propuestas de mitigación en relación al aspecto ambiental

Aspecto ambiental		
Objetivo: Minimización de la Contaminación y Promoción de la Salud Ecosistémica en el Río Isinche		
Propuesta	Actividad	Responsable
Gestión integral de residuos agrícolas	Desarrollar un programa de muestreo del suelo en las zonas agrícolas cercanas al río para identificar áreas críticas de altas concentraciones de residuos agrícolas.	
	Aplicar medidas de gestión integrada de plaguicidas para reducir los niveles de contaminantes químicos en la escorrentía del río en función de las necesidades identificadas durante el muestreo.	-Líderes de la comunidad -Organizaciones agrícolas -Autoridades Ambientales
	Establecer centros de recolecta de residuos agrícolas y de compostaje para promover la separación de residuos y su uso eficiente.	

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1 Impactos Técnicos

La investigación en cuestión generó datos detallados sobre la calidad del agua en el río, lo cual resultó fundamental para comprender su composición físico química y para identificar la concentración de contaminantes presentes en el agua. Estos datos no solo proporcionaron una visión clara de la situación actual del río, sino que también permitieron identificar las fuentes de contaminación que afectaban su calidad. Este análisis riguroso constituyó un impacto técnico significativo al proporcionar una base sólida para la comprensión y la evaluación de la calidad del agua. A través de este análisis, se determinaron parámetros críticos que inciden en la calidad del agua, como los altos niveles de arsénico y nitritos. Estos hallazgos destacaron áreas específicas de preocupación y enfocaron la atención en los aspectos más críticos de la contaminación, lo que constituyó otro impacto técnico importante al proporcionar información detallada sobre los problemas que deben abordarse. Además, los hallazgos fueron una base para el desarrollo de estrategias de mitigación de la contaminación del agua. Esto incluyó la implementación de sistemas de tratamiento de aguas residuales y la promoción de prácticas agrícolas más sostenibles. Estas estrategias fueron diseñadas específicamente para abordar los problemas identificados en el análisis de la calidad del agua, lo que constituyó un impacto técnico directo al proporcionar soluciones concretas a los desafíos ambientales. Asimismo, los resultados de la investigación también pueden tener un impacto potencial en la toma de decisiones por parte de las autoridades gubernamentales y los responsables de la gestión del agua, para la formulación de políticas y la asignación de recursos destinados a abordar los problemas de calidad del agua de manera eficiente y sostenible.

11.2 Impactos Sociales

La investigación sobre el análisis de la calidad del agua del río ha tenido un impacto social significativo en diversas áreas. Al proporcionar datos detallados sobre la calidad del agua, la investigación no solo ha contribuido a proteger la salud pública de las comunidades que dependen del río para actividades de riego y pecuaria, sino que también ha servido como un punto de partida para implementar medidas preventivas contra los contaminantes presentes en el agua. La identificación de estos contaminantes ha permitido a las autoridades competentes aplicar

estrategias proactivas para mitigar los riesgos para la salud asociados con el consumo o contacto con el agua contaminada. Además, la investigación puede promover una mayor conciencia ambiental al resaltar los problemas de contaminación del agua y su impacto en el ecosistema fluvial. Esta conciencia tiene el potencial de generar a una mayor sensibilización sobre la importancia de proteger y conservar los recursos hídricos entre la población local dando lugar a una participación ciudadana más activa en actividades de limpieza de ríos, programas de conservación y esfuerzos para promover prácticas agrícolas sostenibles que reduzcan la escorrentía de contaminantes. Además, de fomentar una mayor colaboración entre el gobierno local, las organizaciones sin fines de lucro y la sociedad civil, creando una coalición más sólida en la implementación de medidas para mejorar la calidad del agua y proteger los recursos hídricos en general.

11.3 Impactos Ambientales

Desde una perspectiva económica, el conocimiento de la concentración de estos contaminantes facilita la implementación de medidas de mitigación centradas en su reducción, lo que permite cumplir con los límites permitidos para el riego y la pecuaria. La aplicación de estas medidas de mitigación tendría un impacto positivo en las comunidades cercanas al proporcionar acceso a agua de mejor calidad para el riego. Esto, a su vez, conduciría a una mayor productividad agrícola, generando mayores rendimientos y, por consiguiente, mayores ingresos para los agricultores. Además, al reducir la necesidad de utilizar insumos costosos para contrarrestar los efectos negativos del agua contaminada, se disminuirían los costos de producción, lo que mejoraría la rentabilidad de las operaciones agrícolas. Paralelamente, el suministro de agua de mejor calidad para el ganado tendría un impacto directo en la calidad de los productos pecuarios, elevando sus estándares y, por ende, los precios de venta. Este aumento en la calidad y el valor de los productos generaría mayores ingresos para los productores, fortaleciendo así la economía local y mejorando las condiciones de vida de las comunidades involucradas en la agricultura y la ganadería.

12. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

La tabla 9 se refiere al presupuesto que se destinó a la investigación en torno al trabajo in-situ para la recolección y análisis de las muestras de agua de los puntos seleccionados en el trayecto del río Isinche.

Tabla 11.*Presupuesto del proyecto*

Recursos	Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor total (\$)
Botas	2	12	24
Guantes	4	0.50	2
Mandiles	2	15	30
Etiquetas	6	0.25	1.50
Botellas de agua	6	0.50	3
Cooler	1	8	8
Botellas para muestra de orina	3	0.30	0.90
Hielo	4	1	4
Análisis de parámetros físico químicos en el laboratorio	3	100.80	302.4
Transporte	-	-	30
Total			405.8 \$

Elaborado por: Hidalgo. D y Veintimilla**13. CONCLUSIONES**

- La calidad del río Isinche se ve directamente afectada por actividades antropogénicas como la ganadería, la agricultura y los vertidos de aguas residuales, las cuales contaminan sus aguas con una variedad de sustancias químicas y orgánicas. Este deterioro ambiental compromete la integridad del ecosistema fluvial y, por consiguiente, el bienestar de las comunidades que dependen de él. Por ende, es crucial la implementación de estrategias efectivas y sostenibles que protejan y restauren la calidad del agua en el río Isinche, asegurando su preservación para las generaciones presentes y futuras.
- Los resultados de los análisis físico-químicos, revelan una diversidad de niveles de contaminación a lo largo del río analizado. En base al Acuerdo Ministerial N° 097-A Se destaca una contaminación significativa en todo el tramo del río, siendo el punto 1 el más afectado. Esta situación podría atribuirse a diversas fuentes de contaminación, como

descargas de aguas residuales y actividad industrial cercana. Debido a que en este punto se observa una concentración notable de arsénico y nitritos, junto con la presencia exclusiva de DBO₅, lo que sugiere una carga orgánica más alta en esa área específica. Además, en cuanto a la DQO, este punto muestra niveles significativamente más elevados en comparación con los puntos 2 y 3, indicando una mayor presencia de compuestos orgánicos y químicos en esa ubicación.

- La implementación de estrategias de mitigación, considerando diversos aspectos como socio-culturales, económicos y ambientales, emerge como una respuesta completa y proactiva para abordar los desafíos de contaminación en el río Isinche. Estas medidas no solo apuntan a reducir la carga contaminante y mejorar la calidad del agua, sino también a promover prácticas sostenibles, elevar la conciencia ambiental y garantizar la sostenibilidad del ecosistema fluvial, asegurando el bienestar presente y futuro de la comunidad y el medio ambiente.

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo más proyectos de investigación centrados en el río Isinche para ampliar la cantidad de datos disponibles para futuras investigaciones y proyectos académicos. Esto permitirá recopilar más información que ayude a identificar las causas y efectos relacionados con la calidad del área de estudio.
- Con base en los hallazgos de este proyecto, se propone a las autoridades de la Universidad Técnica de Cotopaxi tomar las medidas necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de la Planta de Aguas Residuales ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Se recomienda a las autoridades responsables de la gestión ambiental implementar las medidas de mitigación propuestas para disminuir la contaminación del río Isinche. Esto busca asegurar que el agua cumpla con los estándares establecidos por las normativas ambientales, permitiendo su utilización en actividades de riego y ganadería, y garantizando la salud de las poblaciones cercanas al río.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Abril, R., Armas Chugcho, P. A., Chamorro, W. P., Toscano, E., Sucoshañay Villalva, D. J., & Ríos Rodríguez, F. A. (2021). Calidad de agua del río Puyo y afluentes, Pastaza, Ecuador. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(3 (mayo-junio de 2021)), 379-417.
- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). *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)*. MAATE. Obtenido de <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Alfaro Arrieta, J. E. (2019). *Caracterización de la calidad del agua superficial en las subcuencas Quebrada Honda y Chiz-Maravilla, Cartago, Costa Rica*. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/18785>
- Asenjo Bullón, M. (2015). Qué es el pH o potencial de hidrógeno. *Cañamo: La revista de la cultura del cannabis*, 207 (Marzo), 136-138.
- Aveiga Ortiz, A. M., Noles Aguilar, P. J., Macías, F. P., Herrera, E. M., Aveiga Ortiz, A. M., Noles Aguilar, P. J., Macías, F. P., & Herrera, E. M. (2020). Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río carrizal, manabí—Ecuador. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3), 260-275. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v86i3.299>
- Barros Salazar, D. V. (2021). Calidad del agua en Estero Salado, sector norte de la ciudad de Guayaquil, y sus efectos en flora y fauna, 2020-2021. *Universidad Nacional de Tumbes*. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2408>
- Benítez, E. M. L., Verdecia, G. M., & Castell, M. A. P. (2021). Escasez y contaminación del agua, realidades del siglo XXI. *16 de abril*, 60(279), 1-7.

- Benítez Payares, B. M., Ramírez Barreto, M. C., Rosales Márquez, M. A., Vílchez Ríos, D. M., Rangel Matos, L. C., Ferrer Villasmil, K. J., & Ávila, A. G. (2016). Evaluación físico-química y microbiológica del agua potable envasada en bolsas que se venden en la zona céntrica de la ciudad de Maracaibo-Venezuela. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 35(4), 107-113.
- Brito, D., Rivero, J., Guevara, M., Vásquez, F., Díaz, B., & Gíl, J. (2016). *ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA LAGUNA GRANDE, PARROQUÍA LA PICA, MATURÍN - ESTADO MONAGAS, VENEZUELA*. 28.
- Brousett-Minaya, M., Chambi Rodríguez, A., Mollocondo Turpo, M., Aguilar Atamari, L., & Lujano Laura, E. (2018). Evaluación Físico-Química y Microbiológica de Agua para Consumo Humano Puno—Perú. *Fides et Ratio - Revista de Difusión cultural y científica de la Universidad La Salle en Bolivia*, 15(15), 47-68.
- Bustamante-González, A., Galindo-De Jesús, G., Jaramillo-Villanueva, J. L., Vargas-López, S., Bustamante-González, A., Galindo-De Jesús, G., Jaramillo-Villanueva, J. L., & Vargas-López, S. (2016). Percepción de la contaminación del Río Tlapaneco por la población ribereña. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 13(1), 47-62.
- Calcina-Benique, M. E., Calcina-Rondán, L. E., Huaraya-Chambi, F. R., Salas-Camargo, A. R., Tejada-Meza, K., Calcina-Benique, M. E., Calcina-Rondán, L. E., Huaraya-Chambi, F. R., Salas-Camargo, A. R., & Tejada-Meza, K. (2022). Arsénico en aguas subterráneas de la cuenca del río Callacame y su impacto en suelos agrícolas en Desaguadero, Puno—Perú. *DYNA*, 89(221), 178-184. <https://doi.org/10.15446/dyna.v89n221.98319>
- Cardenas Ortiz, W., & Mendoza Cosme, J. L. (2021). *Variación de los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (dbo5) y coliformes termotolerantes del río ichu en el sector*

urbano de la región, provincia y distrito Huancavelica-2021.

<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4412>

Coronado, M. B. A., Jácome, E. A. M., Lucio, M. V., & Cutiupala, G. A. (2023). Análisis de calidad de agua mediante límites permisibles (Tulsma) en la zona media de la parroquia Cebadas, provincia de Chimborazo. *Dominio de las Ciencias*, 9(4), Article 4.

<https://doi.org/10.23857/dc.v9i4.3631>

Díaz, H. C., & Torres, J. G. (2000). Importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 3(5), Article 5. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v3i5.2539>

Espinosa, C., & Villacres, A. (2021). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INFORMÁTICO PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE ACTIVIDADES DEL CENTRO DE PROPAGANDA Y COMUNICACIÓN SOCIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI EXTENSIÓN LA MANÁ*. Universidad Técnica de Cotopaxi . Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8238/1/UTC-PIM-000396.pdf>

Flórez Yepes, G. Y., Álzate Álvarez, Á. M., & Álvarez León, R. (2018). *Consolidación y fortalecimiento de herramientas para la sostenibilidad de humedales altoandinos*. Centro Editorial Universidad Católica de Manizales.

<https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/handle/10839/2388>

Fustamante Idrogo, F. I. (2020). *Evaluación del comportamiento de los parámetros físico-químicos y microbiológicos para determinar la calidad de agua de categoría III en la quebrada “San Mateo”—Distrito de Chota, 2019.*

<http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/138>

García López, B. C., López Bastida, E. J., Castro Perdomo, N. A., García López, B. C., López

Bastida, E. J., & Castro Perdomo, N. A. (2020). Procedimiento para el análisis químico de

- la contaminación por nitritos y nitratos en aguas de consumo. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(5), 190-195.
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A., & Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*, 25(2), 115-126. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H. M., Yáñez-Morales, M. J., Rodríguez-Guillén, A., González-Pérez, E., Ortega-Escobar, H. M., Yáñez-Morales, M. J., & Rodríguez-Guillén, A. (2019). Diagnóstico de indicadores de calidad físico-química del agua en afluentes del río Atoyac. *Tecnología y ciencias del agua*, 10(1), 30-51. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2019-01-02>
- Guangasig Toapanta, V. H., Jaramillo Ruales, E., Tabares Rosero, L., Brito Galarza, G., Oña Rodríguez, J. A., & Galárraga Pérez, E. A. (2023). Calidad fisicoquímica del agua de la laguna Limpiopungo del parque nacional Cotopaxi – Ecuador. *Revista Sanitaria de Investigación*, 4(1 (Enero)), 14.
- Gutiérrez, C. M. (2018). *Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional*. 3.
- Gutiérrez, M. R. V.-A., Alonso, M. L. S., Cerezo, R. G., Sempere, C. M., & Mesas, M. P. (2018). *Ecología de aguas continentales*.
- Gutierrez Quiroz, A. F. (2019). Mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales “San José” para su reúso con fines agrícolas-Chiclayo-2015. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3623>
- Huallpara Lliully, L., Ormachea Muñoz, M., & García Moreno, M. E. (2017). Evaluación de la calidad de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales de la ciudad de la paz, Bolivia. *Revista Boliviana de Química*, 34(4), 104-111.

- Huaquisto Cáceres, S., & Chambilla Flores, I. G. (2019). ANÁLISIS DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO DE SALCEDO, PUNO. *Investigación & Desarrollo*, 19(1), 133-144.
- INAMHI. (2020). *Boletín de predicción climática*. Nature Publishing Group. Obtenido de https://www.inamhi.gob.ec/pronostico/cwrf/Diciembre/Boletin_CWRF.pdf
- Intriago Flores, J. B., & Quiroz Fernández, L. S. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(6), 1172-1195.
- INEN. (2013). *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2169:2013*. Instituto Ecuatoriano de Normalización. Obtenido de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20M%20ANEJO%20Y%20CONSERVACION%20DE%20MUESTRAS.pdf>
- Íñiguez-Ayón, Y.-P. (2020). La vegetación ribereña y su importancia para las ciudades. Estudio de caso: Río Humaya, Culiacán, Sinaloa. *Boletín Científico Sapiens Research*, 10(2), 91-100.
- Isea, D., Vargas, L., Durán, J., Delgado, J., & Mendoza, R. (2015). Parámetros biocinéticos que rigen la ecuación de la DBO en aguas residuales de una industria procesadora de cangrejos. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 38(2), 112-121.
- Jacobo García, F. del R. (2018). Aguas residuales urbanas y sus efectos en la comunidad de Paso Blanco, municipio de Jesús María, Aguascalientes. *Revista de El Colegio de San Luis*, 8(16), 267-293. <https://doi.org/10.21696/rcsl9162018760>

- Jaramillo Abad, G. Y. (2021). *Estructura y composición comunitaria de Macroinvertebrados Bentónicos, como referentes de la calidad del agua—Cuenca San Alberto, Oxapampa, Perú*. <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4741>
- León Chimbolema, J. G., Medina, C., & Segovia Obando, E. N. (2020). Aplicación del método Foto-fenton para el tratamiento de aguas residuales en la industria láctea. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 785-801.
- Maiquiza, E., & Unapucha, K. (2020). *DECLARACIÓN DE AUTORÍA*.
<https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7103/1/PC-001038.pdf>
- Menéndez, C., & Dueñas, J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97-107.
- Menéndez, J., & Muñoz, S. (2021). CONTAMINACIÓN DEL AGUA Y SUELO POR LOS RELAVES MINEROS. *Paideia XXI*, 11(1), Article 1.
<https://doi.org/10.31381/paideia.v11i1.3622>
- Mengual Narváez, J. A., & Estrada Díaz, V. (2021). *Diseño De Estrategias Para La Gestión De Impactos Sobre La Calidad Del Agua En El Río Subia Del Municipio De Silvania (Tramo Vereda Subia Delicias- Azafranal) Cundinamarca*.
<https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/3797>
- Merino, M. A. O., Conforme, M. C. M., Conforme, M. V. M., & Barzola, J. L. S. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa—Ecuador. *RECIMUNDO*, 4(4), Article 4.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(4\).octubre.2020.454-467](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467)
- Niño, C., & Jazmín, O. (2020). *Tratamiento de aguas residuales de una empresa industrial de congelados*. <https://hdl.handle.net/11042/4397>

- Oppliger, A., Höhl, J., Fragkou, M., Oppliger, A., Höhl, J., & Fragkou, M. (2019). Escasez de agua: Develando sus orígenes híbridos en la cuenca del Río Bueno, Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, 73, 9-27. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000200009>
- Ortiz, A. M. A., Noles, P., Cruz, A. D. la, Peñarrieta, F., Alcantara, F., Ortiz, A. M. A., Noles, P., Cruz, A. D. la, Peñarrieta, F., & Alcantara, F. (2019). Variaciones físico-químicas de la calidad del agua del río Carrizal en Manabí. *Enfoque UTE*, 10(3), 30-41. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n3.423>
- Osorio Rivera, M. A., Carrillo Barahona, W. E., Negrete Costales, J. H., Llor Lalvay, X. A., & Riera Guachichullca, E. J. (2021). La calidad de las aguas residuales domésticas. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 6(3), 228-245.
- Pauta, G., Velazco, M., Gutierrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, O., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76-88.
- Quiceno Colorado, A. S., & Castaño Londoño., D. (2021). Análisis de algunas variables asociadas a la calidad del agua como aporte en la búsqueda tecnológica de sensores y su parametrización en el marco del proyecto IOT para el análisis de calidad del agua en el humedal Rio Blanco. *Universidad Católica de Manizales*. <https://repositorio.ucm.edu.co/jspui/handle/10839/3258>
- Ramírez, C. A. S. (2021). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Ediciones de la U.
- Rivera, J. (2023). *Calidad del agua del río Nangaritza mediante el análisis de la comunidad fitoplanctónica*. Universidad Católica de Cuenca. <https://dspace.ucacue.edu.ec/items/8b1d9d73-0d3d-4446-8673-b35e59afe6dc>
- Rodríguez, C. (2021). Intoxicación por arsénico. *Medicina Legal de Costa Rica*, 38(2), 4-16.

- Rojas, A. (2018). *DETERMINACION DE LOS PARAMETROS FISICOS QUIMICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DE AGUA EN LA LAGUNA LA ENCANTADA PROVINCIA DE HUAURA - 2016*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/2226>
- Romero Zevallos, G. M. (2023). Evaluación de la influencia de la actividad antrópica sobre la calidad del agua del río chucchún, utilizando como bioindicadores a la comunidad de macroinvertebrados – Carhuaz 2021. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5797>
- Saquina, E. (2020). *Correlación de variables climáticas (temperatura y precipitación) con el índice de cobertura vegetal con el método ndvi en la zona noroccidental de la provincia de Cotopaxi en el piso bioclimático, bosque siempreverde montano de la cordillera occidental d. Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)*. Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6653/1/PC-000848.pdf>
- Tolentino Tueros, L. I. (2020). Evaluación de los defectos de las actividades antropogénicas en la calidad del agua del manantial Pirhuapuquio en el distrito de Chongos Bajo. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8405>
- Ugsha, K. (2019). *Caracterización de las Alternativas Ecoturísticas en el Barrio San Juan del Cantón Pujilí de la Provincia de Cotopaxi*. Ecuador, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC). Obtenido de <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5741/6/PC-000775.pdf>
- Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., Pereda-Solís, M. E., Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., & Pereda-Solís, M. E. (2022). Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola

nacional e internacional. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 25.

<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>

Zuñigan, O. E. O. (2020). *ESTUDIO DEL RIESGO POR FOSFATOS, NITRATOS Y NITRITOS EN EL AGUA DEL RIO MAGDALENA PARA ABASTECIMIENTO DE GIRARDOT-RICAURTE (CUNDINAMARCA)*