



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022.”

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniería Ambiental

Autoras:

Del Pozo Panata Samantha Yamisley

López Panchi Leslie Mishell

Tutora:

Ing. Ilbay Yupa Mercy Lucila Ph.D.

LATACUNGA- ECUADOR

ABRIL - AGOSTO 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Del Pozo Panata Samantha Yamisley, con cédula de ciudadanía No. 175116494-6 y López Panchi Leslie Mishell con cédula de ciudadanía No. 050411028-9, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, siendo la Ingeniera Ph.D. Ilbay Yupa Mercy Lucila, tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 27 de agosto del 2022

Samantha Yamisley Del Pozo Panata
Estudiante
CC: 175116494-6

Leslie Mishell López Panchi
Estudiante
CC: 050411028-9

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.
Docente Tutora
CC: 060414790-0

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 **DEL POZO PANATA SAMANTHA YAMISLEY**, identificada con cédula de ciudadanía **175116494-6** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: 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 “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2018 - Marzo 2019

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutora: Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”.

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

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **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 31 día del mes de agosto del 2022.

Samantha Yamisley Del Pozo Panata

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CEDENTE

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 **LÓPEZ PANCHI LESLIE MISHELL**, identificada con cédula de ciudadanía **050411028-9** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: 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 “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2019 - Marzo 2020

Finalización de la carrera: Abril 2022 – Septiembre 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Ingeniero Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

Tema: “Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022”.

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

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **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:

- f) 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.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) 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 31 días del mes de agosto del 2022.

Leslie Mishell López Panchi

LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”, de Del Pozo Panata Samantha Yamisley y López Panchi Leslie Mishell 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, 27, agosto, 2022

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D

DOCENTE TUTORA

CC: 0604147900

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Del Pozo Panata Samantha Yamisley y López Panchi Leslie Mishell, con el título de Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 27, agosto, 2022

Lector 1 (Presidente)

Lic. Jaime René Lema Pillalaza, Mg.

CC: 171375993-2

Lector 2

Lic. Joseline Luisa Ruiz Depablos, MSc.

CC: 175873906-2

Lector 3

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno, MSc.

CC: 050151895-5

AGRADECIMIENTO

Expreso un profundo agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto las puertas de tan honorable institución ya que contribuyo en la formación académica de los estudiantes.

A cada uno de los docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, que me ayudaron a forjar mi camino, les debo gran parte de mis conocimientos y enseñanzas. En especial a la Ph.D Mercy Ilbay, quien nos ha guiado con su rectitud y paciencia.

Gracias a mi familia por ser los principales promotores de mis sueños y a todas las personas que me apoyaron y creyeron en la realización de esta tesis.

**SAMANTHA YAMISLEY DEL POZO
PANATA**

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por la oportunidad de estar en este mundo, principalmente a mi madre, por darme la fortaleza para seguir adelante cumpliendo una de las metas más importantes, a mi familia por estar siempre a mi lado impulsándome a nunca darme por vencida, a mi amiga Samantha por su cariño incondicional y a mis docentes por todo el conocimiento, en especial a mi tutora Ph.D Mercy Ilbay por el tiempo brindado para la elaboración de este trabajo.

LESLIE MISHHELL LÓPEZ PANCHI

DEDICATORA

Mi proyecto de titulación está dedicado primeramente a Dios por bendecirme en la vida, por estar conmigo en cada paso que doy y por guiarme en momentos de dificultad. En especial a mi madre Anita quién a lo largo de mi vida ha sido un pilar fundamental ya que ha velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. A mis hermanos Scarlete, Kelin, Sahily y Javier por brindarme su cariño y apoyo en esta etapa de mi vida. A mi familia por siempre estar presentes, creyendo en mí, sin dudar de mis habilidades y por ser la razón de sentirme orgullosa de culminar mi meta más anhelada, si no hubiera sido por ustedes no hubiera sido posible este triunfo, pero más que nada por todo su amor. Finalmente, a mis amigos por estar pendientes y apoyándome en todo momento, en especial a mi amiga Leslie por permitirme trabajar con ella, me siento muy orgullosa de tener una amiga así, ya que ha estado en momentos buenos y malos en este proceso de formación académica. A mi amiga Lisbeth que ha sido una de las personas que me ha inspirado, a pesar de los problemas que se le ha presentado ha sabido conllevarlos y nos hemos apoyado mutuamente.

**SAMANTHA YAMISLEY DEL POZO
PANATA**

DEDICATORIA

A mi madre Eva Panchi por todo su amor, fortaleza, sacrificio, esfuerzo y sobre todo por ser un pilar fundamental que me incentivo a cumplir mis metas, impulsándome a nunca darme por vencida, a mi hermano Brandon López por sus palabras de aliento y su confianza y a mis docentes por todo el conocimiento y la disposición del tiempo brindado para la elaboración de este trabajo.

LESLIE MISHHELL LÓPEZ PANCHI

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**TEMA: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA DEL
RÍO PUMACUNCHI, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2022.”**

Autoras:

Del Pozo Panata Samantha Yamisley

López Panchi Leslie Mishell

RESUMEN

La contaminación de los ríos es un problema a nivel mundial, siendo necesario la aplicación de índices que ayuden a determinar la calidad del agua. La presente investigación está orientada en la evaluación de la contaminación del agua del río Pumacunchi mediante los índices CANADIENSE e ICOMI para el periodo de mayo a julio 2022. Los parámetros considerados fueron: pH, turbidez, arsénico, hierro, DBO, DQO, coliformes fecales, conductividad, dureza y alcalinidad, evaluados en dos puntos estratégicos ubicados en Chantilín-Saquisilí y mercado Mayorista Latacunga. Para el índice CANADIENSE se utilizó todos los parámetros, mientras que para el índice ICOMI se manejó los últimos 3 parámetros considerados. Los resultados permitieron identificar que, de los 10 parámetros evaluados, solo el pH y la dureza total se encuentran dentro del Límite Máximo Permisible (LMP) establecidos por el TULSMA para agua de consumo humano y regadío. Mientras que la conductividad eléctrica (694.50 uS/cm), arsénico (0.262 mg/L), hierro (5.36 mg/L), DBO (8.19 mg/L), DQO (35.17 mg/L), coliformes fecales (138166,66 NMP/100ml) y turbidez (138.22 NTU), sobrepasan los LMP en el criterio de agua de consumo humano establecido por la OMS y el TULSMA de igual manera para agua de regadío, a excepción de la conductividad se mantiene dentro del LMP. El índice CANADIENSE determinó que la calidad del agua del río Pumacunchi, es “Mala”, para agua de consumo humano en los dos puntos de muestreo, con un promedio de 25.5 en el punto 1 y 20.3 en el punto 2, mientras que para agua de regadío tampoco es apta con un promedio de 48.8 (punto 1) y 39.4 (punto 2). A su vez el índice ICOMI ratifica que el agua es de mala calidad en los dos puntos del río con un promedio de 0.8 (punto 1) y 1 (punto 2). Es decir, el agua del río no es apta para consumo humano, ni para riego. Estos valores son bastantes significativos, debido al desarrollo de actividades antrópicas como la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento, el pastoreo de animales etc., que se realizan a su alrededor afectando y alterando la calidad del agua.

Palabras clave: Arsénico, Hierro, Índice CANADIENSE, Índice ICOMI, río Pumacunchi.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI FACULTY OF AGRICULTURAL
SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

**SUBJECT: "ASSESSMENT OF WATER QUALITY IN THE PUMACUNCHI RIVER
MICROWATERSHED, PROVINCE OF COTOPAXI, PERIOD 2022."**

Authors:

Del Pozo Panata Samantha Yamisley

López Panchi Leslie Mishell

ABSTRACT

The contamination of rivers is a worldwide problem, requiring the application of indices that help determine the quality of the water. The present investigation is oriented towards the evaluation of the water contamination of the Pumacunchi river through the CANADIAN and ICOMI indices for the period from May to July 2022. The parameters considered were: pH, turbidity, arsenic, iron, BOD, COD, fecal coliforms., conductivity, hardness and alkalinity, evaluated at two strategic points located in Chantilín-Saquisilí and Latacunga Wholesale Market. For the CANADIAN index all the parameters were produced, while for the ICOMI index the last 3 parameters considered were handled. The results allowed us to identify that, of the 10 evaluating parameters, only the pH and total hardness are within the Maximum Permissible Limit (LMP) established by the TULSMA for water for human consumption and irrigation. While electrical conductivity (694.50 uS/cm), arsenic (0.262 mg/L), iron (5.36 mg/L), BOD (8.19 mg/L), COD (35.17 mg/L), fecal coliforms (138166.66 NMP/100ml) and turbidity (138.22 NTU), exceeded the LMP in the criteria for water for human consumption established by the WHO and the TULSMA in the same way for irrigation water, except for the conductivity remains within the LMP. The CANADIAN index shows that the water quality of the Pumacunchi River is "Bad", for water for human consumption at the two photography points, with an average of 25.5 at point 1 and 20.3 at point 2, while for water irrigated land is also not suitable with an average of 48.8 (point 1) and 39.4 (point 2). In turn, the ICOMI index confirms that the water is of poor quality at the two points of the river with an average of 0.8 (point 1) and 1 (point 2). That is, the river water is not suitable for human consumption, nor for irrigation. These values are quite significant, due to the development of anthropic activities such as the discharge of wastewater without prior treatment, the grazing of animals, etc., which are carried out around it and altering the quality of the water.

Keywords: Arsenic, Iron, CANADIAN Index, ICOMI Index, Pumacunchi River

TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
AGRADECIMIENTO	xii
DEDICATORA	xiii
DEDICATORIA.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivo Específico	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
CAPÍTULO I.....	7
7. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
7.1. Contaminación del agua.....	7
7.2. Contaminación de los ríos.....	7
7.3. Contaminación de los ríos en Ecuador.....	8
7.3.1. Efectos de la contaminación del agua en la salud	9
7.4. Calidad del agua bajo la normativa ecuatoriana	9
7.5. Índices de calidad de agua	10
7.5.1. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI).....	10
7.5.2. Índice CANADIENSE.....	11
7.6. Parámetros físico químicos	11

7.6.1.	Conductividad eléctrica	11
7.6.2.	Dureza	11
7.6.3.	Alcalinidad.....	12
7.6.4.	Turbidez.....	12
7.6.5.	Demanda Bioquímica de Oxígeno	12
7.6.6.	Demanda Química de Oxígeno.....	12
7.6.7.	pH.....	13
7.6.8.	Coliformes fecales	13
7.7.	Metales Pesados	13
7.7.1.	Arsénico.....	14
7.7.2.	Hierro	14
7.8.	Técnicas de análisis	14
CAPÍTULO II.....		15
8.	MARCO LEGAL	15
8.1.	Constitución de la república del Ecuador.....	15
8.2.	Convenios y tratados	16
8.3.	Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua.....	16
8.4.	Texto unificado de legislación ambiental secundario (TULSMA).....	18
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	23
10.	METODOLOGÍAS.....	23
10.1.	Métodos.....	23
10.1.1.	Método inductivo	23
10.2.	Tipo de investigación	23
10.2.1.	Investigación descriptiva	23
10.2.2.	Investigación cualitativa	23
10.2.3.	Investigación documental	24
10.3.	Localización del área de estudio	24
10.4.	Parámetros de calidad del agua.....	26
10.5.	Toma de muestras	26
10.6.	Conservación de muestras	28
10.6.1.	pH, Conductividad, Alcalinidad y Turbidez	28
10.6.2.	Demanda Química de Oxígeno y Dureza total.....	28

10.6.3.	Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	28
10.6.4.	Metales pesados (Arsénico).....	28
10.6.5.	Hierro.....	29
10.6.6.	Coliformes fecales.....	29
10.7.	Métodos para determinar la calidad de agua.....	29
10.7.1.	Índice ICOMI.....	29
10.7.2.	Índice CANADIENSE.....	30
CAPÍTULO III.....		32
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	32
11.1.	Calidad de agua según normativa ecuatoriana.....	32
11.2.	Índices de calidad de agua.....	35
11.2.1.	Índice Canadiense (CCME_WQI).....	37
11.2.2.	Índice ICOMI.....	41
11.3.	Parámetros de calidad del agua.....	42
11.3.1.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	44
11.3.2.	Conductividad.....	45
11.3.3.	Arsénico.....	46
11.3.4.	Hierro.....	47
11.3.5.	Dureza Total.....	47
11.3.6.	Alcalinidad.....	48
11.3.7.	Turbidez.....	49
11.3.8.	DBO y DQO.....	50
11.3.9.	Coliformes totales.....	51
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	52
12.1.	Impacto Social.....	52
12.2.	Impacto Ambientales.....	53
13.	PRESUPUESTO.....	53
14.	CONCLUSIONES.....	54
15.	RECOMENDACIONES.....	55
16.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	56
17.	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Beneficiarios de la parte media y baja de la microcuenca del río Pumacunchi.</i>	3
Tabla 2. <i>Actividades y tareas en relación a los objetivos.</i>	5
Tabla 3. <i>Métodos y técnicas de análisis para cada parámetro.</i>	15
Tabla 4. <i>Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.</i>	19
Tabla 5. <i>Criterios de calidad de agua para uso agrícola o riego.</i>	20
Tabla 6. <i>Límites de descargas en un cuerpo de agua dulce.</i>	21
Tabla 7. <i>Coordenadas UTM de los puntos de muestreo para el río Pumacunchi</i>	27
Tabla 8. <i>Grado de contaminación del agua ICOMI.</i>	30
Tabla 9. <i>Categorización de calidad de aguas en función del WQI (CCME).</i>	32
Tabla 10. <i>Comparación de normativa en criterios de calidad de agua para consumo humano y regadío.</i>	35
Tabla 11. <i>Ventajas de la utilización de los índices CANADIENSE e ICOMI.</i>	36
Tabla 12. <i>Calidad del agua para consumo humano utilizando el índice CCME.</i>	38
Tabla 12. <i>Calidad del agua para regadío utilizando el índice CCME.</i>	40
Tabla 14. <i>Resultado final para determinar el ICOMI.</i>	41
Tabla 15. <i>Estadística descriptiva de los parámetros de calidad de agua del río Pumacunchi.</i> ...	44
Tabla 16. <i>Valores del pH en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	45
Tabla 17. <i>Valores de la conductividad en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	46
Tabla 18. <i>Valores del arsénico en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	47
Tabla 19. <i>Valores del Hierro total en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	47
Tabla 20. <i>Valores de Dureza total en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	48
Tabla 21. <i>Valores de alcalinidad en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	49
Tabla 22. <i>Valores de turbidez en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	50
Tabla 23. <i>Valores de DBO en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	51
Tabla 24. <i>Valores de DQO en el punto 1 y 2 de la MCR.</i>	51
Tabla 25. <i>Valores en determinación Coliformes totales.</i>	52
Tabla 26. <i>Presupuesto para la elaboración del proyecto.</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Mapa del área de estudio y ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Pumacunchi</i>	25
Figura 2. <i>Mapa de ubicación de puntos de muestreo</i>	27
Figura 3. <i>Categoría de clasificación de calidad de aguas en función del WQI (CCME).</i>	38
Figura 4. <i>Grado de contaminación del agua de regadío</i>	40
Figura 5. <i>Grado de contaminación calidad de agua de consumo humano y regadío</i>	42

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Evaluación de la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, provincia de Cotopaxi, periodo 2022.”

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

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

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.

Estudiante 1: Srta. Del Pozo Panata Samantha Yamisley.

Estudiante 2: Srta. López Panchi Leslie Mishell

LECTOR 1: MSc. Jaime Lema

LECTOR 2: MSc. Joseline Ruiz

LECTOR 3: MSc. Marco Rivera

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales, Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

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 desarrollo humano y social

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La contaminación del agua es un problema a nivel mundial que afecta a la población en general. En el Ecuador el manejo del recurso hídrico no se le ha dado la suficiente importancia en cuanto a calidad de agua, de tal manera que son pocos los gobiernos autónomos que realizan un seguimiento y monitoreo del recurso hídrico. Este es el caso del río Pumacunchi que no cuenta con un análisis y comparación de índices de calidad de agua en cuanto a metales pesados debido a que el Ecuador no tiene índices de este tipo, pero sí existen estudios fisicoquímicos y microbiológicos que dan valores cualitativos. Se conoce que el agua del río Pumacunchi muestra indicios de contaminación, consecuencia de elementos naturales, asentamientos humanos y actividades antrópicas tanto de la zona urbana, industrial y florícola que generan descargas sin ningún tratamiento de residuos sólidos y líquidos que contienen sustancias contaminantes, convirtiendo el cauce en un recolector a cielo abierto.

La presente investigación determinó la calidad de agua existente, mediante la aplicación de los índices ICOMI y CANADIENSE en el río Pumacunchi, mismos que permite determinar el nivel de contaminación aplicando diferentes parámetros entre los que se incluye el estudio de metales pesados hierro y arsénico. De esta manera se podrá conocer el grado de contaminación del recurso hídrico del río, mismo que será comparado con la legislación ecuatoriana ya que en el Ecuador no existen índices que determinen la calidad del agua. Generando información sobre la calidad de agua siendo los principales beneficiarios la población aledaña al río Pumacunchi de forma directa, las 52 concesiones que habitan en zonas aledañas al cauce de las cuales 3 utilizan el agua para consumo humano.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios del proyecto primordialmente es la población que habita en el cantón Saquisilí y Latacunga ya que el agua es indispensable para la vida y el Estado debe garantizar la calidad de la misma para evitar la contaminación y alteraciones en la salud.

Tabla 1

Beneficiarios de la parte media y baja de la microcuenca del río Pumacunchi.

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Población aledaña al río Pumacunchi	Comunidad de la cuenca media Chantilín-Saquisilí	Comunidad de la cuenca baja M.Mayorista-Eloy Alfaro	
Extensión total	484.904	Extensión	405,76 ha
Total:	25.795	Total:	1.035
		Extensión:	79.144 ha
		Total:	24.760

Nota: Datos tomados del GADMC SAQUISILÍ (2019); Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga (2010).

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El agua es una fuente esencial para la sostenibilidad del desarrollo mundial, solo un 0.0085% del recurso hídrico pertenece a lagos, ríos y torrentes. La mitad de los 500 ríos del mundo tiene un alto grado de contaminación atravesando países en desarrollo en el que la gran mayoría de las ciudades de estos países descargan entre un 80 y 90% de aguas negras no tratadas directamente a los ríos (Pozas, 2018).

En la actualidad el recurso hídrico presenta una disminución provocada por las actividades humanas, la contaminación del agua es una de las más grandes problemáticas a nivel mundial llegando a niveles alarmantes, teniendo como principales fuentes de contaminación los sectores agrícola, industrial y minero. Pozas (2018), menciona que según la ONU al menos 2,400 millones de personas en los países subdesarrollados no tienen instalaciones básicas de aguas negras o sanidad, conllevando a que los cauces sean utilizados en su mayoría como vertederos para la eliminación de desechos líquidos y sólidos sin considerar la capacidad de autorrecuperación de las corrientes, siendo uno de los principales contaminantes los metales pesados causantes de daños al ambiente y al ser humano.

El Ecuador es uno de los países que presenta un severo problema de contaminación del agua en los ríos, debido al aumento demográfico, aguas residuales sin previo tratamiento que se expulsan a los

cauces, también la mala gestión y planificación para el aprovechamiento y conservación de los recursos hídricos del estado (Rojas, 2020). En la Provincia de Cotopaxi se presenta un déficit del recurso hídrico, situación que es agravada por la contaminación de los volúmenes de agua disponibles, lo que limita su uso, principalmente por las descargas de aguas servidas y desechos industriales que se arrojan sin ningún tratamiento al río, además de eso la normativa legal existente no se cumple y aplica con rigurosidad, y a su vez el desconocimiento de la ciudadanía (Garay, 2018). En cuanto al río Pumacunchi, existe abandono por parte de la población, lo que permite la construcción de viviendas a orillas del río, permitiendo el vertido de residuos microbiológicos y cualquier tipo de residuo en el río. Además, no existe una evaluación actual de la calidad del agua para determinar el daño que provoca a la salud humana ya que pequeñas comunidades o concesiones aledañas se abastecen de dicho río para y riego consumo humano.

La microcuenca del río Pumacunchi es uno de los afluentes principales del río Cutuchi, nace de los Illinizas Sur, con posibles problemas de contaminación de arsénico. Pacheco & Toapanta (2015), indican que aporta un estimado 30.000 m³ de aguas residuales, otro de los problemas de contaminación es el uso de fertilizantes y fungicidas en el sector agrícola afectando directamente los sistemas de riego.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Evaluar la contaminación del agua del río Pumacunchi mediante índices de calidad del agua.

5.2. Objetivo Específico

- Analizar la calidad del agua del río Pumacunchi destinada para uso humano o doméstico y uso agrícola o de riego considerando la legislación ecuatoriana.
- Determinar la calidad de agua mediante la aplicación del índice CANADIENSE.
- Estimar la calidad del agua mediante la aplicación del índice ICOMI.

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

Las principales actividades están desarrolladas considerando los objetivos y la metodología utilizada en esta tesis (Tabla 2).

Tabla 2

Actividades y tareas en relación a los objetivos.

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
<p>O.1.- Analizar la calidad del agua del río Pumacunchi destinada para uso humano o doméstico y uso agrícola o de riego.</p>	<p>-Investigación bibliográfica sobre estudios realizados en relación a la calidad del agua.</p> <p>-Caracterización de los parámetros físico-químicos adecuados para realizar estudios de laboratorio de la calidad de agua del río Pumacunchi.</p> <p>- Identificación de los puntos de estudio y concesiones de agua (consumo humano y riego).</p>	<p>-Conocimiento sobre las técnicas de análisis laboratorio LANCAS.</p> <p>-Establecer técnicas adecuadas para los análisis de los parámetros físico-químicos según el laboratorio LANCAS.</p>	<p>Comparación entre artículos científicos y tablas de calidad de agua que avalen los resultados obtenidos.</p>
<p>O.2.- Determinar la calidad de agua mediante la aplicación del índice CANADIENSE.</p>	<p>-Estudio previo de la aplicación del índice CANADIENSE.</p> <p>-Comparar el valor medido de los parámetros analizados</p>	<p>-Considera las concentraciones de ciertas variables, además considera el número de parámetros</p>	<p>-Aplicación y análisis del índice CANADIENSE para determinar la calidad del</p>

con los valores o sobrepasan los agua en un rango límites prescritos. objetivos de calidad, de 0 (malo) a -Reemplazar los el número de veces y 100 (bueno). valores en cada una de la amplitud que se las fórmulas de dicho superan, mediante la índice. incorporación de tres -Una vez calculados elementos de los valores de cada uno valoración. de los factores, del -Integrar los índice, se obtiene parámetros al sumando CCME-WQI, vectorialmente. mientras se compara -Comparar los con los límites resultados con la tabla permisibles para de criterios para la amparar la salud clasificación de aguas humana. la cual va direccionada de pobre a excelente, según el índice de calidad del agua CCME-WQI.

O.3.- Evaluar la -Estudio previo de la Conocer las pautas Análisis e calidad del agua aplicación del índice de las variables de interpretación mediante la ICOMI. dicho índice como del índice aplicación del -Conocer las variables son conductividad, ICOMI para índice ICOMI. con las que trabaja el dureza y alcalinidad, determinar la -Identificar las pautas sobrepasar estos en un rango de 0 de cada una de las límites es necesario a 1. variables de dicho aplicar la ecuación. índice, al superar las

pautas establecidas se toma el valor de 1 y no es necesario aplicar la fórmula.

-Comparar los resultados con la tabla de índice ICOMI para determinar el grado de contaminación.

CAPÍTULO I

7. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

7.1. Contaminación del agua

La contaminación del agua es una problemática a nivel global, se concibe como la acción de introducir algún material en el agua cambiando su calidad y composición química. Según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para su uso, al que se le hubiera consignado en su estado natural (Guadarrama et al., 2017). En la actualidad la falta de agua que cumpla con los estándares para su consumo es precaria ya que su consumo causa enfermedades especialmente en las personas que se encuentran en pobreza extrema y marginación. La autora Zarza (2022), indica que la contaminación del agua es causada por la presencia de componentes químicos, pero principalmente es consecuencia de la acción humana como la producción de desechos industriales, el uso de pesticidas en la agricultura, el derrame de petróleo siendo el que mayor contaminación produce

7.2. Contaminación de los ríos

La contaminación de los cauces tiene gran importancia, ya que va a influir directamente en la salud del hombre, flora, fauna y el ecosistema, siendo necesario la aplicación de políticas públicas que garanticen el cuidado y la calidad de este ambiente como patrimonio de la humanidad (Baquerizo

et al., 2019). La autora Sánchez (2019), menciona que la contaminación de los ríos se da cuando la calidad de las aguas queda comprometida por presencia de agentes de diverso origen que la desequilibran, haciéndola no apta para uso, y por ende dificultando la vida en ella, es así que entre las principales fuentes de contaminación menciona la contaminación por basura, por desechos que llegan con aguas residuales, productos químicos y vertidos industriales.

7.3. Contaminación de los ríos en Ecuador.

Uno de los problemas más grandes a nivel mundial es la contaminación de los afluentes, la falta de acceso a la potabilización que sumada con la pobreza extrema que sufren algunos países, hace que sea casi imposible contar con agua de buena calidad apta para su uso y consumo. La constante contaminación producida por los residuos vertidos, pesticidas fertilizantes, químicos que desembocan en las aguas dulces hace que se produzca una problemática ambiental. En el Ecuador existe una gran red hidrográfica que según Escobar (2022), posee 32 sistemas hidrográficos que se dividen en 79 cuencas hidrográficas, las mismas que subdividen en 137 cuencas y subcuencas, sin embargo, se ha presenciado un deterioro evidente en la gran mayoría de los recursos hídricos, la contaminación es originada en las cuencas hidrográficas y es transportada por los ríos, provocando un impacto ambiental en el mar y zonas costeras. Siendo la principal causa de contaminación antropogénica.

Polo & Sulca (2019), menciona que la contaminación por metales pesados en el recurso hídrico es una severa problemática que compromete la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local, el 25% de la población mundial vive en áreas con agua contaminada por metales pesados, estos taxones ponen en riesgo la salud de las personas. El agua en los sectores altos de las cuencas, donde nacen los ríos es probable que sea de buena calidad y cumpla con las normas para su uso en riego, pero es fácil que se contamine en su recorrido hasta llegar a los predios donde se utilizará. La contaminación del agua de riego puede provenir desde efluentes fijos, que se puede identificar según su origen y el punto donde se genera, como la descarga de residuos industriales líquidos, descarga de aguas servidas que no disponen de una planta de tratamiento (Illanes, 2016).

Por otra parte, una investigación realizada por el portal El Oriente (2021), indica que uno de los ríos contaminados es el Zamora y Esmeraldas ya que presentan niveles altos de contaminación por *Escherichia coli* y coliformes. Por otra parte, los ríos Guayas, Guayllabamba y Machángara mostraron los niveles más altos de parámetros fisicoquímicos y concentraciones de metales. En

cambio, los ríos de la Amazonía: Pastaza, Aguarico y Coca tuvieron los niveles de contaminación más bajos.

Haciendo referencia a las ciudades de Quito y Latacunga y a sus ríos Machángara y Cutuchi, los cuales han sido catalogados por SENAGUA y otras entidades como ríos muertos con altos niveles de contaminación y pese a ello no se ha evidenciado un monitoreo permanente y continuo de los planes de descontaminación, afectando directamente a las poblaciones rurales cercanas a las zonas de descarga, encontrándose dentro de este grupo a agricultores, ganaderos y moradores que de alguna forma u otra dependen de los ríos para su supervivencia provocando daños a la salud a causa de la toxicidad producida por sustancias presentes en el agua, suelo y plantas (Hidalgo & Osorio, 2013).

7.3.1. Efectos de la contaminación del agua en la salud

La contaminación del agua tiene un gran impacto en la salud como en el medio ambiente. Según Balledón (2018), la apreciable concentración de componentes indeseables (cloruros, nitratos y metales pesados), limita la viabilidad del líquido y aumenta su toxicidad. El consumo de agua no potable implica altos riesgos de contraer enfermedades, como la diarrea y enfermedades respiratorias que tienen especial incidencia en niños menores de 5 años. Las aguas residuales son la principal fuente de microorganismos patógenos que se transmiten a través del ambiente y que llegan a la población especialmente a través de la contaminación del agua usada para beber, agua utilizada en cultivos de vegetales o en cultivos de moluscos bivalvos, en la preparación de comida, para lavar, en el baño o en los diversos usos recreativos (Mas et al., 2005).

7.4. Calidad del agua bajo la normativa ecuatoriana

La calidad del agua se relaciona con el uso del recurso, es decir una fuente de agua suficientemente limpia. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (Illanes, 2016). Según Niveló & Ochoa (2015), la calidad, se determina comparando características físicas, químicas y microbiológicas de una muestra de agua con directrices de calidad de agua como las planteadas por la legislación ecuatoriana establecidas en el INEN, en el TULSMA y la OMS, que suponen una

guía de referencia en cuanto a los límites máximos permisibles que el agua debe cumplir para determinado uso.

El Ecuador alineándose a los Objetivos de Desarrollo Sostenible formuló la Estrategia Nacional de la Calidad del Agua (ENCA) con el fin de mejorar y proteger la calidad de los recursos hídricos, sus ecosistemas, la calidad de vida de la población, la seguridad alimentaria, así como el control y vigilancia de los agentes contaminantes de las fuentes naturales a nivel nacional (ENCA, 2016). El Ministerio del Ambiente (2015), indica que en el Anexo 1 del Texto Unificado de Legislación Secundaria se define a la calidad de agua como las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

7.5. Índices de calidad de agua

Los autores Cahó & López (2017), mencionan que “en la actualidad existen diferentes índices para evaluar la calidad de agua de un cuerpo hídrico; la diferencia entre una u otra radica en la forma de calcularse y en los parámetros que se tienen en cuenta en la formulación del índice respectivo”. “Los índices permiten facilitar el entendimiento del panorama ambiental de los recursos hídricos, son un conjunto de parámetros o indicadores agregados o ponderados, que proporcionan información y describe la calidad de agua que se esté estudiando, ofreciendo una visión de las condiciones ambientales” (Loné, 2016). “En la valoración y evaluación de la calidad del agua, se han empleado diversas metodologías entre las que se incluyen: comparación de las variables con la normativa vigente; indicadores, a partir de un grupo de variables medidas, se genera un valor que califica y cualifica la fuente, y metodologías más elaboradas como la modelación” (Castro et al., 2014).

7.5.1. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)

Los autores Blanco et al. (2020), mencionan que el índice ICOMI evalúa la contaminación por mineralización usando valores que relacionan tres parámetros fundamentales la conductividad, la dureza y la alcalinidad. Este índice cuenta con una categorización estandarizada y, toma valores de cero a uno, siendo aquellos cercanos a uno, indicadores de un alto grado de contaminación por mineralización en los cuerpos de agua y el cero o más cercanos al mismo presenta un grado bajo de contaminación (Piedrahita, 2018).

7.5.2. Índice CANADIENSE

Uno de los índices más empleados es el propuesto por el Canadian Council of Ministers of the Environment, conocido como CCME_WQI (por sus siglas en inglés) que fue desarrollado para simplificar el reporte de los datos de calidad de las aguas, se basa en la determinación de tres factores que representan alcance, frecuencia y amplitud (Espinosa & García, 2014). Los autores Eugenia et al. (2022) indican que el índice canadiense se basa en la comparación de los valores obtenidos con la legislación existente en un determinado país, permitiendo evaluar estrategias para mejorar la calidad de agua, además es una metodología que no jerarquiza las variables y todas son de igual importancia.

7.6. Parámetros físico químicos

7.6.1. Conductividad eléctrica

Según García (2013), indica que es la capacidad de una sustancia que pueda conducir la corriente eléctrica, por lo tanto, es lo contrario de la resistencia eléctrica. Es una variable que depende de la cantidad de sales disueltas en un líquido. La unidad de medición utilizada comúnmente es el siemens/cm (S/cm), microsiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o milisiemens/cm (mS/cm).

García (2013), menciona que en soluciones acuosas el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos. Por lo tanto, cuanto mayor sea dicha concentración mayor será la conductividad, como puede observarse en los valores apuntados a continuación:

- Agua pura: 0,055 $\mu\text{S/cm}$.
- Agua destilada: 0,5 $\mu\text{S/cm}$.
- Agua de montaña: 1,0 $\mu\text{S/cm}$.
- Agua de uso doméstico: 500-800 $\mu\text{S/cm}$.
- Agua de mar: 50.000-60.000 $\mu\text{S/cm}$.

7.6.2. Dureza

Corresponde a la suma de calcio y magnesio, a los que se añaden los iones hierro, aluminio, manganeso, etc. Su medida se expresa habitualmente en °F (grados franceses) °dH (grados alemanes) o ppm de carbonato cálcico (CaCO_3). Los principales componentes de la dureza son los

bicarbonatos, sulfatos y cloruros, ya que los carbonatos y los hidróxidos son muy insolubles y están en pocas cantidades en el agua (García, 2013). Las equivalencias entre estas unidades son las siguientes:

- $1\text{ }^{\circ}\text{F} = 10\text{ ppm de CaCO}_3$
- $1\text{ }^{\circ}\text{dH} = 1,78\text{ }^{\circ}\text{F}$
- $1\text{ }^{\circ}\text{dH} = 17,8\text{ ppm de CaCO}_3$

7.6.3. Alcalinidad

Bautista (2016), menciona que la alcalinidad de un agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, reaccionar con iones de hidrógeno y aceptar protones como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas.

7.6.4. Turbidez

La turbidez de una muestra de agua es la medida de la interferencia que presentan las partículas en suspensión al paso de la luz. Se debe a la arcilla, lodo, partículas orgánicas, organismos microscópicos y a cuerpos similares que se encuentran suspendidos en el agua. La turbidez nos da una noción de la apariencia del agua y sirve para tener una idea acerca de la eficiencia de su tratamiento (Ortega, 2014).

7.6.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Es uno de los indicadores más significativos en la medición de la contaminación en aguas residuales, como también en el control del agua potable. Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua como resultado de la oxidación aerobia. La DBO es la cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos (Raffo Lecca & Ruiz Lizama, 2014).

7.6.6. Demanda Química de Oxígeno

Proporciona una medida de oxígeno equivalente a aquella porción de la materia orgánica contenido en una muestra susceptible de ser oxidada por un agente químico fuerte. Este análisis se utiliza para medir la fortaleza contaminante de los residuos domésticos e industriales (Mayarí et al., 2005). Los autores Maytaa & Maytab (2017), indican que la DQO es un análisis no específico utilizado para

estimar los requerimientos de oxígeno de los vertidos industriales, en los cuales la demanda bioquímica de oxígeno no es demasiado eficaz debido a la presencia de tóxicos u otras sustancias inhibidoras.

7.6.7. pH

El pH es una de las pruebas más comunes para conocer parte de la calidad del agua. El pH indica la acidez o alcalinidad, en este caso de un líquido como es el agua, pero es en realidad una medida de la actividad del potencial de iones de hidrógeno (H^+). Las mediciones de pH se ejecutan en una escala de 0 a 14, con 7.0 considerado neutro. Las soluciones con un pH inferior a 7.0 se consideran ácidos, mientras que las soluciones con un pH por encima de 7.0, hasta 14.0 se consideran bases o alcalinos (Admi, 2022).

7.6.8. Coliformes fecales

Son un grupo de bacterias representadas por las familias de enterobacterias que han sido utilizadas como indicador idóneo para el agua potable. Dentro de este grupo, se destacan las bacterias aeróbicas y anaeróbicas facultativas, aunque el mayor representante es la bacteria *Escherichia coli*, distinguiéndose por su facilidad de crecer a elevadas temperaturas y por la capacidad de producir la enzima glucoronidasa (Gualdrón, 2016).

7.7. Metales Pesados

Los metales pesados son constituyentes naturales de la corteza terrestre; las actividades humanas han modificado drásticamente el equilibrio y los ciclos bioquímicos de algunos metales pesados. Como no pueden degradarse ni destruirse, los metales pesados son contaminantes estables y persistentes del medio ambiente (Márquez et al., 2022). Los metales pesados son creados o degradados, una vez que ingresan al ecosistema acuático se transforman a través de procesos biogeoquímicos y se distribuyen entre varias especies con distintas características físico químicas (Polo & Sulca, 2019). Los autores Pabón et al. (2020), indican que los metales pesados son como elementos químicos de alta densidad y son tóxicos en concentraciones bajas; algunos de estos elementos son Aluminio (Al), berilio (Be), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros. Se acumulan en los tejidos y músculos de los seres

vivos, socavan sus defensas y producen enfermedades, y llegan a las personas de diferentes formas, causando lesiones graves e incluso la muerte (Gutierrez V. R., 2018).

7.7.1. Arsénico

Según Gutierrez V. R (2108), el arsénico es un metal pesado venenoso y muy tóxico, en aguas naturales se presenta como arseniato (AsO_4^{3-}) y arsenito (AsO_2^+); su presencia puede tener origen en descargas industriales o uso de insecticidas. Espinoza (2020), el arsénico se encuentra distribuido en todo el planeta se lo puede encontrar de manera orgánica e inorgánica, de forma inorgánica el arsénico se lo conoce como arseniato As (v) y arsenito As (III) este último es considerado más tóxico. En el Ecuador la contaminación por arsénico en los ríos se ha convertido en uno de los mayores problemas ambientales, según un estudio realizado por Villegas et al. (2022), revela que el agua de la quebrada Talahuachana que nace de los Illinizas Sur se encuentran contaminadas con arsénico con concentraciones de hasta 980 $\mu\text{g/L}$, causando problemas en la salud de los pobladores de Toacaso.

7.7.2. Hierro

Es un elemento químico metálico de color blanco, y es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre. El hierro puro es muy reactivo y se corroe rápidamente cuando es expuesto al aire. Es por esto que el hierro es poco común en arroyos y ríos (Sigler & Bauder, 2012).

7.8. Técnicas de análisis

La metodología se basó en técnicas establecidos por el laboratorio LANCAS (INAMHI), dicho laboratorio está acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 (Tabla 3).

Tabla 3*Métodos y técnicas de análisis para cada parámetro.*

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Técnica de Análisis	Unidades
pH	PE01	Standart Methods Ed 23, 2017. 4500 H*B	Electrometría para el pH	UpH
Conductividad	PE02	Standart Methods Ed 23, 2017. 2510 B	Electrometría para la conductividad	uS/cm
Arsénico y Hierro	PE04	Standart Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	Espectrofotometría de absorción atómica llama para arsénico y hierro	ug/L
Dureza Total	PE09	Standart Methods Ed 23, 2017. 2340 C	Volumetría para la dureza total	mg/L
Alcalinidad	PE11	Standart Methods Ed 23, 2017. 2320 B	Volumetría alcalinidad total	mg/L
Turbidez	PE24	Standart Methods Ed 23, 2017. 2130 B	Nefelometría para turbidez	NTU
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standart Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	Volumetría para la Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	Espectrofotometría para la Demanda Química de Oxígeno	mg/L
Coliformes fecales	PEMi02	Standart Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	Microbiológicas para coliformes fecales	NMP/100 ml

Nota: Datos tomados del Laboratorio LANCAS (2022).

CAPÍTULO II

8. MARCO LEGAL

8.1. Constitución de la república del Ecuador

La Constitución de la República de Ecuador, decreto legislativo 0, publicada en el Registro Oficial 449 el 20 de octubre de 2008, última modificación el 25 de enero de 2021, en estado reformado. Reconoce los siguientes artículos (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2021).

Artículo 12, Sección primera Agua y alimentación, Capítulo segundo, Derechos del buen vivir, Título II Derechos, señala: “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida”.

Artículo 14, señala que: “Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados”.

Artículo 411, Sección sexta Agua, Capítulo segundo Biodiversidad y recursos naturales, registra que: “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua”.

8.2. Convenios y tratados

Convenio de Albufeira. Las relaciones hispano-portuguesas en materia de agua culminan, tras una serie de tratados más o menos específicos, con el Convenio sobre Cooperación para la Protección y el Aprovechamiento Sostenible de las Aguas de las Cuencas Hidrográficas Hispano-Portuguesas, más conocido como Convenio de Albufeira (1998), y perfeccionado con un Protocolo de Revisión del Régimen de Caudales en 2008. Incorpora las disposiciones de la política comunitaria en materia de agua y crea un marco de cooperación y coordinación para la protección de las masas de agua, de los ecosistemas acuáticos y terrestres asociados y para el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos (Álvarez, 2019).

8.3. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua

La ley de Aguas es la norma jurídica reguladora del estado ecuatoriano para asegurar el derecho del agua, estableciendo garantías de calidad y disponibilidad del recurso hídrico. Esta ley “reconoce el papel transcendental de la gestión social del recurso mediante el reconocimiento de los sistemas comunitarios de agua como las Juntas de Agua Potable y Riego, Comités, y demás” (LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA, 2014).

Artículo 1, Naturaleza Jurídica, Título I, Disposiciones Preliminares, Capítulo I, Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Registro Oficial Suplemento 305 del 06 agosto de 2014 resuelve: “Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley. El agua es el patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria”.

Artículo 12, Hídricos Protección, recuperación y conservación de fuentes, Título II, Capítulo I, Definición, Infraestructura y Clasificación de los recursos, resuelve: “El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos [...]”

Artículo 14, Cambio de uso del suelo, resuelve: “El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas”.

Artículo 64, Conservación del agua, Capítulo II, Derechos de la Naturaleza, resuelve: La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a: “a) La protección de sus fuentes, zonas de captación, regulación, recarga, afloramiento y cauces naturales de agua, en particular, nevados, glaciares, páramos, humedales y manglares; b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad; c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico; d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y, e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos.”

Artículo 79, literal e, Objetivos de prevención y conservación del agua, resuelve: “Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de

desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida”.

8.4. Texto unificado de legislación ambiental secundario (TULSMA)

Artículo 209, Calidad del Agua, Acuerdo Ministerial No. 061, Reforma Del Libro VI Del Texto Unificado De Legislación Secundaria, “Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores [...], Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso”.

El Libro VI Anexo I “Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes: Recurso Agua”, establece los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos y las normas generales de descarga de efluentes, para nuestro estudio al ser agua de riego y en ciertas ocasiones usado para consumo humano, la normativa mencionada presenta en las tablas 4 (Criterios de calidad de agua para uso agrícola o riego) tabla 5 (Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico) y tabla 6 (Límites de descargas en un cuerpo de agua dulce), los criterios de calidad que se deberán cumplir para que este recurso sea apto tanto para riego como para consumo humano (Ministerio del Ambiente , 2015) .

Para el control de la calidad de los cuerpos de agua según el criterio de calidad de aguas para uso doméstico se estipulan límites permisibles, disposiciones, y prohibiciones, para lo cual se deberá cumplir con los criterios que se estipula en la tabla 1 mismas que permitirán alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano (Table 4).

Tabla 4*Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico.*

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0.002
Cianuro	CN	mg/l	0.1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr +6	mg/l	0.05
Fluoruro	F	mg/l	1.5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno	BDO5	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1.0
Mercurio	Hg	mg/l	0.006
Nitratos	NO3	mg/l	50.0
Nitritos	NO2	mg/l	0.2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0.01
Selenio	Se	mg/l	0.01
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0.2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100.0

Nota: Tabla 1 del TULSMA, datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015).

El criterio de calidad de agua para uso agrícola o riego indica que es aquella que se emplea para la irrigación de los cultivo y actividades relacionadas, se prohíbe el uso de aguas contaminadas para lo que se debe cumplir con los niveles de calidad establecidos en la tabla 5.

Tabla 5

Criterios de calidad de agua para uso agrícola o riego.

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico (total)	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	1.0
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro (total)	B	mg/l	1.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.01
Carbonatos totales	Concentración total de carbonatos	mg/l	0.1
Cianuro	CN ⁻	mg/l	0.2
Cobalto	Co	mg/l	0.05
Cobre	Cu	mg/l	2
Coliformes fecales	NMP		1000
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Huevos de parásitos		Huevos/l	Ausencia
Litio	Li	mg/l	2.05
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Molibdeno	Mo		0.01
Níquel	Ni	mg/l	.02
Nitritos	NO ₂	mg/l	0.5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
Plata	Ag	mg/l	0.05
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	50
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sólidos disueltos totales			3000
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1
Zinc	Zn	mg/l	2.0

Nota: Tabla 3 del TULSMA, datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015).

En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la Tabla 6 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente.

Tabla 6

Límites de descargas en un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano		30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ML	2000
Color real 1	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10

Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH	mg/l	6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C	mg/l	Condición natural +-3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Nota: Tabla 9 del TULSMA, datos tomados del Ministerio del Ambiente (2015).

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

¿Los parámetros considerados en la microcuenca del río Pumacunchi cumplirán con los límites máximos permisibles estipulados en la legislación ecuatoriana?

¿Cuál será la calidad del agua del río Pumacunchi considerando el índice CANADIENSE e ICOMI?

10. METODOLOGÍAS

10.1. Métodos

10.1.1. Método inductivo

La presente investigación concierne al método inductivo ya que evaluó el grado de contaminación y la calidad del agua en la microcuenca del río Pumacunchi, mediante la aplicación de índices de calidad de agua y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, obteniendo datos que permitieron corroborar la información de estudios previos al proyecto de titulación.

10.2. Tipo de investigación

10.2.1. Investigación descriptiva

Se realizó un estudio descriptivo sobre la evaluación de índices de calidad de agua para ello se implementó el índice CANADIENSE e ICOMI, a través de la elección de parámetros en función de su importancia para su respectivo análisis según la normativa ecuatoriana en base a los límites máximos permisibles y determinando el grado de contaminación y si esta se ve afectada por la actividad humana. Por lo que se tomó datos en un periodo trimestral en dos puntos estratégicos de muestreo en este caso punto 1 Saquisilí y punto 2 ubicado en el mercado Mayorista.

10.2.2. Investigación cualitativa

Se elaboró el análisis cualitativo para determinar el valor real del grado de contaminación de dicho cuerpo de agua en dos puntos diferentes en el transcurso que recorre el río Pumacunchi ya que nos ayuda a obtener valores numéricos, a través de métodos, mediciones, documentos estadísticos, para

finalmente conseguir resultados descriptivos. Este estudio se aplicó a medida que se va interpretando los datos.

10.2.3. Investigación documental

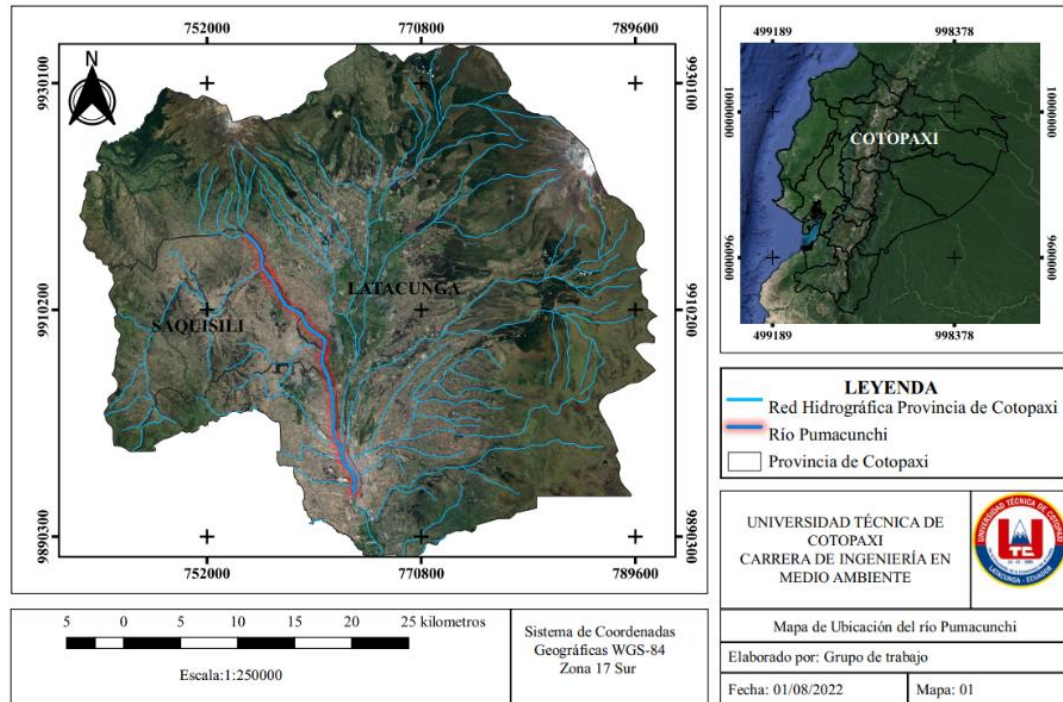
También se aplicó la investigación documental ya que para la elaboración de esta tesis se recurrió al uso de fuentes externas como libros, artículos científicos, constituciones, etc., analizando generalidades de suma importancia y de esta manera recopilar información en cuanto a índices de calidad de agua para proceder a una comparación del grado de contaminación del río Pumacunchi.

10.3. Localización del área de estudio

La investigación se realizó en la microcuenca del río Pumacunchi que se forma de la unión del río Negro que nace del sector noroccidente del cantón Latacunga formado por varios riachuelos y quebradas que se originan en los páramos del Chalúa, y el río Pintze que se forma de la unión de un ramal del río Blanco y la quebrada Pucayaco, estos provienen de los deshielos de los Ilinizas, localizados en el sector norte del cantón, tiene un caudal aproximado de 2080.24 l/s y una superficie de 359.32km² (Barahona, 2013) (Figura1). Se ejecutó una visita in situ para definir y georreferenciar las coordenadas y puntos estratégicos para obtener un diagnóstico actual del río Pumacunchi.

Figura 1

Mapa del área de estudio y ubicación de la microcuenca hidrográfica del río Pumacunchi



Nota: Capas SHP obtenidas del programa QGIS3.

FLORA

La zona de estudio se encuentra en un sector con alta intervención de tipo antrópico, donde el proceso de expansión urbana ha cambiado la imagen silvestre, en las áreas de concentración urbana se encuentra poca o nula vegetación nativa, salvo algunas excepciones, debido a que en estas tierras han sido introducidas especies de cereales y leguminosas cultivables como: maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), arveja (*Pisum sativum*), chocho (*Lupinus mutabilis*) y papas (*Solanum tuberosum*), que sirven de ayuda a la economía familiar. Las escasas manchas de repoblaciones forestales son especies introducidas o exóticas como el eucalipto y pino. Sin embargo, todavía se pueden encontrar algunas especies de flora nativa que son utilizadas básicamente para dividir espacios de tierra o marcar los linderos de las propiedades, como el penco negro (*Agave americana*), la chilca (*Baccharis latifolia*), el sigse (*Cortaderia nítida*) y el árbol de capulí (*Prunus serótina*), además su utilidad es múltiple pues son aprovechados por sus propietarios para la alimentación, sombra de los animales y leña o combustible para cocinar sus alimentos (GADMC SAQUISILI, 2019).

FAUNA

Debido a que la zona de estudio presenta un alto nivel de intervención humana, las especies de fauna en cuanto a mamíferos son la raposa (*Didelphis marsupialis*), el chukuri (*Mustela frenata*) y lagartijas, en relación a las aves se encontró al mirlo (*Turdus fuscaster*), gorrión (*Zonotrichia capensis*), tórtolas (*Zenaida auriculata*), y los colibríes (*Trochilidae*). Estos animales son poseedores de un alto nivel de adaptabilidad a zonas alteradas. El número de registro de especies es muy bajo, lo que se debe a que esta área está sujeta a la presencia de varios factores influyentes, como son: la urbanística, la falta de cobertura vegetal, las condiciones climáticas, entre otros; factores que han determinado la disminución de la riqueza faunística del lugar (GADMC SAQUISILI, 2019)

10.4. Parámetros de calidad del agua

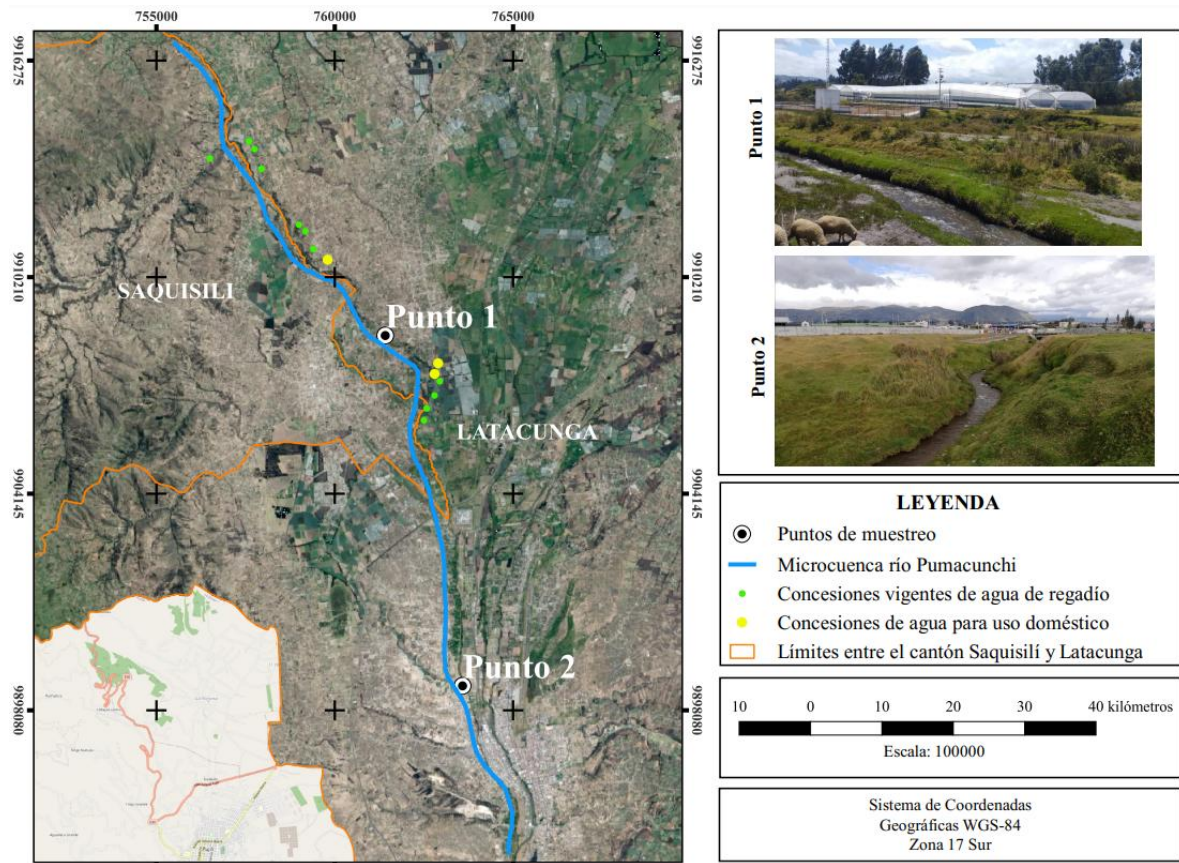
Los parámetros conductividad, dureza y alcalinidad fueron determinados por el índice ICOMI enfocándose en el grado de contaminación, mientras que para el índice CANADIENSE se seleccionó parámetros en función de su importancia: pH, turbidez, arsénico, hierro, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, coliformes fecales mismos que permitieron determinar la calidad de agua del río Pumacunchi tanto fisicoquímica como microbiológica. También se utilizó la normativa ecuatoriana Acuerdo Ministerial 0.97A, NTE INEN 1108, y la OMS para comparar los Límites Máximos Permisibles en los criterios de agua para consumo humano y uso agrícola.

10.5. Toma de muestras

Las fechas de recolección de las muestras se realizaron en un periodo trimestral, en los meses de mayo, junio y julio del 2022. Se localizaron dos puntos de referencia en la microcuenca del río Pumacunchi: punto 1 y 2 obteniendo sus coordenadas (Tabla 7). Los puntos de muestreo se ubicaron en los siguientes sectores Saquisilí como punto 1 y punto 2 ubicado en el mercado Mayorista Latacunga (Figura 2).

Figura 2

Mapa de ubicación de puntos de muestreo.



Nota: Capas SHP obtenidas del programa QGIS3.

Tabla 7

Coordenadas UTM de los puntos de muestreo para el río Pumacunchi

Punto	Lugar	Coordenadas UTM
Medio	Saquisilí	X: 17M 761417 Y: 9908577
Final	Ingreso al mercado Mayorista (Latacunga)	X: 17M 763585 Y: 9898765

10.6. Conservación de muestras

La información fue obtenida de manera personal por parte de los funcionarios del establecimiento, ya que la información no se encontró en sitios web por ser una empresa privada.

10.6.1. pH, Conductividad, Alcalinidad y Turbidez

Para el análisis de pH, conductividad, alcalinidad y turbidez se tomó la muestra en un envase de 1 litro previamente esterilizado. Este envase se llenó completamente y se tapó, para su traslado se mantuvo con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio, el tiempo máximo de entrega fue 24 horas.

10.6.2. Demanda Química de Oxígeno y Dureza total

Se tomó la muestra en un envase de 100 milímetros, se dejó un pequeño espacio en el cuello del frasco y se colocó 3 gotas de ácido sulfúrico sobre la muestra, inmediatamente se cerró el frasco con la contratapa y tapa, seguidamente se invirtió tres veces para homogeneizar la muestra y se mantuvo con hielo hasta llegar al laboratorio.

10.6.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Se llenaron dos frascos de 500 milímetros de muestra, cabe recalcar que no debe tener burbujas de aire. Mantener con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio, tiempo máximo de entrega 24 horas.

10.6.4. Metales pesados (Arsénico)

Para el análisis de arsénico se tomó la muestra en el envase de 250 milímetros, dejando un pequeño espacio en el cuello del envase, preservando la muestra con ácido nítrico concentrado libre de trazas, seguidamente se agregó 5 gotas de ácido nítrico concentrado a la muestra, se colocó la contratapa e inmediatamente tapó el frasco, Invirtiendo el frasco tres veces para homogeneizar la muestra, finalmente se rotuló y mantuvo con hielo hasta llegar al laboratorio.

10.6.5. Hierro

Se tomó la muestra en un envase de 500 milímetros, se llenó completamente el frasco seguidamente sellando el envase, posteriormente se procedió a mantener con hielo la muestra para su conservación y previo traslado al laboratorio.

10.6.6. Coliformes fecales

Para la toma de la muestra se abrió el frasco de 200 milímetros debajo del agua, se procedió a llenar el frasco dejando un espacio de aire, seguidamente se tapó el frasco y se colocó en una funda ziploc, misma que permite que esté libre de impurezas, se conservó con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio, tiempo máximo de entrega 24 horas.

10.7. Métodos para determinar la calidad de agua

10.7.1. Índice ICOMI

Se expresa en numerosas variables, de las cuales el índice estableció: conductividad como reflejo del conjunto de sólidos disueltos, dureza por cuanto recoge los cationes calcio y magnesio, y alcalinidad porque hace lo propio con los aniones carbonatos y bicarbonatos.

El ICOMI es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables elegidas, las cuales se definen en un rango de 0 – 1. Para el cálculo de este índice es necesario los parámetros: Conductividad, alcalinidad y dureza usándolos en la siguiente ecuación:

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

donde:

I Conductividad: Se obtiene a través de la siguiente expresión

$$I_{Conductividad} = \log_{10} I_{Conductividad} = 3.26 + 1.34 \log_{10} * I_{Conductividad}$$

Si es > a 270 uS/cm = 1

I Dureza: Se obtiene a través de la siguiente expresión.

$$I_{Dureza} = \log_{10} I_{Dureza} = -9.09 + 4.40 \log_{10} * Dureza$$

Si es > a 110 mg/L = 1

Si es < a 30 mg/L = 0

I Alcalinidad: Se obtiene a través de la siguiente expresión

$$I \text{ Alcalinidad} = -0.25 + 0.005 * \text{Alcalinidad}$$






Si es > a 250 mg/L = 1

Si es < a 50mg/L = 0

El índice ICOMI se define en un rango de 0 a 1, donde los valores cercanos a 0 indican muy baja contaminación por mineralización, por el contrario, los valores cercanos a 1 indican muy alta contaminación estableciendo en una escala de colores (Tabla 8).

Tabla 8

Grado de contaminación del agua ICOMI.

Clasificación	Escala	Color
Muy baja	0-0.2	
Bajo	0.2-0.4	
Medio	0.4-0.6	
Alto	0.6-0.8	
Muy alto	0.8-1	

Nota: Datos tomados de Guillermo & Gálvez (2016).

10.7.2. Índice CANADIENSE

El índice produce un número entre 0 (peor calidad del agua) y 100 (mejor calidad del agua) (Balmaseda & Yoandris, 2014).

- El alcance (F1) define el porcentaje de variables que tienen valores fuera del rango de niveles deseables para el uso que se esté evaluando respecto al total de variables consideradas es decir parámetros que no cumplen con las pautas de calidad del agua.
- La frecuencia (F2) se halla por la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas, la cantidad de veces que estas pautas no reunió.
- Mientras la amplitud (F3) es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral, cantidad por la cual no se cumplen las pautas.

Alcance

$$F_1 = \frac{\# \text{ de variables fuera del rango}}{\text{Total de variables}} * 100$$

Frecuencia

$$F_2 = \frac{\# \text{ de datos fuera del rango}}{\text{Total de variables}} * 100$$

Amplitud

$$F_3 = \left(\frac{nse}{0.01(nse) + 0.01} \right) * 100$$

$$nse = \frac{\sum \text{Excursión}}{\text{Total de datos}}$$

$$\text{Excursión} = \frac{\text{Valor excedido del rango}}{\text{rango}} - 1$$

Índice canadiense de calidad de las aguas

$$CCME_WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1,732} \right)$$

donde:

F₁ = Alcance

F₂ = Frecuencia

F₃ = Amplitud

nse = valor normalizado de la excursión de la suma

CCME_WQI = Cálculo final del índice Canadiense

La calidad del agua se relaciona con el uso del recurso, es decir una fuente de agua suficientemente limpia. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar, como es el caso de agua para consumo humano y regadío. En la tabla 9 se especifica la categorización en una escala de colores en un rango de 0 a 100 siendo 0 agua de mala calidad y 100 agua de excelente calidad.

Tabla 9

Categorización de calidad de aguas en función del WQI (CCME).

CCME_WQI	Categoría	Descripción
95-100	Excelente	La calidad del agua está protegida con ausencia virtual de amenazas o daños. Las condiciones son muy cercanas a niveles naturales o deseados.
80-94	Buena	La calidad del agua está protegida con algunas amenazas o daños de poca magnitud. Las condiciones raramente se apartan de los niveles naturales o deseados
65-79	Favorable	La calidad del agua es usualmente protegida pero ocasionalmente es amenazada o dañada. Las condiciones a veces se apartan de los niveles naturales o deseados
45-64	Regular	La calidad del agua es frecuentemente amenazada o dañada. Las condiciones con frecuencia se apartan de los niveles naturales o deseados
0-44	Mala	La calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada. Las condiciones usualmente se apartan de los niveles naturales o deseados.

Nota: Datos tomados de Balmaseda & Yoandris (2014).

CAPÍTULO III

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Calidad de agua según normativa ecuatoriana.

En el presente estudio, realizado en la microcuenca del río Pumacunchi, se comparó los resultados obtenidos de los parámetros físico químicos con la normativa ecuatoriana (Acuerdo ministerial N.º 097); (INEN 1108, 2020); y la normativa internacional (OMS, 2011) para calidad de agua de consumo humano y regadío. Es necesario aclarar que para algunos parámetros no fue posible definir el límite máximo permisible como es el caso de la turbidez en cuanto al criterio de agua para regadío. En la tabla 10 se evidencia los resultados de los parámetros utilizados para el análisis de calidad de agua, tomando como valor la media total de cada uno y los límites permisibles recomendados según las normativas.

La normativa ecuatoriana A.M.097 establece un rango de 6 a 9 en el criterio de agua de consumo humano, para el pH en el punto 1 (8.22 UpH) y punto 2 (8.01 UpH); la OMS indica un rango de 6.5 a 8.5. En cuanto al criterio de agua para regadío el A.M.097 establece el mismo valor, evidenciando que en base a la legislación ecuatoriana y la OMS se encuentra dentro del rango

permitido siendo un parámetro importante en el proceso químico que tiene lugar en el agua. La conductividad alcanzó en el punto 1 (461.67 uS/cm) y en el punto 2 (927.33 uS/cm), superando el límite permisible de 250 uS/cm según lo establece la OMS en el criterio de agua para uso humano, cabe mencionar que en la normativa ecuatoriana no se evidenció un estándar para este parámetro. Por otro lado, en el criterio de agua para regadío se encuentra dentro del límite de 1000 uS/cm establecido por el acuerdo ministerial 097A siendo apta para su uso.

El estándar establecido para el arsénico en calidad de agua de uso humano según la legislación ecuatoriana (A.M.097) es de 0.1 mg/L; en la OMS es de 0.01 mg/L al igual que la NTE INEN 1108, superando el límite máximo permisible con un valor en el punto 1 (0.40 mg/L) y punto 2 (0.13 mg/L), de igual forma en el criterio de agua para regadío es un rango de 0.1 mg/l en el A.M.097, evidenciando que el parámetro supera el límite establecido para los dos criterios, destacando que el agua no es apta ya que el arsénico es un elemento extremadamente tóxico. El Hierro es uno de los minerales más abundantes en la naturaleza, no es considerado tóxico para la salud si se encuentra en mínimas cantidades, cuando el nivel de hierro supera 1.0 mg/L recomendado en la normativa ecuatoriana (A.M.097) y 0.3 mg/L en la OMS para agua de consumo humano, el agua se torna de un color amarillento y presenta un sabor metálico. Por esta razón según la media obtenida en el punto 1 (5.64 mg/l) y punto 2 (5.07 mg/L) supera los límites permisibles. En cuanto a agua para regadío el límite es de 5.0 mg/L recomendado por el acuerdo ministerial 097 de la legislación ecuatoriana corroborando que el agua no es apta para consumo humano ni uso de regadío ya que presenta una alta contaminación.

La alcalinidad tiene un valor promedio en el punto 1 (167.92 mg/L) y punto 2 (396.41 mg/L) superando el límite permisible de 50 mg/L para calidad de agua de consumo humano según lo establece la OMS. En cuanto a agua de regadío cumple el límite de 400 mg/L por la OMS, puesto que en la normativa ecuatoriana no se logró evidenciar un límite, determinando que solo es apta para riego y no para uso humano ya que una alta alcalinidad induce poca disponibilidad de nutrientes. La turbidez es uno de los parámetros más importantes en calidad de agua, el límite recomendado por el acuerdo ministerial 097A para agua de consumo humano es de 100 NTU (unidades nefelométricas de turbidez), de 5 UNT por la OMS y NTE INEN 1108, evidenciándose que el parámetro superó el límite recomendado valor en el punto 1 (149.40 UNT) y punto 2 (127.03 UNT), indicando mayor posibilidad de presencia de partículas suspendidas. En cuanto al agua de

regadío no fue posible determinar valores que indiquen un límite, pero sí aspectos que nos ayuden a determinar cómo afecta; es así que el autor Alvarez et al. (2019), indica que la turbidez puede interferir con la desinfección; obstrucción de los sistemas de regadío; deposición e inducir el aumento de la temperatura de la superficie del agua.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) evidenció un promedio para el punto 1 (6.82 mg/L) y punto 2 (9.57 mg/L) que supera los límites permisibles de 2 mg/L según lo recomienda el acuerdo ministerial 097A para agua de consumo humano ya que, mientras más contaminada se encuentra el agua tiene más DBO. En cuanto a la calidad de agua de regadío si cumple con el límite permisible de 100 mg/L siendo apta para su uso. Por otro lado, en la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se determinó una media en el punto 1 (29 mg/L) y punto 2 (41.33 mg/L) superando el límite establecido por el acuerdo ministerial 097A con un valor recomendado de 4 mg/L para agua de consumo humano siendo agua de mala calidad no apta para su uso. En tanto, la calidad de agua para regadío se mantiene bajo el límite de 200 mg/L establecido por la normativa ecuatoriana. La cantidad de coliformes fecales recomendadas para el criterio de agua de consumo humano según AM.097 es de 1000 NMP/100ml, y en la OMS es de 0 es decir no debe existir presencia de microorganismos que indican una contaminación fecal en el agua, de igual manera lo estipula la INEN 1108. En cuanto el criterio de agua para regadío es de 1000 NMP/100 ml según el AM.097, lo que indica que el parámetro está superando el rango de límite con un valor en el punto 1 (36333 NMP/100 ml) y punto 2 (240000 NMP/100 ml) para los dos criterios, no siendo apto para su uso. Destacando que el recurso hídrico de la microcuenca del río Pumacunchi no puede ser usado para regadío ni consumo humano, debido a que sus aguas se encuentran altamente contaminadas superando los límites máximos permisibles.

Estudios sobre el Índice de Calidad de Agua del río Pumacunchi realizado por Changoluisa & Quishpe (2020), en años anteriores demuestran que su cauce se encuentra en una categoría de muy mala calidad en cuanto a bioindicadores. Los resultados obtenidos muestran que en el año 2016 el 26,90% de su afluente representa agua de mala calidad y en el año 2018 la situación se agrava, puesto que el nivel disminuyó al 9,18% mostrándose como agua de muy mala calidad. Hay que destacar que no se puede realizar una comparación minuciosa debido a que solo se han encontrado datos cualitativos, es decir carece de valores numéricos que indiquen el grado de contaminación

del río Pumacunchi, al realizar una búsqueda bibliográfica se dedujo que el cuerpo de agua se encuentra en mala calidad.

Los autores Pérez & Quishpi (2016), realizaron una investigación aplicando el índice biológico ETP (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera) y el índice Biológico Andino (ABI) en el que se evidenció que en la zona alta y media de la microcuenca tiene una calidad regular de agua debido a la actividad agrícola y ganadera que se realiza en el sector, indicando que necesita tratamiento de purificación. Conforme el río va descendiendo son mayores las fuentes de contaminación, en la parte baja el cuerpo de agua toma una mala calidad desde el sector de la Panamericana hasta el punto donde se une con el río Cutuchi sector Niágara, debido a las diversas actividades antrópicas, y el agua necesita un tratamiento potabilizador para su consumo.

Tabla 10

Comparación de normativa en criterios de calidad de agua para consumo humano y regadío.

Río Pumacunchi		P1	P2	AGUA DE CONSUMO HUMANO			AGUA DE REGADÍO	
Parámetros	Unidades	Resultados		Acuerdo Ministerial 097	OMS	NTE INEN 1108	Acuerdo Ministerial 097	OMS
pH	UpH	8,22	8,01	de 6 a 9	6,5-8,5	-	de 6 a 9	-
Conductividad	uS/cm	461,67	927,33	-	250	-	1000	-
Arsénico	mg/L	0,40	0,13	0,1	0,01	0,01	0,1	-
Hierro Total	mg/L	5,64	5,07	1,0	0,03	-	5,0	-
Dureza Total	mg/L	166,83	356,74	500	500	-	-	500
Alcalinidad	mg/L	167,92	396,41	-	50	-	-	400
Turbidez	NTU	149,40	127,03	100,0	5,0	5,0	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	6,82	9,57	<2	-	-	100	150
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	29,00	41,33	<4	-	-	200	-
Coliformes fecales	NMP/100 ml	36333,00	240000,00	1000	Ausencia	Ausencia	1000	-

Nota: Datos tomados de la World Health Organization (2011); Ministerio del Ambiente (2015); (NTE INEN 1108, (2020).

11.2. Índices de calidad de agua

El índice CANADIENSE permite determinar la calidad del agua, por otro lado, el ICOMI estipula el grado de contaminación, mismos que fueron empleados en los criterios de agua para uso agrícola y consumo humano del río Pumacunchi, en un periodo trimestral establecido en los meses de mayo,

junio y julio. El presente documento plantea utilizar la metodología del índice ICOMI que evalúa la contaminación por mineralización utilizando los valores de la conductividad, alcalinidad y dureza; el índice WQI (CCME), que deja a criterio personal la elección de los parámetros intervinientes en función de su importancia específica para cada análisis según la normativa correlacionando los límites máximos permisibles. Para conocer más sobre los índices en la tabla 11 se estableció las ventajas de su aplicación.

Tabla 11

Ventajas de la utilización de los índices CANADIENSE e ICOMI.

Ventajas CCME_WQI	Ventajas Índice ICOMI
Combina matemáticamente todas las medidas de calidad del agua y proporciona una descripción general, fácilmente comprensible del agua.	Se considera uno de los más económicos por la utilización de un número menor de variables y permite determinar puntualmente el tipo de contaminación presentada.
Permite la comparación de parámetros conforme a la normatividad vigente de acuerdo con el uso evaluado, favoreciendo la valoración de fuentes con amplias variaciones de calidad en el tiempo y facilitando su aplicación en un país.	Se utiliza para una evaluación cuantitativa y de fácil comprensión que involucra una serie de parámetros muy significativos en el estudio de la calidad y contaminación del agua.
Se utiliza para evaluar la calidad del agua en relación con su estado deseable (según lo definido por la calidad del agua), y proporciona información sobre el grado en que la calidad del agua se ve afectada por la actividad humana.	Permite evaluar la variación espacial y temporal de la calidad del agua. Implementa fórmulas simples, integra y correlaciona parámetros como la dureza, la alcalinidad y la conductividad.
Representa las mediciones de diversas variables en un solo número.	Identifican el tipo de problema ambiental existente y ayudan en la definición de prioridades con fines de gestión y mejorar la conciencia sobre la calidad del agua.

Nota: Datos tomados del Canadian Council of Ministers of the Environment (2017); Torres et al, (2009); Chavarro & Gélvez (2016).

11.2.1. Índice Canadiense (CCME_WQI)

Los resultados obtenidos a partir de los diferentes cálculos del Índice CCME_WQI, permitieron evidenciar el nivel de contaminación del cauce de la microcuenca del río Pumacunchi, utilizando los criterios de la normativa del Anexo 1, Libro VI del TULSMA, consumo humano y agua para regadío. Cabe recalcar que el índice CCME_WQI menciona que al aumentar su grado la contaminación es menor ya que en la escala de clasificación va de 0 a 100, al ser 100 su estado de la calidad de agua es excelente; mientras los valores descienden la calidad del agua es mala como lo indica la categorización de calidad de aguas en función del WQI (CCME) en la tabla 9.

Consumo humano

En el punto 1 del río Pumacunchi, sector Saquisilí en el mes de mayo para el agua de consumo humano, se determinó un valor de 17.462 entrando en la categoría de mala es decir la calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada, esto se debe a que en la zona existen plantaciones que utilizan pesticidas, mismos que se filtran llegando al cauce, por otro lado, la agricultura y el pastoreo de animales aportan a la contaminación (Anexo 8, 9). En cuanto al punto 2, ubicado en el mercado Mayorista, obtuvo un valor de 14.099 alcanzando el mismo grado de contaminación. Mientras que para inicios de julio se evidenció un significativo cambio, el grado de contaminación disminuye, obteniendo un valor de 24.325 en el punto 1 y en el punto 2 un resultado de 21.356, sin embargo, la calidad de agua sigue siendo mala, esto puede deberse a diversos factores ambientales, y antrópicas ya que por ser una zona de actividad de comercio se depositan los desechos tanto sólidos como líquidos en el cauce, así como la producción de brocoleras que utilizan pesticidas mismos que se filtran al río, también está la ganadería y pastoreo de animales que se encuentran a orillas del río siendo los causantes de la aparición de contaminantes como las coliformes fecales (Anexo 11, 12). Por último, a mediados del mes de julio obtuvo un valor de 34.822 en el punto 1, mientras que en el punto 2 se identificó un aumento en la contaminación, variando significativamente, con un valor de 25.433, manteniéndose en un estado malo (Tabla 12, figura 3).

De manera general la calidad del agua del río Pumacunchi, se considera “Mala”, en las dos estaciones de muestreo, por lo que el agua no es apta para consumo humano directamente, con una

media de 25.536 en el punto 1 y en el punto 2 obtuvo un promedio de 20.296, por lo que es necesario que pase por un tratamiento de potabilización.

Tabla 12

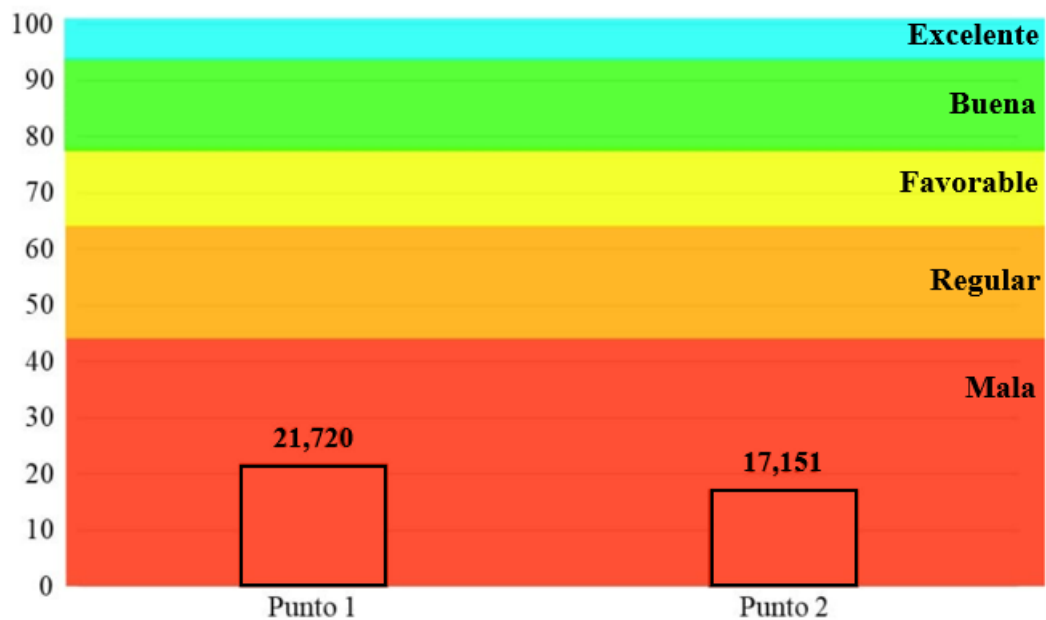
Calidad del agua para consumo humano utilizando el índice CCME.

No.	Estaciones de muestreo	Fecha	F1	F2	F3	CCME_WQI	Promedio
1	Río	17 de mayo	80.00	80.00	87.38	17.462	25.536
	Pumacunchi,	05 de julio	70.00	70.00	85.90	24.325	
	sector Saquisilí, punto 1.	19 de julio	60.00	60.00	74.45	34.822	
2	Río	17 de mayo	80.00	80.00	96.62	14.099	20.296
	Pumacunchi,	05 de julio	70.00	70.00	93.55	21.356	
	atrás del mercado Mayorista, punto 2.	19 de julio	60.00	60.00	97.36	25.433	

Clasificación: Excelente (95-100), Buena (80-94), Favorable (65-79), Regular (45-64), Mala (0-44)

Figura 3

Categoría de clasificación de calidad de aguas en función del WQI (CCME).



Agua de regadío

Cabe recalcar que para realizar el método del CCME_WQI se tomaron 10 parámetros entre ellos conductividad, dureza, alcalinidad, turbidez, DBO, DQO, pH, coliformes fecales, arsénico y hierro, de los cuales solo se utilizó 8 variables, ya que dentro de este método se necesita tener los límites máximos permisibles (LMP), pero en los parámetros de alcalinidad y turbidez no se logró definir los LMP, por lo que no se pudo realizar esta metodología con los parámetros definidos.

En el punto 1 del río Pumacunchi, sector Saquisilí en el mes de mayo para agua de regadío, se determinó un valor de 44.574 entrando en la categoría de mala es decir la calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada, a causa de las descargas de alcantarillados que no cumplen con su debido tratamiento siendo una fuente puntual de contaminación, debido al crecimiento demográfico de la población. En el punto 2, ubicado en el mercado Mayorista, obtuvo un valor de 36.279, alcanzando el mismo grado de contaminación. Mientras que para inicios de julio se evidenció un significativo cambio, el grado de contaminación disminuyó, esto puede deberse a diversos factores ambientales, obteniendo un valor de 45.807 incorporándose en la categoría regular, sosteniendo que la calidad del agua es frecuentemente amenazada o dañada en el punto 1, debido a causas antrópicas puesto que a las orillas del río se realizan actividades de pastoreo y es un botadero de basura provocado por la falta de cultura ambiental de la población, transformando el lugar en un punto crítico de contaminación por desechos sólidos y microbiológicos (Anexo 10, 12), sin embargo para el punto 2 obtuvo como resultado un valor de 41,929 entrando nuevamente en la categoría de mala calidad. Por último, a mediados del mes de julio, en el punto 1 se determinó un valor de 55.964 entrando en la categoría de regular, no obstante, en el punto 2 se identificó un aumento de la contaminación al final del caudal con un valor de 39.979, conservándose en un estado malo. A pesar de ello, el punto 1 ubicado en Saquisilí tiene una mejor calidad de agua en comparación con el punto 2 (Tabla 13, figura 4). Como era de esperar los valores más altos del CCME_WQI, en cuanto a aguas de riego son menos exigentes, pero al ser analizados cada uno de los puntos el agua es clasificada como “Mala”. Este cuerpo de agua tampoco es apto para regadío, ya que obtuvo un promedio de 48.778 en el punto 1 y en el punto 2 una media de 39.396. Las principales actividades que contaminan dicho río son los vertidos directos de aguas residuales tanto ordinarias como especiales directamente al cuerpo de agua, mismos que carecen del manejo de desechos sólidos, así también influyen las actividades agrícolas que utilizan toda clase de productos químicos, para la prevención y control de plagas, manejados en la fumigación que son vertidos en

el suelo y en algún momento deben llegar al agua por infiltración, una de las empresas que causa más contaminación son las brocoleras ya que se encuentra a orillas del río.

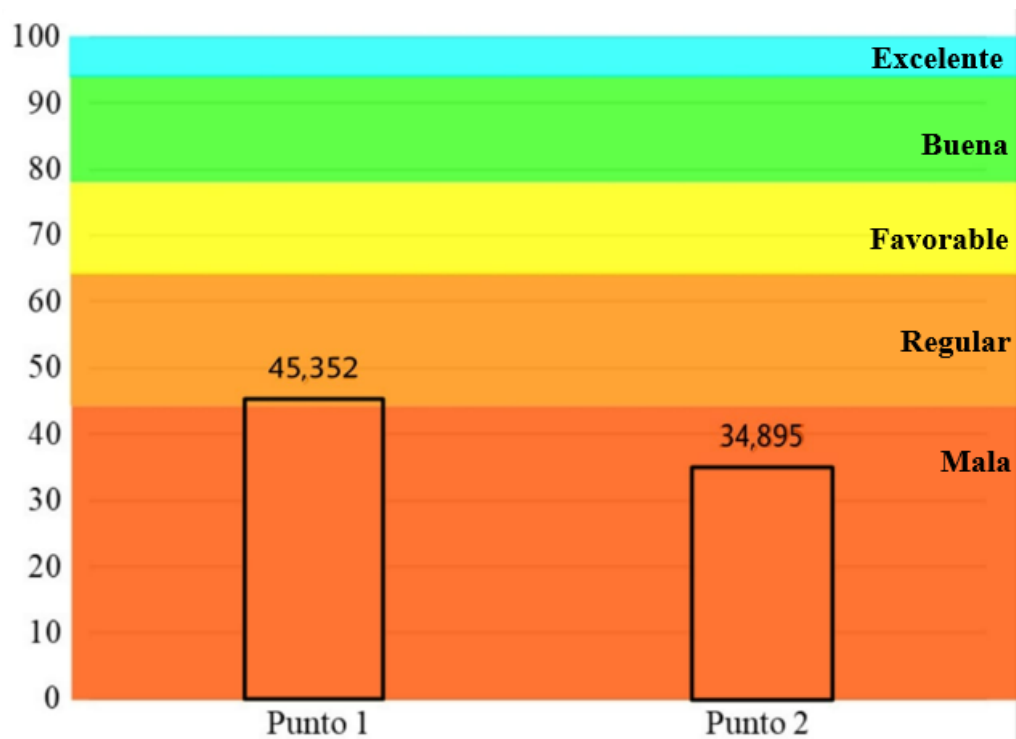
Tabla 12

Calidad del agua para regadío utilizando el índice CCME.

No.	Estaciones de muestreo	Fecha	F1	F2	F3	CCME_WQI	Promedio
1	Río Pumacunchi,	17 de mayo	37.50	37.50	80.01	44.574	48.778
	sector	05 de julio	25.00	25.00	86.94	45.807	
	Saquisilí, punto 1	19 de julio	12.50	12.50	74.19	55.954	
2	Río Pumacunchi,	17 de mayo	37.50	37.50	96.78	36.279	39.396
	atrás del mercado	05 de julio	25.00	25.00	94.16	41.929	
	Mayorista, punto 2	19 de julio	25.00	25.00	97.75	39.979	

Figura 4.

Grado de contaminación del agua de regadío.



11.2.2. Índice ICOMI

Los cálculos del índice de contaminación por mineralización ICOMI se pueden observar en la Tabla 14. Cabe destacar que el índice es el valor promedio de cada una de las variables establecidas (conductividad, dureza y alcalinidad), mismas que se definen en un rango de 0 a 1, donde los valores cercanos a 0 indican baja contaminación por mineralización, por el contrario, los valores cercanos a 1 indican una alta contaminación. Dado que los valores obtenidos fueron de 0.84 a 1 en los dos puntos de muestreo en un periodo trimestral, se evidenció una media de 0.9316, una mediana de 0.944 y un coeficiente de variación del 0.41%, es decir, tiene una distribución simétrica (Figura 5); de esta manera se determinó que el río Pumacunchi presenta problemas elevados de contaminación por mineralización sobre todo en el punto 2, ubicado en el sector mercado Mayorista siendo un foco importante de polución ya que se realizan actividades de comercio, ganadería y agricultura, siendo los principales causantes de que el agua del cauce no sea apta para consumo humano ni para uso de regadío.

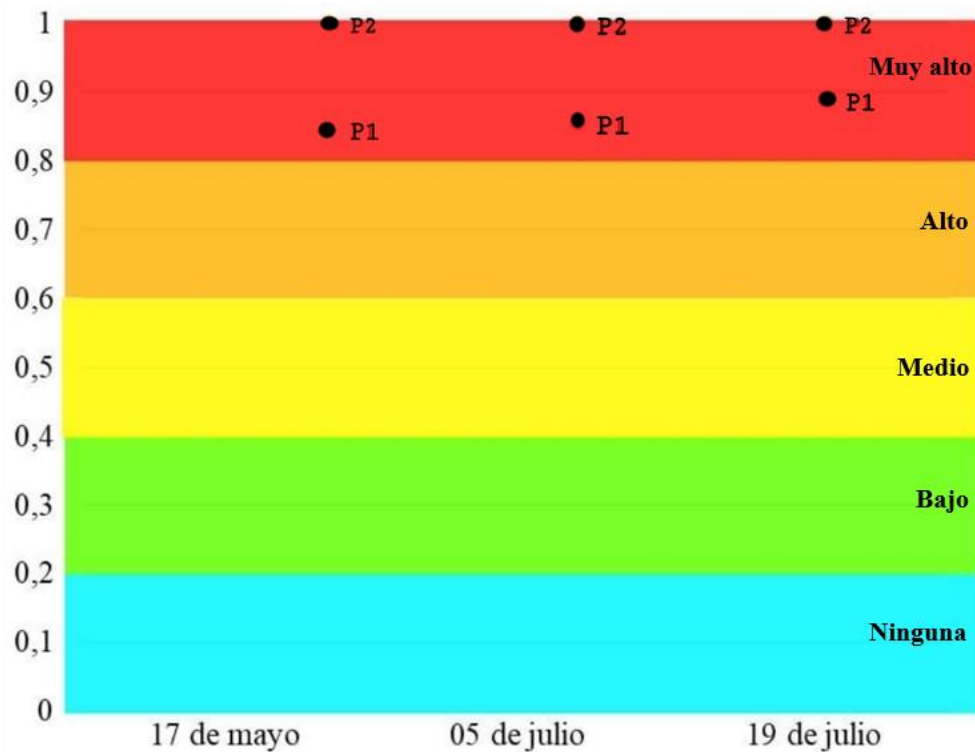
Tabla 14

Resultado final para determinar el ICOMI.

Índice de Contaminación por Mineralización							
Punto de muestreo	Fecha de muestreo	Índice Conductividad	Índice Dureza	Índice Alcalinidad	ICOMI		Grado de contaminación
Río Pumacunchi	17 de mayo	1	1	0,536	0,8455		Muy Alta
sector Saquisilí punto 1.	05 de julio	1	1	0,566	0,8553	0,86	Muy Alta
Río Pumacunchi	17 de mayo	1	1	1	1		Muy Alta
atrás del mercado Mayorista punto 2.	05 de julio	1	1	1	1	1	Muy Alta
	19 de julio	1	1	1	1		Muy Alta

Figura 5

Grado de contaminación calidad de agua de consumo humano y regadío.



11.3. Parámetros de calidad del agua

El agua en el sector alto de la microcuenca, donde nace el río Pumacunchi es de buena calidad y cumple con las normas para su uso en riego según Changoluisa & Quishpe (2020), pero es fácil que se contamine ya que en su recorrido hasta llegar a los predios donde se utilizará existen empresas metalúrgicas, florícolas, actividades de ganadería y pastoreo, además de eso la falta de cultura ambiental por parte de la población que con su aumento demográfico ha generado la necesidad de la creación de plantas de tratamiento de aguas residuales mismo que vierten sus aguas al afluente Pumacunchi. Es así que se seleccionó dos puntos de muestreo representativo, ubicado en el sector Saquisilí como punto 1 y punto 2 el mercado Mayorista identificando varios parámetros que permitan determinar la calidad del agua (Tabla 15). De los 10 parámetros utilizados en la determinación de la calidad del agua para consumo humano y regadío se evidencio que el arsénico y el hierro son lo que mayor concentración de toxicidad tienen, afectando la calidad del agua en la provincia de Cotopaxi, según los resultados obtenidos en los meses de mayo, junio y julio, se evidencio que el afluente llega a concentraciones de arsénico con un máximo de 0.885 m/L, una

media de 0.26 mg/L y un mediana de 0.15 mg/L, indicando que tiene una dispersión asimétrica, sobrepasando el límites máximos permisibles de 0,1 mg/L tanto para agua de consumo humano y de regadío, establecidos en el TULSMA. Mientras que el Hierro (Fe), presenta concentración máxima de 11,5 mg/L cuenta con una media de 5.36 mg/L y una mediana de 2.83 mg/L, es decir, su distribución es asimétrica, de igual manera supera los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA con respecto a la calidad de aguas para riego agrícola que es de 5 mg/L y en cuanto a la calidad de aguas para consumo humano es de 1,0 mg/L. Reiterando que el agua es de mala calidad ya que los altos niveles concentración de metales pesados representa un problema importante para la agricultura y la salud humana puesto que se almacenan en los tejidos vivos. En el Ecuador la contaminación por metales pesados en los afluentes en especial en el río Pumacunchi son en su gran mayoría por causas antropogénicas y por la falta de interés de las autoridades ya que no realizan un seguimiento ni monitoreo del recurso hídrico, originando graves problemas ambientales mismos que conllevan a la degradación y disminución de la calidad de agua disponible para riego y consumo humano.

“El arsénico es movilizado al ambiente mediante procesos naturales y antrópicos como la actividad minera, uso de pesticidas, herbicidas, combustibles fósiles” (Amparán, 2007). Se asocia con metales como el hierro que es utilizado para su adsorción, como el agua tiene oxígeno disuelto, el hierro se oxida rápidamente dando lugar a la formación de partículas de óxidos de hierro que capturan el arsénico (Universidad Nacional De La Plata, 2017). El grupo RSA-CONICET (2018), indica que si el agua contiene hierro disuelto, que a menudo se produce en forma conjunta con la contaminación de arsénico permitiendo la operación de reacciones fenton.

Tabla 15*Estadística descriptiva de los parámetros de calidad de agua del río Pumacunchi.*

Parámetro	Unidades	Media	Mediana	DS	CV	Rango	Mínimo	Máximo
Ph	UpH	8,11	8,13	0,16	0,02	0,47	7,28	8,29
Conductividad	uS/cm	694,50	619,50	287,03	68655,58	711,00	419,00	1130,00
Arsénico	mg/L	0,26	0,15	0,31	0,0789	0,79	0,093	0,89
Hierro Total	mg/L	5,36	2,83	4,44	16,40	9,36	2,14	11,50
Dureza Total	mg/L	261,78	237,61	112,94	10630,45	276,63	150,62	427,25
Alcalinidad	mg/L	282,18	247,00	136,46	15516,88	323,29	157,32	480,61
Turbidez	NTU	138,22	45,10	160,03	21341,26	352,70	25,30	378,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	8,19	5,15	6,91	39,80	16,33	2,07	18,40
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	35,17	22,00	30,49	774,47	71,00	9,00	80,00
Coliformes fecales	NMP/100ml	138166,67	92000,00	131842,96	1,45E+10	326000,00	24000,00	350000,00

DS= Desviación estándar. CV= Coeficiente de Variación.

11.3.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

En las tablas 15 y 16 señalan los valores de pH obtenidos de los dos puntos de muestreo en la zona media y baja de la microcuenca del río Pumacunchi. Se evidenció una media de 8.11 UpH, una mediana de 8.13 UpH y un coeficiente de varianza del 2%, es decir, que tiene una distribución ligeramente asimétrica. En el punto 1 se presentó para el mes de mayo un valor de 8.13 UpH, a inicios de julio un valor de 8.24 UpH teniendo un ligero incremento, mientras que a finales del mismo mes se evidenció un valor de 8.29 UpH siendo el valor más alto registrado, destacando que el agua del punto 1 ubicado en el sector Saquisilí es ligeramente alcalino. En el punto 2 ubicado en el sector mercado Mayorista se registró para el mes de mayo un pH de 8.12 UpH, mientras que a inicios de julio el pH disminuyó con un valor de 7.82 UpH considerándose neutro esto puede deberse a cambios en la materia en el fondo del cauce, cambios en la temperatura, y otros generados por actividades antrópicas, por otro lado, a finales del mismo mes se presentó un incremento con un valor de 8.08 UpH, indicando que el río tiene un pH alcalino. El rango de pH se encontró dentro de la escala según el anexo 1 del libro VI del TULSMA para los criterios de calidad de agua para

riego agrícola y agua para consumo humano que es de 6 a 9. Sin embargo, según Valles et al. (2017), el pH en agua aceptable para uso y consumo humano es de 6.5 a 8.5, si supera estos valores el agua puede causar irritación en la mucosa, en órganos internos y hasta procesos de ulceración causando afecciones en la salud.

Tabla 16

Valores del pH en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	8,13	8,24	8,29
Punto 2	8,12	7,82	8,08

11.3.2. Conductividad

En las tablas 15 y 16 señalan los valores de pH obtenidos de los dos puntos de muestreo en la zona media y baja de la microcuenca del río Pumacunchi. Se evidenció una media de 8.11 UpH, una mediana de 8.13 UpH y un coeficiente de varianza del 2%, es decir, que tiene una distribución ligeramente asimétrica. En el punto 1 se presentó para el mes de mayo un valor de 8.13 UpH, a inicios de julio un valor de 8.24 UpH teniendo un ligero incremento, mientras que a finales del mismo mes se evidenció un valor de 8.29 UpH siendo el valor más alto registrado, destacando que el agua del punto 1 ubicado en el sector Saquisilí es ligeramente alcalino. En el punto 2 ubicado en el sector mercado Mayorista se registró para el mes de mayo un pH de 8.12 UpH, mientras que a inicios de julio el pH disminuyó con un valor de 7.82 UpH considerándose neutro esto puede deberse a cambios en la materia en el fondo del cauce, cambios en la temperatura, y otros generados por actividades antrópicas, por otro lado, a finales del mismo mes se presentó un incremento con un valor de 8.08 UpH, indicando que el río tiene un pH alcalino. El rango de pH se encontró dentro de la escala según el anexo 1 del libro VI del TULSMA para los criterios de calidad de agua para riego agrícola y agua para consumo humano que es de 6 a 9. Sin embargo, según Valles et al. (2017), el pH en agua aceptable para uso y consumo humano es de 6.5 a 8.5, si supera estos valores el agua puede causar irritación en la mucosa, en órganos internos y hasta procesos de ulceración causando afecciones en la salud.

Tabla 17

Valores de la conductividad en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	419,00	452,00	514,00
Punto 2	725,00	927,00	1130,00

11.3.3. Arsénico

Según los resultados obtenidos en la tabla 15 y 18 se evidenció que la microcuenca del río Pumacunchi presenta niveles altos de concentración de Arsénico (As), obteniendo una media de 0.262 mg/L, una mediana de 0.15 mg/L, alcanzando una variación bastante significativa. En el punto 1 para el mes de mayo se presentó un valor de 0.174 mg/L, a inicios de julio se evidenció un valor de 0.13 mg/L, mientras que en su última toma de muestras arrojó un resultado de 0.885 mg/L, siendo este mismo valor el más alto. En cuanto al punto 2 de la microcuenca, en el mes de mayo se determinó un valor de 0.189 mg/L, a inicios de julio se obtuvo un valor de 0.1 mg/L, y a finales del mismo mes consiguió un total de 0.093 mg/L, siendo el mes de mayo con mayor concentración de arsénico, superando los límites máximos permisibles de 0,1 mg/L tanto para agua de consumo humano y regadío, establecidos en el Libro VI del TULSMA. El Arsénico a nivel mundial tiene grandes niveles de concentración que afecta a grandes áreas, causando problemas de contaminación en agua potable y regadío aumentando la transferencia a la cadena alimenticia originando la aparición de enfermedades relacionadas a este elemento (Herrera et al., 2013). El autor Gutierrez (2010), manifiesta que las aguas del río Pumacunchi están altamente contaminadas a causa del arsénico, ya que recibe aguas residuales de varios asentamientos humanos a orillas del cauce, además de eso se encuentran industrias que arrojan sus aguas residuales sin ningún tratamiento. Hay que destacar que el Arsénico (As), proviene de forma natural desde los Illinizas y presenta una elevada contaminación, conforme el río va descendiendo se encuentran empresas metalúrgicas como la empresa Novacero, quienes, a pesar de tener una planta de tratamiento, vierten sus aguas al río provocando el aumento de concentración de metales pesados. Por lo tanto, es peligroso utilizar esta fuente de agua para consumo humano y regadío ya que a corto y largo plazo puede provocar enfermedades crónicas, el arsénico (As) se sedimenta fácilmente en el suelo y son absorbidos por la planta e ingresa por la cadena alimenticia.

Tabla 18*Valores del arsénico en el punto 1 y 2 de la MCR.*

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	0,174	0,13	0,885
Punto 2	0,189	0,100	0,093

11.3.4. Hierro

Se determinó que el Hierro (Fe) tiene una media de 5.36 mg/L, una mediana de 2.82 mg/L, es decir, tiene una distribución asimétrica. En la tabla 19 se indica los valores obtenidos de los análisis de laboratorio revelando que en el punto 1 en el mes de mayo presentó un valor de 11.5 mg/L, a inicios de julio mostró una disminución en su concentración de 3.3 mg/L de igual manera a finales del mismo mes un valor de 2.14 mg/L, esto puede ser debido a que en esos meses hubo un incremento en el caudal por la precipitación. Mientras que en el punto 2 en el mes de mayo se evidenció un valor de 10.6 mg/L, a inicios de julio fue de 2.27 mg/L mostrando una disminución considerable de concentración de hierro, lo mismo ocurrió a finales del mes de julio que presentó un valor de 2.35 mg/L, encontrándose fuera del rango de la escala según el Anexo 1 del libro VI del TULSMA, tanto para el agua de consumo humano como regadío. Según Swistock (2021), el hierro puede ser un problema complejo en el agua de riego, si supera los niveles de 5 mg/L, afectando el crecimiento de las plantas, pueden causar manchas graves y toxicidad en especies sensibles.

Tabla 19*Valores del Hierro total en el punto 1 y 2 de la MCR.*

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	11,5	3,3	2,14
Punto 2	10,6	2,27	2,35

11.3.5. Dureza Total

En la tabla 15 y 20, según los resultados obtenidos en los tres meses de medición se evidenció una media de 261.78 mg/L, una mediana de 237.61 mg/L con valores ligeramente diferentes, es decir que tiene una distribución ligeramente asimétrica, presento una desviación estándar de 112.94 mg/L y un valor máximo de 427.25 mg/L. El cuerpo de agua en el punto 1 llegó a concentraciones

de 182,92 mg/L en el mes de mayo, a inicios de julio presentó un valor de 150,61 mg/L y 166,94 mg/L a finales del mismo mes. Con respecto al punto 2 se ostentó valores de 292,29 mg/L para el mes de mayo, a inicios de julio arrojó un resultado de 350,67 mg/L y de 427,25 mg/L a finales del mismo mes, siendo este valor el más alto en cuanto a dureza total, manteniéndose dentro de los límites máximos permisibles estipulados en el libro VI del TULSMA el cual es de 500 mg/L para agua de consumo humano y regadío según (Sánchez et al., 2016). El autor Admin (2017), menciona que la Dureza total en el agua es importante porque nos indica la probabilidad de que se provoquen precipitaciones por la interacción de algunos nutrientes. Según los resultados obtenidos se dedujo que el río Pumacunchi pertenece a lo que son aguas duras ya que su rango indica que deben ser mayores a 180 mg/L, mientras que Solís et al. (2017), manifiesta que las aguas duras pueden generar incrustaciones en los sistemas de distribución, no obstante, algunos consumidores pueden tolerar durezas mayores a 500 mg/L.

Tabla 20

Valores de Dureza total en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	182,92	150,62	166,94
Punto 2	292,29	350,67	427,25

11.3.6. Alcalinidad.

Según las tablas 15 y 21 en un periodo trimestral en cuanto a la alcalinidad se obtuvo una media de 282.18 mg/L, su mediana de 247.0 mg/L siendo valores con una leve similitud, es decir, tiene una distribución ligeramente asimétrica, presenta una desviación estándar de 0.16 mg/L y un valor máximo de 480.61mg/L. En el mes de mayo en el punto 1 se obtuvo un valor de 157,32 mg/L, a partir del mes de julio en sus inicios se determinó un valor de 163,21 mg/L y a finales del mes obtuvo un resultado de 183,35 mg/L. En cuanto al punto 2, ubicado en el mercado Mayorista en sus tres muestreos se puede visualizar un notable aumento en las concentraciones de alcalinidad en comparación al punto 1 esto puede deberse a diferentes factores como el exceso de fertilizantes que al filtrarse en el suelo llegan a los cuerpos de agua. En el mes de mayo obtuvo un valor de 310,65 mg/L, a mediados del mes de julio se determinó un valor de 397,96 mg/L y en su último muestreo se determinó un valor de 480,61 mg/L, siendo este el valor con mayor concentración,

superando el valor indicado de 50 mg/L considerado apto para consumo humano según lo estipula la World Health Organization (2011) y para uso de riego supera los 400 mg/L señalado por los autores Valles et al. (2017), evidenciando que el agua del río Pumacunchi no es apto para su uso. Los autores Sánchez et al. (2019), señalan que la alcalinidad permite determinar la calidad del agua, ya que al utilizar aguas con alcalinidad por encima de los 100 mg/L, el pH va hacer alto provocando que el agua de riego tenga poca disponibilidad de ciertos nutrientes para los sembríos, en cuanto a agua para consumo humano influye en cómo se debe tratar en el proceso de tratamientos de agua ya que si supera los 50 mg/L no es apta.

Tabla 21

Valores de alcalinidad en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	157,32	163,21	183,35
Punto 2	310,65	397,96	480,61

11.3.7. Turbidez

Se determinó que la turbidez tiene una media de 138.22 NTU, una mediana de 45.10 NTU con valores diferentes, es decir que tiene una dispersión asimétrica, tiene una desviación estándar de 160.03 NTU. En el punto 1 ubicado en Saquisilí para el mes de mayo se identificó un valor de 378 NTU siendo el más representativo, a inicios del mes de julio se obtuvo un valor de 44,9 NTU y a finales del mes de julio arrojó un resultado de 25,3 NTU. Con respecto al punto 2 en el mes de mayo se determinó un valor de 307 NTU, en cuanto a inicios de julio se obtuvo un valor de 45,3 NTU y a finales del mes se obtuvo un valor de 28,8 NTU, siendo el mes de mayo el que indica mayor concentración de turbidez demostrando que no es apta para consumo humano ya que supera los 100 NTU según el Anexo 1, Libro VI del TULMA. Indicando que existe material en suspensión o coloidales en estas dos muestras como puede ser arcillas, limos, plancton, material orgánico, partículas de sílice entre otros (Angel, 2010) (Tabla 15 y 22). Según la World Health Organization (2011), la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en ningún caso las 5 NTU, y estará idealmente por debajo de 1 NTU. Baños (2018), indica que un agua turbia no solamente tiene un impacto estético negativo para el consumidor, también es un indicativo de una mayor probabilidad de contaminación microbiológica y por compuestos tóxicos, que se adhieren a la

materia dispersa en el agua; y, consecuentemente, indica una mayor dificultad para la desinfección efectiva del agua. Debido a la presencia de partículas suspendidas el agua pierde su transparencia, es decir mientras más sucia parezca el agua, más alta es su turbidez, incluso hay diferentes factores que influyen en este como sedimentos procedentes de la erosión, descargas de efluentes, crecimiento de las algas y escorrentía urbana.

Tabla 22

Valores de turbidez en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	378	44,9	25,3
Punto 2	307	45,3	28,8

11.3.8. DBO y DQO

En las tablas 15 y 23 señalan los valores de Demanda Bioquímica de la Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) obtenidos de los dos puntos de muestreo en la zona media y baja de la microcuenca del río Pumacunchi. Se evidencio para la DBO una media de 8.19 mg/L y una mediana de 5.15 mg/L, es decir tiene una dispersión considerablemente asimétrica. En el punto 1 para el mes de mayo se evidenció un valor de 15.36 mg/L siendo el valor más representativo, a inicios del mes de julio se presentó una disminución considerable de concentración de DBO con un valor de 3.02 mg/L, mientras que a finales del mismo mes indicó un valor de 2.07 mg/L. Por otro lado, en el punto 2 de la microcuenca se determinó un valor de 18.5 mg/L en el mes de mayo siendo el punto 2 el más contaminado en comparación con el punto 1. A inicios del mes de julio se presentó un valor de 4.66 mg/L indicando una disminución en su concentración, sin embargo, a finales del mismo mes se evidenció un pequeño incremento con un valor de 5.64 mg/L. Determinándose que en los dos puntos se superando los límites máximos permisibles para agua de consumo humano que es de < 2 establecidos por el Anexo 1, Libro VI del TULSMA, pero se encuentra bajo el rango de 100 mg/L según la tabla 5 de descarga en un cuerpo de agua dulce.

Tabla 23

Valores de DBO en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1.	15,36	3,02	2,07
Punto 2.	18,4	4,66	5,64

Por otro lado, en la tabla 15 y 24 para la DQO se determinó una media de 35.17 mg/L y una mediana de 22 mg/L con valores diferentes, es decir que tiene una distribución asimétrica. Además, se determinó un valor de 67.0 mg/L en el mes de mayo siendo el más representativo del punto 1, mientras que a inicios del mes de julio se evidenció una disminución con un valor de 11.0 mg/L, al igual que a finales del mismo mes indicando un valor de 9.0 mg/L. Para el punto 2 de la microcuenca se evidenció un valor de 80.0 mg/L, a inicios del mes de julio se estipuló un valor de 20,0 mg/L evidenciando una disminución en su concentración, mientras que a finales del mismo mes se presentó un pequeño incremento con un valor de 24.0 mg/L indicando que el mes de mayor concentración fue en mayo teniendo agua de mala calidad, que supera el rango establecido por el Anexo 1, Libro VI del TULSMA, en calidad de agua para consumo humano de <4, por el contrario, cumple con el rango de 200 mg/L como lo establece descargas en un cuerpo de agua dulce. Ambos parámetros tienen muchas similitudes, tanto DQO como DBO, miden los contaminantes en el agua. Según AQUANOVA (2020), la DQO nos expresa la cantidad de contaminantes que están presentes en el agua y que pueden ser oxidados. Sin embargo, la DBO nos indica los contaminantes, pero no todos los que pueden ser oxidados sino tan sólo los que pueden ser biodegradados.

Tabla 24

Valores de DQO en el punto 1 y 2 de la MCR.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1	67,00	11,00	9,00
Punto 2	80,00	20,00	24,00

11.3.9. Coliformes totales

Se determinó que las coliformes fecales cuentan con una media de 138166,66 NMP/100ml, una mediana de 92000 NMP/100 ml, indicándonos que tiene una distribución asimétrica (Tabla 15 y

25). En cuanto a la desviación estándar se evidenció un valor de 131842,9621 NMP/100ml. El cuerpo de agua llega a concentraciones de $3,10E+04$ en el mes de mayo para el punto 1, a inicios de julio presentó un valor de $5,40E+04$ y $2,40E+04$ a finales del mismo mes. En cuanto al punto 2 presentó concentraciones de $2,40E+05$, a inicios de julio se verificó un valor de $1,30E+05$ y $3,50E+05$ a finales del mes. Demostrando que el cauce del río no es apto para consumo humano ni uso agrícola presentado altos niveles de contaminación según lo establece el Anexo 1, Libro VI del TULSMA con un rango de 0 a 1000 NMP/100ml. Según Fuentes et al. (2007), indica que el agua potable o de consumo humano no debe contener coliformes fecales ya que su presencia indica contaminación fecal de origen humano o animal. Se consideran rangos bajos (0 - 5 NMP/100 mL), medianos (6 – 20 NMP/mL) y altos (> 20) de microorganismos, clasificando el agua como de buena, deficiente y muy deficiente calidad. El río Pumacunchi presenta un nivel alto de coliformes fecales, indicando la presencia de bacterias que causan enfermedades en el agua, esta puede estar contaminada con desechos en descomposición u aguas negras.

Tabla 25

Valores en determinación Coliformes totales.

Lugar	17 de mayo	05 de julio	19 de julio
Punto 1.	$3,10E+04$	$5,40E+04$	$2,40E+04$
Punto 2.	$2,40E+05$	$1,30E+05$	$3,50E+05$

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

12.1. Impacto Social

Los resultados obtenidos han generado un impacto positivo ya que a través de la investigación se determinó la calidad del agua en el río Pumacunchi, la cual ratificar que el río está contaminado y de esta manera generar un conocimiento en la ciudadanía y sobre todo de los moradores que habitan en zonas aledañas del río que hacen uso de dicho afluente para los sistemas de riego e incluso para consumo humano ya que de alguna forma depende del río para su supervivencia, sin embargo tiene su lado negativo ya que las autoridades competentes conocen la contaminación del cuerpo de agua y a pesar de ello no se ha evidenciado un monitoreo permanente y continuo de los planes de

descontaminación, no toman las medidas pertinentes para tratar de disminuir y controlar la contaminación en el río Pumacunchi.

12.2. Impacto Ambientales

La microcuenca del río Pumacunchi está clasificado como un río de mala calidad, a su vez sus aguas son portadoras de metales pesados que son absorbidos por las plantas, entrando en la cadena alimenticia afectando en la salud a causa de la toxicidad producida por sustancias presentes en el agua. A su vez, generando un impacto en los ecosistemas acuáticos ya que no pueden desarrollarse apropiadamente por las altas variaciones, generando anomalías en el crecimiento de la vegetación de la zona y reduciendo la disponibilidad de recursos hídricos.

13. PRESUPUESTO

Tabla 26

Presupuesto para la elaboración del proyecto.

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR/UNIDAD (USD)	TOTAL (USD)
DE OFICINA	Libretas	1	1,00	1,00
	Marcador	1	0,80	0,80
	pH	6	4,92	33,06
	Conductividad	6	5,22	35,08
	Arsénico	6	14,9	100,13
	Hierro	6	20,16	135,48
	Dureza Total	6	6,98	46,91
	Alcalinidad Total	6	6,7	45,02
LABORATORIO	Turbidez	6	5,32	35,75
	Demanda Bioquímica de Oxígeno	6	16,99	114,17
	Demanda Química de Oxígeno	6	15,15	101,81
	Coliformes fecales	6	16,09	108,12
	Gasolina	3	20	60
	Ziploc	1	2,7	2,7
	Recipientes	3	1,2	3,6
	OTROS	Comida	3	7,5
Impresiones		90	0,1	9
Anillados		3	20,00	60
Empastados		1	15,00	15
SUBTOTAL				915,13

10% DE IMPREVISTOS	91,51
TOTAL	1006,64

14. CONCLUSIONES

- Según la comparación realizada con la legislación ecuatoriana (TULSMA, INEN 1108) y normas internacionales (OMS), en cuanto a calidad de agua de regadío y consumo humano, dentro de los 10 parámetros establecidos, se evidenció que el pH con una media de 8.11 UpH y la dureza total con una media de 261.78 mg/L se encuentran dentro de los LMP establecidos, siendo los únicos parámetros que no sobrepasan los rangos determinados en el TUSLMA, INEN 1108 y la OMS. Mientras que, la conductividad con una media de 694.50 uS/cm excede el LMP en el criterio de agua de consumo humano establecido por la OMS, pero si cumple con el LMP para agua de regadío según el TULSMA. En cuanto a metales pesados el arsénico con una media de 0.262 mg/ L y 5.36 mg/L para el hierro, sobrepasan los límites permisibles tanto para agua de consumo humano y regadío estipulados en la legislación ecuatoriana y en la OMS. Por otra parte, la DBO y DQO no cumplen con el LMP según el TULSMA, sin embargo, si cumple con el límite para el criterio de agua de regadío, así mismo el parámetro de coliformes fecales no cumple con el LMP establecido. La turbidez tuvo una media de 138.22 NTU superando el LMP en agua de consumo humano, mientras que en agua de regadío no se evidencio un LMP, pero sí características que determinan que no es apta; demostrando que el agua no está en condiciones de ser usada ya que presenta contaminación físico química y microbiológica.
- La calidad de agua del río Pumacunchi de acuerdo a los resultados obtenidos con relación al índice canadiense, en el punto 1 ubicado en Saquisilí obtuvo un valor final de 21,720, y en el punto 2 ubicado en el mercado Mayorista presentó un resultado de 17,151 entrando en la categoría de “Mala”, es decir la calidad del agua está casi siempre amenazada o dañada. Las condiciones usualmente se apartan de los niveles naturales o deseados, siendo no apta para consumo humano, mientras que para agua de uso agrícola se determinó los siguientes resultados, un valor de 45,352 en el punto 1, incorporándose a la categoría regular y se estableció un valor de 34,895 en el punto 2, conforme el río va descendiendo mayor son las fuentes de contaminación, siendo este el más representativo y teniendo una contaminación más agresiva al final del cauce, a pesar de que los resultados disminuyeron

sigue siendo agua de “Mala” calidad, por lo tanto tampoco es apta para regadío. Sin embargo, estos valores críticos son bastantes significativos, debido al desarrollo de actividades antrópicas como la descarga de aguas residuales sin previo tratamiento, el pastoreo de animales etc., que se realizan a su alrededor afectando y alterando la calidad del agua.

- El análisis de la calidad de agua mediante el índice ICOMI, demostró que el punto 1 ubicado en Saquisilí, obtuvo un promedio de 0.83, a su vez en el punto 2 ubicado en el mercado Mayorista se estableció una mediana de 1, siendo el más representativo y existiendo una contaminación superior, esto puede corresponder a actividades comerciales ya que se encuentra cerca del mercado, quien genera contaminación de desechos sólidos, teniendo una descarga directa al río. En relación a los dos puntos se obtuvo un valor promedio de 0.93 siendo un agua de mala calidad.

15. RECOMENDACIONES

- Es recomendable realizar un muestreo de calidad de agua en un periodo más extenso para tener mayor cantidad de datos, esto ayudaría a tener una noción puntual del grado de contaminación del río, ya que, al realizar la toma de datos en un periodo corto, se evidencia que los datos no varían, por ende, su contaminación es la misma, por el contrario, al realizar en un periodo largo o en épocas lluviosas puede aumentar su nivel de contaminación. Cuanto más actualizada y completa sea la información, mayor será el conocimiento de la situación actual y las autoridades competentes como el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE), tomarán las medidas pertinentes para tratar de disminuir y controlar la contaminación en el río Pumacunchi.
- Implementar plantas de tratamiento de agua residual (PTAR), en puntos estratégicos para asegurar de una forma u otra la calidad del agua y de esta manera evitar afecciones aguas abajo. Así también, realizar una mejora en la educación ambiental y el manejo de residuos sólidos. Siendo indispensable realizar esta actividad para ayudar en la conservación de ecosistemas, mantener la biodiversidad y contar con un hábitat seguro para la población.
- Fomentar la participación de la comunidad en actividades de preservación y conservación del recurso hídrico, ya que la población cerca de la zona de estudio carece de información y desconoce las maneras de mantener un uso adecuado del agua y no conocen el grado de

impacto que están teniendo sus acciones, afectando la calidad de este recurso por lo que es necesario aplicar medidas para mitigar los efectos negativos que pueden ocurrir en el futuro.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Villegas, D., Rueda, T., & Changoluisa, J. (2022). TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA DE ENTEROBACTERIAS EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES EN LA PARROQUIA DE TOACASO. *Revista Recursos Naturales Producción y Sostenibilidad Vol. 1, No 1*, 35-49. Obtenido de <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/agrociencia/article/view/399/398>
- Admi, A. (10 de Agosto de 2022). *¿Qué es el pH del agua?* Obtenido de PureWater SAS.: <https://purewater.com.co/que-es-el-ph-del-agua/>
- Admin. (15 de Noviembre de 2017). *La dureza del agua (Calidad del agua)*. Obtenido de AGROPRODUCTORES: <https://agroproductores.com/dureza-del-agua/>
- Afanador, J. G., Gaitan, M. S., & Duque, M. E. (28 de Septiembre de 2007). *pH EN AGUA POR ELECTROMETRIA*. Obtenido de Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/pH+en+agua+por+Electrometr%C3%ADa.pdf/ec53b64e-91eb-44c1-befe-41fcfccdff1#:~:text=El%20principio%20b%C3%A1sico%20de%20la,referencia%2C%20%20un%20electrodo%20combinado>
- Álvarez, I. (2019). El Convenio de Albufeira: un análisis con motivo del vigésimo aniversario de su adopción. *REVISTA CATALANA DE DRET AMBIENTAL Vol. X Núm. 2*, 1-38. Obtenido de <https://revistes.urv.cat/index.php/rcda/article/view/2538/2666>
- Alvarez, J. A., Pérez, P., Alatorre, L. C., Ramírez, O., Segovia, E. F., & Alarcón, J. J. (2019). Análisis multiespectral para la estimación de la turbidez como indicador de la calidad del agua en embalses del estado de Chihuahua, México. *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, núm. 62, pp. 49-77. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4517/451755940002/html/>

- Amparán, A. C. (Octubre de 2007). *Modificación con hierro de carbón activado para remover As en agua*. Obtenido de <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/353/1/Tesis%20Ana%20Cynthia%20Ampar%C3%A1n%20Ochoa.pdf>
- Angel, L. M. (Mayo de 2010). *CARACTERIZACIÓN DE AGUAS UTILIZADAS EN LA COSECHA Y POSTCOSECHA DE AGUACATE EN FINCAS SELECCIONADAS EN EL MUNICIPIO DE ALVARADO DEPARTAMENTO DEL TOLIMA*. Obtenido de PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA : <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8827/tesis773.pdf?sequence=1>
- AQUANOVA. (07 de Abril de 2020). *¿QUÉ ES LA DBO Y DQO?* Obtenido de AQUANOVA Tratamiento Integral de Aguas y Análisis Químicos: <https://aquanova.es/que-es-el-dbo-y-dqo/>
- Baldedón, J. E. (30 de Julio de 2018). *CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO A TRAVÉS DE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA PARROQUIA SAN ANDRÉS, CHIMBORAZO, PARA UNA GESTIÓN SANITARIA EFICIENTE*. Obtenido de UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3166/1/jose%20blade%C3%B3n%20Ocajo%20TESIS%20AGUA%20POTABLE%20SAN%20ANDRES.pdf>
- Balmaseda, C., & Yoandris, G. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias ISSN -1010-2760, RNPS-0111, Vol. 23, No. 3, 6*. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v23n3/rcta02314.pdf>
- Baños, A. (24 de Diciembre de 2018). *¿Que nos dice la turbidez sobre la calidad del agua potable?* Obtenido de Higiene Ambiental: <https://higieneambiental.com/aire-agua-y-legionella/que-nos-dice-la-turbidez-sobre-la-calidad-del-agua-potable>
- Baquerizo, M., Martha, M., & Solis, M. (2019). Contaminación de los ríos: caso río Guayas y sus afluentes. *Manglar Revista de Investigación Científica*, 63-70. Obtenido de <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/118/177>

- Barahona, L. O. (2013). Identificación de los focos de contaminación para la determinación de los principales contaminantes en el Río Pumacunchi, en el tramo que pertenece a las coordenadas, desde: 17, 756997 e y 9913926 n cota 3089 msnm, hasta: 17, 762590 e y 9906512 n cota 288. *Tesis de Grado Previo a la obtención del Título de Ingeniero en Medo Ambiente*. Cotopaxi, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2738>
- Bautista, J. L. (2016). *Evaluación y tratamiento del agua proveniente del canal de regadío del distrito de Cerro Colorado, para su uso en Piscinas*. Obtenido de UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN AREQUIPA, FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y FORMALES, ESCUELA PROFESIONAL DE QUIMICA: <http://190.119.145.154/handle/UNSA/3271>
- Blanco, E., De la Parra, A. C., García, C., & Villarreal, E. (2020). Análisis físico-químico y fitoplanctónico de la ciénaga Puerto Caimán, vertiente Caribe, Colombia. *Artículo de investigación científica y tecnológica*, 114-125. Obtenido de <https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/3650/3257>
- Canadian Council of Ministers of the Environment. (2017). *Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Aquatic Life*. Obtenido de CCME WATER QUALITY INDEX USER'S MANUAL 2017 UPDATE: <https://ccme.ca/en/res/wqimanualen.pdf>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y Tendencias a Nivel Global. *INGENIERÍA SOLIDARIA vol. 10, n.º 17*, 111-124. Obtenido de <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/view/811>
- Changoluisa, B. A., & Quishpe, A. S. (Febrero de 2020). “*DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR MEDIO DE BIOINDICADORES EN EL RÍO PUMACUNCHI PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020.*”. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI : <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6782/1/PC-000926.pdf>
- Chavarro, A. G., & Gélvez, E. J. (2016). Caracterización de la calidad de las aguas de la quebrada Fucha utilizando los índices de contaminación ICO con respecto a la precipitación y usos

del suelo. *Revista Mutis*, 19-31. Obtenido de <https://revistas.utadeo.edu.co/index.php/mutis/article/download/1148/1191/3108>

Clemente, J. P. (06 de Junio de 2008). Aplicación de procesos de oxidación avanzada (Fotocatálisis solar) para el tratamiento y reutilización de efluentes textiles. Universitat Politècnica de València. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/2241/tesisUPV2816.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (25 de Enero de 2021). *CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Ecuador : LEXIS FINDER. Obtenido de https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf

El Oriente . (14 de Septiembre de 2021). *Los ríos de Ecuador están contaminados con coliformes*. Obtenido de <https://www.eloriente.com/articulo/los-rios-de-ecuador-estan-contaminados-con-coliformes/18413>

ENCA. (Septiembre de 2016). *ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf

Escobar, J. (Diciembre de 2022). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. Obtenido de SERIE recursos naturales e infraestructura: <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Espinosa, C., & García, Y. (2014). Índice canadiense de calidad de las aguas para la cuenca del río Naranjo, provincia Las Tunas, Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias vol. 23, núm. 3*, 11-16. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/932/93231384002.pdf>

Fernández, M. T. (2017). Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrífugas. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 70-73. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223154251011>

- Fuccz-Gamboa, J., Gómez-Moreno, R., Cárdenas-Guzmán, M., & Campos-Pinilla, C. (2007). Comportamiento de coliformes fecales como indicadores bacterianos de contaminación fecal en diferentes mezclas de biosólido y estériles utilizados para la restauración ecológica de la cantera soratama, Bogotá. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 111-120. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49912210>
- Fuentes, A., Campas, O., Aguilar, G., & Meza, M. (2007). CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE TRES COMUNIDADES RURALES DEL SUR DE SONORA (MÉXICO). *Revista de Salud Pública y Nutrición*, Volumen 8 No.3. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2007/spn073f.pdf>
- GADMC SAQUISILI. (2019). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN PARTICIPATIVO INTERCULTURAL DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN SAQUISILÍ*. Obtenido de PDYOT GADMI CANTON SAQUISILI: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560000700001_PDYOT%20GADMI%20CANTON%20SAQUISILI_17ABR2015_19-04-2015_22-03-57.pdf
- Garay, S. I. (2018). LA APLICACIÓN DE LAS NORMAS AMBIENTALES Y LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO CUTUCHI EN LA CIUDAD DE LATACUNGA, EN EL PERIODO ENERO 2015 A OCTUBRE 2016. Ambato, Ecuador . Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28220/1/FJCS-DE-1073.pdf>
- García, C. (07 de Noviembre de 2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *Para interpretar correctamente los análisis de agua es imprescindible conocer bien y entender cuáles son sus parámetros fisicoquímicos. Así mismo, es esencial saber de qué manera pueden variar en el contexto de las explotaciones ganaderas.*, 4. Obtenido de https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga. (2010). *Plan de Ordenamiento Territorial*. Obtenido de POT de Latacunga: <https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/noticias/2021WEB/Tanicuhiweb/d/c/ANEXOS/SOCIAL/PDOTs/Cant%C3%B3n%20Latacunga/2%20Plan%20de%20Ordenamiento%20Territorial.pdf>

- Gonzales, M. A. (2015). *ESTANDARIZACION DE LAS METODOLOGÍAS PARA EL ANÁLISIS DE PH, ALCALINIDAD Y TURBIDEZ EN MUESTRAS DE AGUA POTABLE EN EL LABORATORIO DE LA ASOCIACIÓN MUNICIPAL DE ACUEDUCTOS COMUNITARIOS DE DOSQUEBRADAS (AMAC)*. Obtenido de UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA: <https://core.ac.uk/download/pdf/71398369.pdf>
- Guadarrama , R., Kindo , J., Roldan , G., & Salas , M. (2017). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Vol.2 No.5*, 1-10. Obtenido de https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales/vol2num5/Revista_de_Ciencias_Ambientales_y_Recursos_Naturales_V2_N5_1.pdf
- Gualdrón, L. E. (2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. *Revista Dinámica Ambiental* , 83-102. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>
- Guillermo, A., & Gálvez, E. J. (2016). Caracterización de la calidad de las aguas de la quebrada Fucha utilizando los índices de contaminación ICO con respecto a la precipitación y usos del suelo. *Revista Mutis* , Vol. 6, Número 2.
- Gutierrez, C. L. (2010). *La Contaminación del Río Cutuchi* . Obtenido de Universidad Técnica Particular de Loja : <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20Carlos%20Gutierrez%20A1.pdf>
- Herrera, T. A., Leal, L. O., Miranda, S., Benavides, A., & Domínguez, M. (2013). *Arsénico en Agua Presencia, cuantificación analítica y mitigación*. Obtenido de Centro de Investigación en Materiales Avanzados : <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>
- Hidalgo, C. E., & Osorio, E. A. (Junio de 2013). *Evaluación y determinación de la capacidad de secuestrante de los metales pesados Cromo (Cr) y Cadmio (Cd) por taxas de mohos aisladas de los alrededores de los ríos Cutuchi y Machangara* . Obtenido de

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6006/1/UPS-QT03736.pdf>

IDEAM. (21 de Octubre de 2020). *INSTRUCTIVO DE ENSAYO. DETERMINACIÓN DE ALCALINIDAD EN AGUA MÉTODO 2320-B*. Obtenido de <http://sgi.ideam.gov.co/documents/412030/35488871/M-S-LC-I029+INSTRUCTIVO+DE+ENSAYO+DETERMINACI%C3%93N+DE+ALCALINIDAD+EN+AGUA+M%C3%89TODO+2320-B+v4.pdf/d35e3152-7ca9-4054-a162-d615d377da55?version=1.0>

Illanes, S. B. (2016). *“DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA DEL CANAL LATA CUNGA-SALCEDO-AMBATO EN EL SECTOR SANTA LUCIA, PERIODO 2014”*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI: <https://core.ac.uk/download/pdf/287338501.pdf>

LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA. (05 de Agosto de 2014). *LEY ORGANICA DE RECURSOS HIDRICOS USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. Obtenido de Ley 0 Registro, Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014, Estado: Vigente: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

Loné, P. P. (28 de Septiembre de 2016). *Indicadores de calidad del agua*. Obtenido de Connecting Waterpeople : <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>

Lorenzo, M., Reyes, A., Blanco, I., & Vasallo, M. d. (2010). Determinación de Ca, Cu, Fe y Pb por espectrofotometría de absorción atómica en aguardientes de caña. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 3-6. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120684001>

Márquez, G., Fernández, Z., Del Toro, R., & Goehler. (2005). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN LOS SEDIMENTOS DE LOS RÍOS. *Revista Cubana de Química*, 59-67. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543687019>

Mas, S., Casares, P., Giménez, N., De Montes, C., Gonfa, A., & Girones, R. (2005). Efectos sobre la salud de la contaminación de agua y alimentos por virus emergentes humanos. *Revista*

Española de Salud Pública, 253-269. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17079214>

Mayarí, R., Espinosa, M. d., Suárez, M., & Petit, R. (2005). Material de Referencia para la Determinación de la. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, Vol. 36. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181620511014>

Maytaa, R., & Maytab, J. (2017). REMOCIÓN DE CROMO Y DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRE POR ELECTROCOAGULACIÓN. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 331-340. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=371953709008>

Ministerio del Ambiente . (04 de Noviembre de 2015). Registro Oficial . Ecuador : LEXIS . Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Ministerio del Ambiente. (04 de Mayo de 2015). *REGISTRO OFICIAL ÓRGANO DEL GOBIERNO DEL ECUADOR* . Obtenido de ACUERDO NO. 061 REFORMA DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155124.pdf>

Nivelo, S., & Ochoa, V. (Enero de 2015). *Monitoreo de la calidad del agua en San Cristóbal, Galápagos*. Obtenido de UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/4696/1/112458.pdf>

NTE INEN 1108. (Marzo de 2020). *AGUA PARA CONSUMO HUMANO. REQUISITOS*. Obtenido de INEN Servicio Ecuatoriano de Normalización : <https://studylib.net/doc/25540804/agua-potable-n-inen-1108-6-marzo-2020>

Ortega, E. P. (2014). “*DISEÑO DE UN MAPA GEORREFERENCIADO Y UBICACIÓN DE LOS EFLUENTES, PARA CARACTERIZAR EL RÍO PUMACUNCHI, EN EL TRAMO QUE ATRAVIESA LA PARROQUIA ELOY ALFARO CANTÓN LATACUNGA PERÍODO 2013*”. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI: <http://repositorio.utc.edu.ec/jspui/bitstream/27000/2735/1/T-UTC-00272.pdf>

- Pacheco, G. A., & Toapanta, M. A. (Julio de 2015). DISEÑO DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO BIOINDICADORES DEL RÍO CUNUYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2014 – 2015. *TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERAS EN MEDIO AMBIENTE*. Latacunga .
Obtenido de file:///C:/Users/PC/Downloads/T-UTC-00217.pdf
- Pérez , P., & Quishpi , A. (2016). Análisis de la calidad de agua de los ríos Nagsiche y Pumacunchi, pertenecientes a al subcuenca del río Patate, de la Povincia de Cotopaxi. *Universidad Nacional de Chimborazo*. Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/2853/1/UNACH-ING-AMB-2016-0008.pdf>
- Pérez, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 3-14. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003#B11
- Piedrahita, J. E. (03 de Septiembre de 2018). *ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA) E ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA (ICOS) EN QUEBRADA VILLA UBICADA EN EL BAGRE, ANTIOQUIA*. Obtenido de UNIVERSIDAD SANTO TOMAS: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/18335/2018PiedrahitaJuan.pdf?sequence=1>
- Polo, C., & Sulca, L. (2019). METALES PESADOS: FUENTES Y SU TOXICIDAD SOBRE LA SALUD HUMANA. *Ciencias Revista de la Facultad de Ciencias* , 20-36. Obtenido de <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cs/article/view/842/912>
- Pozas, J. G. (Septiembre de 2018). *Unidad de Aprendizaje: Contaminación Ambiental*. Obtenido de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/103463/secme-8622_1.pdf?sequence=1
- Quevedo, O., Luna, B., Carballeira, E., & Rodríguez, A. C. (2003). Determinación de As (III) y As (V) en aguas naturales por generación de hidruro con detección por espectrometría de

- absorción atómica. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 133-147. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181626024004>
- Raffo Lecca, E., & Ruiz Lizama, E. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Revista de la Facultad de Ingeniería Industrial*, 71-80. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81640855010>
- Ramos, K., Jiménez, Y., & Linares, C. (2015). Síntesis y caracterización de óxidos: MgAl, MgFe, FeAl y MgFeAl para la degradación de fenol con foto-fenton solar. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 315-325. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522015000200018&lang=es
- Rojas, C. Y. (Septiembre de 2020). EVALUACIÓN DE LAS TENDENCIAS DE LA CONTAMINACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO DE LA PARTE ALTA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CUTUCHI, EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2019-2020. *Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en Medio Ambiente*. Latacunga, Ecuador. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Documents/UTC/TESIS/DOCUMENTOS%20TESIS/ing.%20mercy%20ilbay...%20canadience.pdf>
- RSA-CONICET. (31 de Julio de 2018). *ARSÉNICO EN AGUA*. Obtenido de Red de Seguridad Alimentaria Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas: <https://rsa.conicet.gov.ar/wp-content/uploads/2018/08/Informe-Arsenico-en-agua-RSA.pdf>
- Samboni, N., Escobar, Y., & Escobar, J. (2007). Revision de parametros fisicoquimicos como indicadores de calidad y contaminacion del agua. *REVISTA INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 27 No.3*, 172-181. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-56092007000300019&lng=en&tlng=es
- Sánchez, A. A. (29 de Julio de 2019). *Contaminación de lagos y ríos: causas, consecuencias y cómo evitarla*. Obtenido de EcologíaVerde:

<https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-de-lagos-y-rios-causas-consecuencias-y-como-evitarla-1936.html>

Sánchez, E., Ford, T., & Berghage, R. (07 de Febrero de 2019). *Calidad del Agua de Riego Para Túneles Altos*. Obtenido de Penn State Extension : <https://extension.psu.edu/calidad-del-agua-de-riego-para-tuneles-altos#:~:text=El%20rango%20%C3%B3ptimo%20es%20de,agua%20para%20neutralizar%20el%20%C3%A1cido>.

Sánchez, J. A., Álvarez, T., Pacheco, J. G., Carrillo, L., & Amílcar, R. (2016). Calidad del agua subterránea: acuífero sur de Quintana Roo, México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 75-95. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=353549828005>

Sigler, A., & Bauder, J. (15 de Noviembre de 2012). *Hierro o Fierro Total* . Obtenido de Universidad Estatal de Montana Programa de Extención en Calidad del Agua Departamento de Recursos de la Tierra y Ciencias Ambientales: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Iron%202012-11-15-SP.pdf

Solís, Y., Zúñiga, L., & Mora, D. (2017). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Tecnología en Marcha* , 35-46. Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-35.pdf>

Swistock, B. (17 de Agosto de 2021). *Interpretación de los análisis del agua de riego*. Obtenido de Penn State Extension: <https://extension.psu.edu/interpretacion-de-los-analisis-del-agua-de-riego>

Torres, P., Hernán, C., & Janeth, P. (2009). Revista Ingenierías Universidad de Medellín. *ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA*, 79-94. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v8n15s1/v8n15s1a09.pdf>

Universidad Nacional De La Plata. (04 de Septiembre de 2017). *Avance científico para remover el arsénico del agua*. Obtenido de https://unlp.edu.ar/investigacion/agua_arsenio_investigacion_de_ingenieria_mayo_2011-3744-8744/

- Valles, M., Ojeda, D., Guerrero, V., Prieto, J., & Sánchez, E. (2017). CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO EN UNA ZONA NOGALERA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 85-97. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v33n1/0188-4999-rica-33-01-00085.pdf>
- Villanueva, M. Á., & Avila, J. D. (2019). *ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA (TURBIEDAD Y COLOR) DE UN SISTEMA DE FILTRACIÓN DE FLUJO ASCENDENTE CONSTRUIDO CON MATERIALES GRANULARES PARA BAJANTES DE AGUA LLUVIA*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24923/1/AN%C3%81LISIS%20DE%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%20DE%20UN%20SISTEMA%20DE%20FILTRACI%C3%93N%20DE%20FLUJO%20ASCENDENTE%20PARA%20BAJANTES%20DE%20AGU.pdf>
- World Health Organization. (2011). Guías para la calidad del agua de consumo humano. *CUARTA EDICIÓN QUE INCORPORA LA PRIMERA ADENDA*. Ginebra. doi:<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>
- Zarza, L. (2022). *¿Qué es la contaminación del agua?* Obtenido de Connecting Waterpeople: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>

17. ANEXOS

Anexo 1. *Materiales obtenidos del laboratorio.*



Anexo 2. *Toma de muestras P1 (Saquisilí).*



Anexo 3. *Toma de muestras P2 (mercado Mayorista).* **Anexo 4.** *Medición de pH en el P1-P2.*



Anexo 5. *Preservación de la muestra en el P1-P2.*



Anexo 6. *Homogenización de la muestra en el P1-P2.*



Anexo 7. Rotulación de muestras en el P1-P2.**Anexo 8. Entrega de muestras en el laboratorio.****Anexo 7. Cadena de custodia.**

CADENA DE CUSTODIA - LINEA TRAZADO									
INFORMACION GENERAL		MUESTRA		ANALISIS		OBSERVACIONES		FIRMAS	
FECHA	HORA	IDENTIFICACION	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ANALISIS	LABORATORIO	FECHA DE EMISIÓN	FECHA DE RECEPCIÓN	FECHA DE ENTREGA	FECHA DE DEVOLUCIÓN
2023/08/15	10:30	01	Agua	Químico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	11:00	02	Sedimento	Físico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	11:30	03	Agua	Químico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	12:00	04	Sedimento	Físico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	12:30	05	Agua	Químico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	13:00	06	Sedimento	Físico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	13:30	07	Agua	Químico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	14:00	08	Sedimento	Físico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	14:30	09	Agua	Químico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23
2023/08/15	15:00	10	Sedimento	Físico	INIA	15/08/23	15/08/23	15/08/23	15/08/23

Anexo 8. Invernaderos ubicados en Saquisilí.**Anexo 9. Pastoreo de animales en las orillas del río Pumacunchi, Saquisilí (P1).**

Anexo 10. Canal proveniente de los invernaderos y desemboca directamente en el río Pumacunchi ubicado en Saquisilí (P1).



Anexo 11. Brocolera ubicada a las orillas del río Pumacunchi, mercado Mayorista (P2).



Anexo 12. *Pastoreo de animales a las orillas del río Pumacunchi, mercado Mayorista.*



Anexo 13. *Unión de canal de agua que desemboca en el río Pumacunchi, mercado Mayorista (P2).*



Anexo 14. Análisis de calidad de agua para consumo humano mediante el índice CANADIENSE, ubicado en Saquisilí P1.

Parámetros	pH	Conductividad	Arsénico	Hierro total	Dureza total	Alcalinidad	Turbidez	DBO	DQO	Coliformes fecales
Unidad	UpH	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	NMP/100 ml
Límite estándar	6-9	250	0.1	1	500	50	100	<2	<4	1000
M1 17_MAYO	8.13	419	0.174	11.5	182.92	157.32	378	15.36 ⁽¹⁾	67	3.10E+04
M2 05_JULIO	8.24	452	0.13	3.3	150.62	163.21	44.9	3.02 ⁽¹⁾	11 ^(a)	5.40E+04
M3 19_JULIO	8.29	514	0.885	2.14	166.94	183.35	25.3	2.07 ⁽¹⁾	9 ^(a)	2.40E+04
F1		80.00		F2	70	F3	84.15	CCME-WQI		21.720
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables								MALA o POBRE		0-44

Anexo 15. Análisis de calidad de agua para consumo humano mediante el índice CANADIENSE, ubicado en el mercado Mayorista P2.

Parámetros	ph	Conductividad	Arsénico	Hierro total	Dureza total	Alcalinidad	Turbidez	DBO	DQO	Coliformes fecales
Unidad	UpH	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NTU	mg/L	mg/L	NMP/100 ml
Límite estándar	6-9	250	0.1	1	500	50	100	<2	<4	1000
M1 17_MAYO	8.12	725	0.189	10.6	292.29	310.65	307	18.40 ⁽¹⁾	80	240000
M2 05_JULIO	7.82	927	0.100	2.27	350.67	397.96	45.3	4.66 ^(a)	20	1.30E+05
M3 19_JULIO	8.08	1.130	0.093	2.35	427.25	480.61	28.8	5.64	24	3.50E+05
F1		80.00		F2	70.00	F3	96.38	CCME-WQI		17.151
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables								MALA o POBRE		0-44

Anexo 16. Análisis de calidad de agua para regadío mediante el índice CANADIENSE, ubicado en Saquisilí P1.

Parámetros	ph	Conductividad	Arsénico	Hierro total	Dureza total	DBO	DQO	Coliformes fecales
Unidad	UpH	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 ml
Límite estándar	6-9	250	0.1	1	500	<2	<4	1000
M1 17_MAYO	8.13	419	0.174	11.5	182.92	15.36 ⁽¹⁾	67	3.10E+04
M2 05_JULIO	8.24	452	0.13	3.3	150.62	3.02 ⁽¹⁾	11 ^(a)	5.40E+04
M3 19_JULIO	8.29	514	0.885	2.14	166.94	2.07 ⁽¹⁾	9 ^(a)	2.40E+04
F1	37.50	F2	25	F3	81.86	CCME-WQI		45.352
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables						REGULAR		0-44

Anexo 17. Análisis de calidad de agua para consumo humano mediante el índice CANADIENSE, ubicado en el mercado Mayorista P2.

Parámetros	ph	Conductividad	Arsénico	Hierro total	Dureza total	DBO	DQO	Coliformes fecales
Unidad	UpH	uS/cm	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	NMP/100 ml
Límite estándar	6-9	250	0.1	1	500	<2	<4	1000
M1 17_MAYO	8.12	725	0.189	10.6	292.29	18.40 ⁽¹⁾	80	240000
M2 05_JULIO	7.82	927	0.100	2.27	350.67	4.66 ^(a)	20	1.30E+05
M3 19_JULIO	8.08	1.130	0.093	2.35	427.25	5.64	24	3.50E+05
F1	50.00	F2	29.17	F3	96.77	CCME-WQI		34.895
La calidad del agua casi siempre presenta deterioro, las condiciones se alejan generalmente de los niveles deseables						MALA o POBRE		0-44

Anexo 18. Informe de resultados del P1, obtenido el 17 de mayo por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	17/05/2022	16H19	OT:	22-061
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	17/05/2022	a	22/05/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	31/05/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-205	Agua Natural	Río Pumancuchi P1	Guaytacama	17/05/2022	11H20	longitud -78,651127
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
El parámetro de DBO ₅ no cumple con la conservación requerida, la muestra presenta una burbuja de aire.						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22 -205

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,13
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	419,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	174,218
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	182,92
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	157,32
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	378,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	15,36 ⁽¹⁾
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	67
Coliformes fecales	PEMI02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	3,1E+04

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:⁽¹⁾ Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra"


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Anexo 19. Informe de resultados del hierro del P1 obtenido el 17 de mayo por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	POCO TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	300 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	11,50	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Acreditación N° SAE LEN 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

"Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

Anexo 20. Informe de resultados del P2, obtenido el 17 de mayo por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	17/05/2022	16H19	OT:	22-061
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	17/05/2022	a	22/05/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	31/05/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-206	Agua Natural	Río Pumancuchi P2	Calle Paraguay	17/05/2022	9H41	longitud -78,631600
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
El parámetro de DBO ₅ no cumple con la conservación requerida, la muestra presenta una burbuja de aire.						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

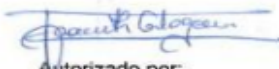

N°. 22 -206

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,12
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	725,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	189,354
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	292,29
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	310,65
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	307,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	18,40 ⁽¹⁾
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	80
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	2,4E+05

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

⁽¹⁾ Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra"


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Anexo 21. Informe de resultados del hierro del P1 obtenido el 17 de mayo por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	POCO TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	300 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME				
PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	10,60	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.



Acreditación N° SAE LEN 04-002, LABORATORIO DE ENSAYOS

"Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

Anexo 22. Informe de resultados del P1, obtenido el 05 de julio por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	05/07/2022	15H00	OT:	22-079
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	05/07/2022	a	11/07/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	18/07/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-266	Agua Natural	Río Pumacunchi P1	Guaytacama	05/07/2022	10H30	longitud -78,651127
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-266

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,24
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	452,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	130,416
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	150,62
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	163,21
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	44,90
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	3,02 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	11 ^(a)
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	5,4E+04

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



Anexo 23. Informe de resultados del hierro del P1 obtenido el 05 de julio por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	500 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	3,30	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.

Anexo 24. Informe de resultados del P2, obtenido el 05 de julio por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	05/07/2022	15H00	OT:	22-079
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	05/07/2022	a	11/07/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	18/07/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-267	Agua Natural	Río Pumacunchi P2	Calle Paraguay	05/07/2022	09H36	longitud -78,631600
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-267

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	7,82
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	927,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	100,694
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	350,67
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	397,96
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	45,30
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	4,66 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	20
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	1,3E+05

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



Anexo 25. Informe de resultados del hierro del P2 obtenido el 05 de julio por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA					
CARACTERÍSTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	500 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	2,27	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.

Anexo 26. Informe de resultados del P1, obtenido el 19 de julio por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	19/07/2022	14H29	OT:	22-086
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	19/07/2022	a	25/07/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	01/08/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-295	Agua Natural	Río Pumacunchi P1	Guaytacama	19/07/2022	10H30	NR
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
NA						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-295

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,29
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	514,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	885,340 ^(a)
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	166,94
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	183,35
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	25,30
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	2,07 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	g ^(a)
Coliformes fecales	PEMI02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	2,4E+04

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



Anexo 27. Informe de resultados del hierro del P1 obtenido el 19 de julio por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	500 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	2,14	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.

Anexo 28. Informe de resultados del P2, obtenido el 19 de julio por el laboratorio LANCAS.

MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	19/07/2022	14H29	OT:	22-086
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	19/07/2022	a	25/07/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	01/08/2022			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-22-296	Agua Natural	Río Pumacunchi P2	Mercado Mayorista	19/07/2022	09H50	NR
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
NA						

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-296

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,08
Conductividad	PE02	Standard Methods Ed 23, 2017. 2510 B	uS/cm	1130,0
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	93,533
Dureza Total	PE09	Standard Methods Ed 23, 2017. 2340 C	mg/L	427,25
Alcalinidad	PE11	Standard Methods Ed 23, 2017. 2320 B	mg/L	480,61
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	28,80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	5,64
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	24
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	3,5E+05

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

No reporta

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



Anexo 29. Informe de resultados del hierro del P2 obtenido el 19 de julio por el laboratorio SYSOSP.

CARACTERÍSTICA:	TURBIA	ESTADO:	LIQUIDO	CONTENIDO:	500 mL
OBSERVACIONES:	* Los resultados que constan en el presente informe se refieren a la muestra entregada por el cliente al OSP.				

INFORME

PARAMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	METODOS	INCERTIDUMBRE %
HIERRO TOTAL	mg/L	2,35	M-GO-AM-18/APHA 3111-B MODIFICADO/ ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	15,04

3: DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE Y DE SU RESPONSABILIDAD.

Anexo 30. *Criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico según el AM097-A.*

TABLA 1: CRITERIOS DE CALIDAD DE FUENTES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Arsénico	As	mg/l	0,1
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	1000
Bario	Ba	mg/l	1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro	CN	mg/l	0,1
Cobre	Cu	mg/l	2
Color	Color real	Unidades de Platino Cobalto	75
Cromo hexavalente	Cr^{+6}	mg/l	0,05
Fluoruro	F	mg/l	1,5
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	<4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	<2
Hierro total	Fe	mg/l	1,0
Mercurio	Hg	mg/l	0,006
Nitratos	NO ₃	mg/l	50,0
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,2
Potencial Hidrógeno	pH	unidades de pH	6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,01
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,2
Turbiedad	unidades nefelométricas de turbiedad	UNT	100,0

Nota: Podrán usarse aguas con turbiedades y coliformes fecales ocasionales superiores a los indicados en esta Tabla, siempre y cuando las características de las aguas tratadas sean entregadas de acuerdo con la Norma INEN correspondiente.

Anexo 31. Criterios de calidad de aguas para riego según el AM097-A.

TABLA 3: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico	As	mg/l	0,1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Cinc	Zn	mg/l	2,0
Cobalto	Co	mg/l	0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ml	1000
Cromo	Cr ⁺⁺	mg/l	0,1
Flúor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Huevos de parásitos			Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,001
Manganeso	Mn	mg/ l	0, 2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Nitritos	NO ₂	mg/l	0,5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3
pH	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	5,0
Selenio	Se	mg/l	0,02
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0,1

Anexo 32. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el AM097-A

TABLA 9. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000
Color real ¹	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ^{VI}	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	1000
Sulfuros	S ⁻²	mg/l	0,5
Temperatura	T _{°C}		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0

¹ La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida

Anexo 33. Concesiones para agua de consumo humano.

COORD. Y	COORD. X	PROVINCIA	CANTÓN	PARROQUIA	DIRECCIÓN	POBLACIÓN	POBLACION_1	CAUDAL(l/s)	DOSIS/USO	COTA	VIGENTE
9907500	762800	COTOPAXI	LATACUNGA	GUAYTACAMA	PHACIENDA GUAYTACAMITO	10	24	0.12		2875	SI
9907800	762900	COTOPAXI	LATACUNGA	GUAYTACAMA	PREDIO NINTANGA	34	83	0.08	83.28	2880	SI
9910700	759800	COTOPAXI	LATACUNGA	GUAYTACAMA	SECTOR PUPANA NORTE	295	716	0.51	61.54	2950	SI

Anexo 34. Concesiones para agua de regadío.

COORD. Y	COORD. X	CANTÓN	PARROQUIA	DIRECCIÓN	SUB-USOS	TIPO RIEGO	SECTORES	AREA REGADIO	CAUDAL(l/s)	DOSIS/RIEGO	COTA	VIGENTE
9906900	762800	LATACUNGA	GUAYTACAMA	HACIENDA NINTANGA BAJO	USO EN GENERAL	ASPERSION	AGRICOLA	128.98	83.84	0.65	2890	SI
9907296	762943	LATACUNGA	GUAYTACAMA	HACIENDA GUAYTACAMITO	USO EN GENERAL	ASPERSION	AGRICOLA	80	63.28	0.79	2850	SI
9907500	762800	LATACUNGA	GUAYTACAMA	HACIENDA GUAYTACAMITO	CULTIVOS VARIOS		AGRICOLA	80	63.28	0.79	2940	NO

9906200	762500	LATAAC UNGA	CHANTILIN	HACIEND A LA VICTORIA	USO EN GENERA L	ASPERS ION	AGRIC OLA	63.6	45.6	0.72	2875	SI
9913540	756500	LATAAC UNGA	CANCHAG UA	BARRIO SANTA GETRUDI S	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	0.4	0.4	1	3060	SI
9906538	762579	LATAAC UNGA	CHANTILIN	HACIEND A LA VICTORIA	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	8	5.6	0.7	2870	SI
9905317	762535	LATAAC UNGA	CHANTILIN	CANCHA GUA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	0	13.9	0	2840	NO
9913801	757748	LATAAC UNGA	TOACASO	PREDIO CANCHA GUA	USO EN GENERA L	ASPERS ION	AGRIC OLA	4	3.15	0.79	3073	SI
9902500	763600	LATAAC UNGA	ELOY ALFARO (SAN FELIPE)	BARRIO LA CALERA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	28	22	0.79	2830	NO
9911500	759100	LATAAC UNGA	GUAYTAC AMA	SECTOR PUPANA NORTE	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	160	95.5 2	0.6	2960	NO
9910700	759800	LATAAC UNGA	GUAYTAC AMA	SECTOR PUPANA NORTE	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	160	95.5 2	0.6	2950	NO
9911680	758997	LATAAC UNGA	GUAYTAC AMA	PUCARA CRUZPA MBA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	3	3	1	2990	SI
9905746	762727	LATAAC UNGA	GUAYTAC AMA	SECTOR PATOCOC HA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	34.65	21.7 5	0.63	2830	NO

9911500	759180	LATA UNGA	GUAYTAC AMA	BARRIO CUICUNO	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	20	4.67	0.23	3010	SI
9909000	761500	LATA UNGA	GUAYTAC AMA	CANTON LATA CUN GA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	25.75	18.0 3	0.7	2900	NO
9910700	759600	LATA UNGA	SAQUISILI, CABECERA CANTONA L	SECTOR MOLLEPA MBA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	353	152. 8	0.43	2970	NO
9911000	759400	SAQUI SILI	SAQUISILI (CABECER A CANTONA L)	SECTOR MOLLEPA MBA	USO EN GENERA L	ASPERS ION	AGRIC OLA	352.92	152. 8	0.43	2960	SI
9905600	762800	SAQUI SILI	ELOY ALFARO (SAN FELIPE)	HACIEND A PATOCOC HA	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	41	32.5	0.79	2860	NO
9900700	763800	SAQUI SILI	ELOY ALFARO (SAN FELIPE)	BARRIO SAN FELIPE	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	120	117	0.98	2760	NO
9903650	763400	SAQUI SILI	ELOY ALFARO (SAN FELIPE)	BARRIO PATUTAN	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	35.82	21.4 9	0.6	2820	NO
9913250	757950	SAQUI SILI	CANCHAG UA	HACIEND A CANCHA GUA	USO EN GENERA L	ASPERS ION	AGRIC OLA	69.17	37.5	0.6	3030	SI
9914020	757600	SAQUI SILI	CANCHAG UA	SECTOR CANCHA GUA	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	1	0.5	0.5	3040	SI

9912300	758800	SAQUI SILI	GUAYTAC AMA	SECTOR CUICUNO	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	20	4.66	0.23	3010	NO
9903700	763300	SAQUI SILI	ELOY ALFARO (SAN FELIPE)	HACIEND A PATOCOC HA	USO EN GENERA L		AGRIC OLA	41	32.5	0.79	2830	NO
9912700	755000	SAQUI SILI	CANCHAG UA	COMUNA CHILLA SAN ANTONIO	USO EN GENERA L	GRAVE DAD	AGRIC OLA	10	5	0.5	3090	SI
								1129	147	2		