



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN SITIOS
POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO
PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3200 Y
3400 M.S.N.M, EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA
DE COTOPAXI, AÑO 2022”.**

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

Autoras:

Huisha Quigla Andrea Mishel
Pichucho Llumiyinga Daysi Jackeline

Tutor:

Ilbay Yupa Mercy Lucila Ph.D.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Andrea Mishel Huisha Quigla, con cédula de ciudadanía No. **1726829466**; y, **Daysi Jackeline Pichucho Llumiquinga**, con cédula de ciudadanía No. **0550646715**; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 2022”, siendo la Ingeniera Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa, 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, 17 de marzo del 2022

Andrea Mishel Huisha Quigla
Estudiante
CC: 1726829466

Daysi Jackeline Pichucho Llumiquinga
Estudiante
CC: 0550646715

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa
Docente Tutor
CC: 0604147900

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 **HUISHA QUIGLA ANDREA MISHIEL**, identificada con cédula de ciudadanía **1726829466** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, 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 “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

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

Tema: “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 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 17 días del mes de marzo del 2022.

Andrea Mishel Huisha Quigla
LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PICHUCHO LLUMIQUINGA DAYSI JACKELINE**, identificada con cédula de ciudadanía **0550646715** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, 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 “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

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

Tema: “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 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 17 días del mes de marzo del 2022.

Daysi Jackeline Pichucho Llumiquinga

LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3200 Y 3400 M.S.N.M, EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”, de Huisha Quigla Andrea Mishel y Pichucho Llumiquinga Daysi Jackeline, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 de marzo del 2022

Ing. Mercy Lucila Ilbay Yupa, Ph.D.

DOCENTE TUTOR

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, los postulantes: Huisha Quigla Andrea Mishel y Pichucho Llumiquinga Daysi Jackeline, con el título del Proyecto de Investigación: **“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA PRESENTE EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES ENTRE LOS 3200 Y 3400 M.S.N.M, EN LA PARROQUIA DE TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, AÑO 2022”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 17 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

CC: 0401332101

Lector 2

Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 1758739062

Lector 3

Ing. Ph.D. Eliana Amparito Boada Cahueñas

CC: 1719312892

AGRADECIMIENTO

Este camino concluido no hubiera sucedido sin todos los ángeles que mi papá me envió desde el cielo. A todos ellos agradezco por cada oportunidad, aprendizaje y apoyo que ahora están dando frutos. También gracias a mí, por nunca rendirme, por siempre dar lo mejor y ser perseverante. Este será un logro de los muchos que quiero alcanzar.

Andrea Mishel Huisha Quigla

En estas líneas quiero agradecer a mis padres Arcenio y Carmen quienes con su dedicación, esfuerzo, paciencia y confianza me han regalado la más valiosa herencia que ha sido culminar esta nueva meta tan anhelada. A mi abuelita quien con su sabiduría me ha enseñado a ser quien soy hoy.

A mi hermana Katty quien ha estado constantemente junto a mi brindándome su apoyo incondicional y dándome ánimos para salir adelante, a mi pequeño hermano Sebastián quien con sus ocurrencias ha logrado que nunca decaiga y me levante más fuerte.

A mi amiga Majhito y a todas las personas que durante el trayecto de mi formación han confiado en mí y me han brindado su apoyo incondicional.

Agradezco también a mis formadores, en especial a la Ph.D. Mercy Ilbay, quien con su dirección, conocimiento, paciencia y colaboración permitió culminar esta investigación con éxito.

Daysi Jackeline Pichucho Llumiquinga

DEDICATORIA

A todas las personas que creyeron en mí, a mi persona, que siempre estuvo cuando lo necesité y en especial a mamá, que su calor y amor siempre estuvieron presentes.

Andrea Mishel Huisha Quigla

El presente trabajo, fruto de mi perseverancia y determinación lo dedico a mis padres por darme la vida, brindarme su cariño y apoyo incondicional día a día, por haberme forjado como la persona que soy y por haber confiado en mí; muchos de mis logros se los debo a ustedes es por esa razón que siempre serán el pilar fundamental en mi vida. A mi abuelita por ser mi rayito de luz y mi apoyo moral constante desde que era una niña.

A mi querida hermana que a pesar de todo siempre ha estado junto a mí en las buenas y en las malas y a mi hermanito quien llevo para alegrar mi vida y llenarla de color.

Daysi Jackeline Pichucho Llumiquinga

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 2022”.

Autoras: Huisha Quigla Andrea Mishel
Pichucho Llumiquinga Daysi Jackeline

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales, en la parroquia Toacaso localizado a una altitud entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en los meses de enero y marzo del año 2022. El proyecto se realizó en tres etapas; la primera está basada en el estudio biofísico de la zona de estudio, por medio de archivos de información geográfica. En la segunda etapa se realizó la determinación de la concentración de arsénico (As) y parámetros físicoquímicos del cuerpo hídrico, los cuales fueron analizados en el Laboratorio de Calidad de Agua y Sedimentos (LANCAS), de tal manera, para uso agrícola fueron comparados con el Acuerdo Ministerial N°097A con la Tabla 3 para los Criterios de Calidad de Aguas para Riego Agrícola, y para consumo humano con la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1108. En la tercera etapa se determinó mediante el cultivo y aislamiento la relación entre la presencia de microorganismos con existencia de As por medio de aislamientos microbianos y tinción de Gram. Los resultados obtenidos indican que de los parámetros analizados; As tuvo una gran variación en su concentración acorde al primer y segundo análisis, sobrepasando los LMP en el mes de marzo. Conjuntamente, se identificaron 5 colonias posiblemente del género *Escherichia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

Palabras clave: Arsénico, identificación, microorganismos, trazabilidad

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "Traceability and basic characterization of microorganisms from natural sources contaminated with arsenic. Case study, quebrada Pucuhuaycu, Cotopaxi from 3200 to 3400 masl".

Authors: Huisha Quigla Andrea Mishel
Pichucho Llumiquinga Daysi Jackeline

ABSTRACT

This research aimed to determine the microbiological traceability present in poorly monitored sites and contaminated with arsenic from natural sources in the Toacaso parish at an altitude between 3200 and 3400 m.a.s.l. in January and March 2022. The project was carried out in three stages; the first is based on the biophysical study of the study area using geographic information files. Five colonies were identified, possibly of the genus *Escherichia*, *Bacillus*, and *Pseudomonas*. In the second stage, the arsenic (As) concentration and physicochemical parameters of the water body were determined and analyzed at the Water and Sediment Quality Laboratory (LANCAS) so that for agricultural use, they were compared with the Ministerial Agreement N°097A with Table 3 for Water Quality Criteria for Agricultural Irrigation, and human consumption with the Ecuadorian Technical Standard INEN 1108. In the third stage, Once determined the relationship between the presence of microorganisms and the existence of As through microbial isolation and Gram staining. The results obtained indicate that of the parameters analyzed, As had a significant variation in its concentration according to the first and second analysis, exceeding the MPL in March.

Keywords: Arsenic, identification, microorganisms, traceability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO.....	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS	6
6.1. Objetivo General	6
6.2. Objetivos Específicos	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
8.1. HadCRUT.....	7
8.2. Calidad de Agua.....	8

8.3.	Parámetros fisicoquímicos	8
8.3.1.	<i>pH</i>	9
8.3.2.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	9
8.3.3.	<i>Coliformes fecales</i>	10
8.3.4.	<i>Sulfatos</i>	10
8.3.5.	<i>Manganeso</i>	10
8.4.	Contaminación del agua.....	11
8.5.	Fuentes de contaminación	11
8.6.	Metales pesados	12
8.7.	Contaminación de agua por metales pesados	12
8.8.	Arsénico.....	13
8.9.	Efectos del arsénico al ambiente	13
8.10.	Presencia de arsénico en las aguas	14
8.11.	Origen del arsénico por contaminación natural y antropogénica.....	15
8.12.	Toxicocinética del Arsénico	15
8.13.	Microbiología	16
8.13.1.	<i>Morfología bacteriana</i>	16
8.14.	Forma de las colonias bacterianas	18
8.15.	Microorganismos presentes en el agua	19
8.16.	Mecanismos de Transformación de Arsénico por Bacterias	20
8.17.	Metalotioneínas	20
8.18.	Bioacumulación y biosorción	21
8.19.	Medios de cultivo.....	21
8.19.1.	<i>Medio de cultivo Nutritivo Agar</i>	21
8.19.2.	<i>Medio de cultivo MacConkey Agar</i>	22
8.20.	Aislamiento de microorganismos.....	23
8.21.	Cultivo en placa	23

8.22.	Siembra y formas para realizar la transferencia	23
8.22.1.	<i>Estriado por cuadrantes</i>	24
8.22.2.	<i>Estriado para aislar</i>	24
8.23.	Caracterización morfológica de bacterias	24
8.24.	Tinción Gram	24
8.25.	Formas de las bacterias	25
9.	MARCO LEGAL.....	25
9.1.	Constitución de la República del Ecuador.....	25
9.2.	CÓDIGOS	26
9.2.1.	<i>Código Orgánico del Ambiente</i>	26
9.3.	Leyes orgánicas.....	28
9.3.1.	<i>Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua</i>	28
9.3.2.	<i>Ley Orgánica de Salud</i>	29
9.4.	Decretos.....	30
9.5.	Normas	31
9.5.2.	<i>Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013– Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.</i>	33
9.5.3.	<i>Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 – Agua para consumo humano. Requisitos</i>	33
9.6.	Acuerdos.....	35
9.6.1.	<i>Acuerdo Ministerial No. 097A Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria</i>	35
9.7.	Ordenanzas	38
9.7.1.	<i>Ordenanza para la descontaminación y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga.</i>	38
9.8.	Organización Mundial de la Salud (OMS).....	39
10.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS.....	40
11.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	40
11.1.	Tipos de investigación.....	40
11.1.1.	<i>Investigación Bibliográfica y documental</i>	40

11.1.2.	<i>Investigación Descriptiva</i>	41
11.1.3.	<i>Investigación de Campo</i>	41
11.2.	MÉTODOS	41
11.2.1.	<i>Método Inductivo</i>	41
11.2.2.	<i>Método Analítico</i>	42
11.3.	Técnicas	42
11.3.1.	<i>Observación Directa</i>	42
11.3.2.	<i>Monitoreo</i>	42
11.4.	Área de estudio	42
11.4.1.	<i>Delimitación del área de estudio</i>	43
11.4.2.	<i>Delimitación del área de muestreo</i>	43
11.5.	Muestreo	44
11.5.2.	<i>Procedimiento para el muestreo de agua para el análisis fisicoquímico</i>	46
11.5.3.	<i>Envío de las muestras</i>	48
11.6.	Metodología de aislamiento.....	48
11.6.1.	<i>Muestreo de agua para el aislamiento de microorganismos</i>	48
11.6.2.	<i>Preparación del medio de cultivo</i>	49
11.6.3.	<i>Siembra de la Muestra Madre</i>	49
11.6.4.	<i>Aislamiento de microorganismos</i>	49
11.6.5.	<i>Aislamiento para identificación de bacterias lactosa (+) y lactosa (-)</i>	50
11.6.6.	<i>Tinción de Gram</i>	50
11.6.7.	<i>Identificación macroscópica y microscópica de colonias aisladas</i>	51
12.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	51
12.1.	Caracterización biofísica	51
12.2.	Caracterización climática	51
12.2.1.	<i>Precipitación</i>	52
12.2.2.	<i>Temperatura</i>	53
12.2.3.	<i>Pendiente</i>	55
12.2.4.	<i>Ecosistemas presentes</i>	56

12.2.5.	<i>Geomorfología</i>	58
12.2.6.	<i>Suelos</i>	59
12.2.7.	<i>Uso y cobertura del suelo</i>	60
12.2.8.	<i>Susceptibilidad a erosión del suelo</i>	62
12.3.	Caracterización del medio biótico.....	63
12.3.1.	<i>Flora de la Quebrada Pucuhuaycu</i>	63
12.4.	Caracterización sociocultural.....	63
12.4.1.	<i>Población</i>	63
12.5.	Concentración de arsénico y parámetros fisicoquímicos presentes en el recurso hídrico de la Quebrada Pucuhuaycu	64
12.5.1.	<i>Calidad de agua para consumo humano y doméstico</i>	64
12.5.2.	<i>Calidad de agua para uso agrícola – riego</i>	65
12.6.	Bacterias presentes en concentraciones de As	66
12.7.	Aislamiento de las colonias seleccionadas en Agar Nutritivo	68
12.7.1.	<i>Características morfológicas</i>	68
12.7.2.	<i>Prueba de la fermentación de lactosa en colonias aisladas</i>	69
12.7.3.	<i>Identificación microscópica de las colonias aisladas</i>	71
12.8.	Mecanismos bioquímicos desarrollados por los microorganismos para biorremediar As	72
13.	IMPACTOS.....	75
13.1.	Impacto ambiental.....	75
13.2.	Impacto social.....	75
14.	PRESUPUESTO.....	76
12.	CONCLUSIONES	77
13.	RECOMENDACIONES	78
14.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
15.	ANEXOS	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Beneficiarios directos.....	4
Tabla 2	Beneficiarios indirectos.....	5
Tabla 3	Matriz de actividades por objetivos.....	6
Tabla 4	Coordenadas UTM de la zona de muestreo en la Quebrada Pucuhuaycu.	44
Tabla 5	Instrucciones para la toma y preservación de muestra de arsénico.....	46
Tabla 6	Instrucciones para la toma y preservación de muestras – Parámetros fisicoquímicos	47
Tabla 7	Uso y cobertura del suelo de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	61
Tabla 8	Erosión del suelo.....	62
Tabla 9	Flora localizada en la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	63
Tabla 10	Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010.	64
Tabla 11	Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.	65
Tabla 12	Requisitos físicos y químicos del agua para riego agrícola.	66
Tabla 13	Presupuesto para la elaboración del proyecto	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación de la zona de estudio - Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	43
Figura 2 Mapa del clima de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m)	52
Figura 3 Precipitación intermensual	53
Figura 4 Mapa de temperatura de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	54
Figura 5 Temperatura intermensual.....	55
Figura 6 Mapa de pendiente de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).	56
Figura 7 Mapa ecológico de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	57
Figura 8 Mapa geomorfológico de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m)	59
Figura 9 Mapa del uso y cobertura del suelo de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).....	61
Figura 10 a) Colonias MM01C01, MM01C02 Y MM01C03 aisladas del cultivo de muestra madre (MM) en primer muestreo b) Colonias MM02C01 y MM02C02 aisladas de cultivo de MM en segundo muestreo.....	67
Figura 11 Colonias de cultivo puro aisladas de MM01 y MM02.	68
Figura 12 Colonias aisladas en los dos periodos de muestreo.	69
Figura 13 Colonias aisladas sometidas a prueba de fermentación de lactosa	70
Figura 14 Colonias aisladas vistas en el lente 100x.	71
Figura 15 Estructura de una célula enterobacteriana	72

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Criterios de calidad de Agua para Consumo Humano	92
Anexo 2: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola	93
Anexo 3 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.	94
Anexo 4 Mapa de Ubicación de la zona de estudio	95
Anexo 5: Recolección de muestras.....	96
Anexo 6: Equipos - Materiales y Reactivos para el medio de cultivo.	97
Anexo 7: Preparación para el medio de cultivo (Agar Nutritivo)	98
Anexo 8: Siembra de la muestra madre - Diluciones seriadas.	99
Anexo 9: Siembra de microorganismos en Agar nutritivo	100
Anexo 10: Tinción de Gram	101
Anexo 11: Coloración de bacterias - Reactivos para Tinción Gram	102
Anexo 12 Informe de resultados de los parámetros fisicoquímicos – Primer análisis.....	103
Anexo 13 Informe de resultados de los parámetros fisicoquímicos – Segundo análisis.....	106
Anexo 14 Aval del Traductor.....	109

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, en la parroquia de Toacaso, provincia de Cotopaxi, año 2022”.

Lugar de ejecución:

Quebrada Pucuhuaycu, comunidad de Planchaloma, Parroquia Toacaso - Cantón Latacunga - Provincia Cotopaxi - Zona 3.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería Ambiental.

Nombres de equipo de investigación:**Tutora:**

- Ing. Ilbay Yupa Mercy Lucila P.h.D.

Lectores:

- LECTOR 1: Ing. José Luis Agreda Oña Mg.
- LECTOR 2: Ing. Joseline Luisa Ruiz Depablos M.Sc.
- LECTOR 3: Ing. Eliana Amparito Boada Cahueñas M.Sc.

Autoras:

- Srta. Huisha Quigla Andrea Mishel
- Srta. Pichucho Llumiquinga Daysi Jackeline

Área de Conocimiento:

Ambiente, Manejo de Recursos Hídricos.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de Vinculación de la Facultad:

Protección del medio ambiente y desastres naturales

2. INTRODUCCIÓN

Los metales pesados se encuentran de manera natural en la roca madre y se distribuyen a partir de interacciones geológicas como erosión y sedimentación o por medio de procesos biogeoquímicos (Venkatramanan et al., 2015). De esta manera pasan al suelo, a las aguas superficiales, a la flora y consecuentemente a la cadena alimentaria hasta llegar al organismo de las personas (Vullo, 2016). Consiguiente, la biodisponibilidad de los metales pesados representa un riesgo latente a la salud, pudiendo afectar al sistema digestivo y nervioso (Benselhou, 2015).

Los metales pesados como el arsénico (As) tienen una densidad al menos cinco veces mayor a la del agua, se distingue por su permanencia en el medio ambiente (Yuan, Yang, & Li, 2017). Por ser elementos de la corteza terrestre, no se pueden destruir ni degradar, su biodisponibilidad y toxicidad depende completamente de su comportamiento químico (Bulgariu & Bulgariu, 2018). Aunque algunos metales pesados se consideran micronutrientes, la bioacumulación de estos contaminantes en los organismos vivos, puede causar serios efectos tóxicos y carcinogénicos aún en pequeñas dosis, por lo que encabezan la lista de sustancias tóxicas más peligrosas (Dippong & Mihali, 2017).

Uno de los metales que provoca mayores trastornos en la salud a nivel mundial es el arsénico, debido a la alta toxicidad que simboliza su acumulación en agua, aire y suelo. El arsénico puede ser absorbido como materia particulada de su forma química reducida arsenito (As III) y su forma oxidada arseniato (As V). Además, por su efecto metabólico, tras una exposición extensa a dosis elevadas puede llegar a ser mortal (Flanagan et al., 2012).

En países como Chile, Taiwán, India y Bangladesh los niveles de arsénico en agua potable superan los 300 mg/L, una cifra impresionante si consideramos que debería oscilar entre los 0,26 - 0,83 mg/L (Jochem et al., 2016). En Ecuador, el acuerdo ministerial 097A solo permite 0,1 mg/L para consumo humano y 0,1 mg/L para uso agrícola. Asimismo, el valor guía de la OMS establecido en 1993 indica 10 mg/L (Banik & Sanyal, 2016).

De tal manera, el desarrollo de nuevas metodologías se ha acrecentado y hoy en día la eliminación de xenobióticos del medio ambiente es más beneficiosa y menos dañina. De esta manera nace la biorremediación, que se basa en la capacidad natural que tienen algunos

microorganismos para incorporar contaminantes en sus procesos metabólicos y utilizarlos como fuente de energía o carbono (Mosa et al., 2016). Como es el caso de algunas bacterias sulfato reductoras que han confirmado tolerar altas concentraciones de metales pesados o incluso requerirlos para sus procesos biológicos (Mehrotra et al., 2016) .

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es un elemento fundamental para todos los procesos biológicos que hacen posible todas las formas de vida, asimismo el agua es la principal vía de entrada en la cadena alimentaria humana a través de la ingesta y el consumo de alimentos, por lo que se debe garantizar el bienestar de los seres vivos con un recurso de buena calidad (Paredes, 2019).

La mayor contaminación del recurso hídrico si bien es cierto proviene de origen antropogénico, la cual ha alterado su calidad. Pero también es causada por fuentes naturales de origen geogénico presentes en la corteza terrestre producto de la meteorización y el lixiviado de las rocas o por emisiones volcánicas, como es el caso del arsénico (As); catalogado como una problemática a nivel global debido a su toxicidad y repercusiones que tiene en la salud humana (ATSDR, 2016).

Según Campaña & Moreno (2020) “En la provincia de Cotopaxi, estudios recientes por parte de un equipo técnico integrado por la Escuela Politécnica Nacional, la Universidad Técnica de Cotopaxi, el Gobierno Provincial de Cotopaxi y la Secretaria Nacional del Agua, revelaron datos que indican la presencia de As con concentraciones mayores a 0.1 mg/L, en las vertientes de la Reserva Ecológica Los Ilinizas, siendo esta una zona volcánica, la misma que provee el recurso hídrico tanto para riego como para consumo humano a alrededor de 20.000 habitantes de la parroquia de Toacaso y comunidades del cantón Saquisilí”. de tal manera excediendo lo permitido en el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, Tabla 3.- Criterios de calidad de aguas para riego agrícola, siendo así un tema de preocupación para la población que consume este recurso.

En la quebrada Pucuhuaycu, parroquia Toacaso, cantón Latacunga, se han encontrado concentraciones de arsénico en el agua que se usa por la población para riego agrícola y consumo humano. Los cuales son vías directas de ingesta de este metal pesado, esta situación

debe ser tratada ya que la ingesta prolongada de As podría generar bioacumulación de este metal en la población.

De ese modo, el presente proyecto se ha enfocado en la trazabilidad microbiológica presente en los meses de Enero y Marzo del año 2022 en la Quebrada Pucuhuaycu entre los 3200 y 3400 m.s.n.m, con el fin de buscar una herramienta de remediación futura, aprovechando su capacidad bacteriana, de tal manera que permitirá mejorar la calidad de vida de la población y de la producción agropecuaria que usa este recurso.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Beneficiarios directos

Para determinar a los beneficiarios del presente proyecto, se utilizó la base de datos que nos proporciona el censo de población y vivienda mediante el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC) en el año 2010, considerando la parroquia Toacaso perteneciente a la Provincia Cotopaxi.

Tabla 1

Beneficiarios directos

Población de la Parroquia de Toacaso	
Hombres:	3738
Mujeres:	3947
Total:	7685

Nota: Población beneficiaria en la parroquia de Toacaso. Fuente: Censo INEC, 2010

Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serán docentes y universitarios pertenecientes a la Universidad Técnica de Cotopaxi debido que al ser una investigación que es realizada con distintos métodos, contribuirá como una base de estudios para las siguientes investigaciones universitarias.

Tabla 2*Beneficiarios indirectos*

Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental	
Hombres:	201
Mujeres:	321
Total:	522

Nota: Estudiantes de la Carrera de Ingeniería Ambiental. Fuente: (Universidad Técnica de Cotopaxi, 2020)

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Según la (OMS) “El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra y en su forma inorgánica es muy tóxico”. Como es el caso de la Quebrada Pucuhuaycu, ya que en Ecuador se han realizado estudios a lo largo de varios ríos y acuíferos que muestran la presencia de arsénico en sus aguas, suelos y sedimentos de origen volcánico, presentando una contaminación natural de este metal.

De acuerdo con el estudio realizado en el año 2017 por el MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador), el cual realizó un análisis físico químico del agua detectando el incumplimiento del Límite Máximo Permisible de la concentración de As en el agua de uso pecuario en el río Pucuhuaycu con valores de 0.26 ppm, superando los límites de 0.20 ppm para uso pecuario y 0.10 ppm para riego, confirmando la concentración elevada de arsénico en el agua utilizada para riego de cultivos de hortalizas y pastos.

La exposición a altos niveles de arsénico inorgánico se da debido a diversas causas, como es el consumo de agua contaminada, para el uso agrícola, así como para procesos industriales y el consumo de alimentos contaminados. Partiendo de eso es trascendental conocer el nivel de As y parámetros físico – químicos de agua en la Quebrada Pucuhuaycu, con el objetivo de buscar una trazabilidad microbiológica del sitio de estudio para el mes de enero del año 2022.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Determinar la trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico proveniente de fuentes naturales.

6.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización biofísica de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.
- Determinar la concentración de arsénico y los parámetros físicoquímicos presentes en el recurso hídrico de la Quebrada Pucuhuaycu
- Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3334 m.s.n.m.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 3

Matriz de actividades por objetivos

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultado
O.1. Realizar la caracterización biofísica de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.	Identificación de la zona de estudio. Elaboración de un mapa de ubicación.	Herramientas informáticas como SIG para el análisis, modelamiento y salida de resultados cartográficos.	Caracterización biofísica y socioeconómica de la zona de muestreo.
O.2. Determinar la concentración de arsénico y los parámetros físicoquímicos presentes en el recurso hídrico de la Quebrada Pucuhuaycu.	Realizar muestreo de agua en la zona de estudio.	Análisis realizado por el laboratorio LANCAS en dos periodos.	Concentración de arsénico en el agua para consumo humano y uso agrícola.

<p>O.3. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el agua a una elevación de 3334 m.s.n.m.</p>	<p>Elaboración de medios de cultivo, siembra y aislamiento.</p>	<p>Siembra por estrías y aislamiento microbiano.</p>	<p>Identificación macro y microscópicamente de colonias aisladas y la caracterización de estas.</p>
--	---	--	---

Nota: Descripción de las actividades de acuerdo con los objetivos

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. HadCRUT

HadCRUT es el conjunto de datos de registros de temperatura instrumentales mensuales formados al combinar los registros de temperatura de la superficie del mar compilados por el Centro Hadley de la Oficina Meteorológica del Reino Unido y los registros de temperatura del aire de la superficie terrestre compilados por la Unidad de Investigación Climática (CRU) de la Universidad de East Anglia, estos datos de temperatura son considerados para las regiones terrestres y oceánicas, respectivamente, y contribuyen al conjunto de datos global. (Bridgeman et al., 2006).

El Met Office Hadley Center, llamado así en honor a George Hadley, es uno de los principales centros del Reino Unido para el estudio de cuestiones científicas asociadas con el cambio climático. La función principal de Met Office es producir modelos de pronóstico recopilando información de satélites meteorológicos en el espacio y observaciones en la Tierra, y luego procesándola con una variedad de modelos, basados en un paquete de software conocido como modelo unificado (Humphrey, 2011).

Los datos cuadriculados se basan en un archivo de temperaturas medias mensuales proporcionadas por más de 5500 estaciones meteorológicas distribuidas por todo el mundo. La temperatura de cada estación se convierte en una anomalía a partir de la temperatura promedio de 1961-90 para esa estación, y cada valor de cuadro de cuadrícula es la media de todas las

anomalías de estación dentro de ese cuadro de cuadrícula. Además de la anomalía media, se estiman las incertidumbres derivadas de la precisión de los termómetros, la homogeneización, las cuadrículas de muestreo con un número finito de medidas disponibles, los sesgos de gran escala como la urbanización y la estimación de medias regionales con una cobertura de medida global no completa (Morice, 2017).

8.2. Calidad de Agua

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 normatividad vigente (Valdes, Samboni, & Carvajal, 2011).

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado (M. Castro et al., 2014).

8.3. Parámetros fisicoquímicos

La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros fisicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico (Orozco Barrenetxea, 2011).

La ventaja de los métodos físico-químicos se basa en que sus análisis suelen ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia, en comparación con los métodos biológicos, basados en la observación y medición de ciertas comunidades de seres vivos en las aguas; además, la elección de las especies debe ser cuidadosa ya que de esta depende la evaluación de la calidad del recurso, que generalmente solo se realiza para un uso determinado, a diferencia de las físico-químicos, que permiten una evaluación para diferentes tipos de uso. Independiente del tipo de variables usadas en el monitoreo de una fuente, siempre se genera un gran número de datos, que requieren de un tratamiento e interpretación, tarea dispendiosa y de complejo entendimiento en el proceso de la valoración de la calidad ya que en muchas ocasiones

se incurre en la pérdida de información o gastos que no justifican los resultados obtenidos (Ruiz & Escobar, 2007).

8.3.1. pH

El potencial de hidrógeno (pH) es una medida de acidez. Indica la concentración de iones hidronio (H_3O^+) presentes en determinadas disoluciones (Rodó, 2018). En aguas naturales el pH varía entre 6 y 9. Valores de pH muy alejados del 7 (neutro) deben llamar la atención ya que pueden estar indicando el ingreso de sustancias ácidas, anoxia y sobresaturación de oxígeno. Los efectos letales aparecen a valores menores a 4,5 y mayores a 9,5, aunque existen organismos adaptados a valores más extremos. El pH del agua permite detectar zonas de contaminación industrial y el ingreso de fertilizantes (Gabriela Pérez Castillo & Rodríguez, 2007).

8.3.2. Oxígeno Disuelto

El Oxígeno Disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos saludables. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Pulla Peña, 2007).

Además, la cantidad de oxígeno que puede disolverse en el agua (OD) depende de la temperatura también. El agua más fría puede guardar más oxígeno en ella que el agua más caliente. Una diferencia en los niveles de OD puede detectarse en el sitio de la prueba si se hace la prueba temprano en la mañana cuando el agua está fría y luego se repite en la tarde en un día soleado cuando la temperatura del agua haya subido. Una diferencia en los niveles de OD también puede verse entre las temperaturas del agua en el invierno y las temperaturas del agua en el verano. Asimismo, una diferencia en los niveles de OD puede ser aparente a diferentes profundidades del agua si hay un cambio significativo en la temperatura del agua. Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0 - 18 partes por millón (ppm) aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 - 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática (Pulla Peña, 2007)

8.3.3. Coliformes fecales

Las coliformes fecales son comunes en el suelo y el agua superficial e incluso pueden aparecer en la piel, los desechos de humanos y animales. La mayoría de los tipos de bacterias coliformes son inofensivas para los humanos, pero algunas pueden causar enfermedades leves y algunas, transmitidas por el agua, pueden provocar enfermedades graves. A menudo se denominan "organismos indicadores" porque indican la presencia potencial de bacterias que causan enfermedades en el agua. La presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad. Más bien, su presencia indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias y el suministro de agua (Swistock, 2020).

Se pueden analizar tipos específicos de bacterias coliformes, estos subgrupos de bacterias coliformes incluyen coliformes fecales y *Escherichia coli* o *E. coli*. Las bacterias coliformes fecales son específicas del tracto intestinal de los animales de sangre caliente, incluidos los humanos, La *E. coli* es un tipo de bacteria coliforme fecal que se encuentra comúnmente en los intestinos de animales y humanos (Swistock, 2020).

8.3.4. Sulfatos

El ion sulfato es abundante en aguas naturales. Un amplio rango de concentraciones se encuentra presente en aguas lluvias y su determinación proporciona valiosa información respecto a la contaminación y a los fenómenos ambientales; adicionalmente, puede aportar datos acerca de la información de ácido sulfúrico proveniente del dióxido de azufre presente en la atmósfera (Severiche & González, 2012)

Los sulfatos (SO_4^{-2}) después de los bicarbonatos, son los principales aniones presentes en el agua; los cuales pueden presentarse de manera natural o como consecuencia de descargas de aguas industriales y por la utilización de fertilizantes agrícolas. Cuando los sulfatos se presentan de manera natural es posible que su origen se deba a algún depósito natural de minerales o por denostación atmosféricas (G. Castro & Medina, 2009).

8.3.5. Manganeseo

Se encuentra como elemento libre en la naturaleza, a menudo en combinación con el hierro y en muchos minerales. Como elemento libre, el manganeseo es un metal con aleación de

metales industriales con importantes usos, sobre todo en los aceros inoxidable. El manganeso es uno de los metales más abundantes de la corteza terrestre, sin embargo, en el agua se encuentra con menos frecuencia y en cantidades mucho menores (Valencia, 2016).

El cuerpo humano logra absorber el manganeso en el intestino delgado, acabando la mayor parte en el hígado, de donde se reparte a diferentes partes del organismo. Alrededor de 10 mg de manganeso son almacenados principalmente en el hígado y los riñones. En el cerebro humano el manganeso está unido a proteínas de manganeso, siendo la más relevante la glutamina que la sintetiza en astrocitos (Valencia, 2016).

8.4. Contaminación del agua

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el agua contaminada como aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible. Es decir, es agua tóxica que no se puede ni beber ni destinar a actividades esenciales como la agricultura, además de una fuente de insalubridad que provoca más de 500.000 muertes anuales a nivel global por diarrea y transmite enfermedades como el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. Los principales contaminantes del agua incluyen bacterias, virus, parásitos, fertilizantes, pesticidas, fármacos, nitratos, fosfatos, metales pesados, plásticos, desechos fecales y hasta sustancias radiactivas (Iberdrola, 2020).

Tal es el caso de la contaminación por metales pesados, esto se debe principalmente a una contaminación puntual de origen industrial o minero. Los lixiviados de vertederos o vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación. Hay que señalar también que en algunos casos existen aguas que sufren un proceso de enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición (Facsa, 2017).

8.5. Fuentes de contaminación

8.5.1. Fuentes naturales

Dependiendo de los terrenos que atraviesa el agua puede contener componentes de origen natural procedentes del contacto con la atmósfera y el suelo (Ej. Sales minerales, calcio, magnesio, hierro etc.). Aunque pueden ser nocivos para la salud, en general son sustancias que se pueden identificar fácilmente y eliminar (UNICAN, 2016).

8.5.2. Fuentes artificiales

Producidas como consecuencia de las actividades humanas. El desarrollo industrial ha provocado la presencia de ciertos componentes que son peligrosos para el medio ambiente y para los organismos y difíciles de eliminar (UNICAN, 2016).

8.6. Metales pesados

Los metales pesados son tóxicos ambientales muy peligrosos. Sus características más comunes son: persistencia, bioacumulación, biotransformación y elevada toxicidad, todo lo cual hace que se encuentren en los ecosistemas por largos periodos, ya que su degradación natural es difícil. Los metales pesados son emitidos por diferentes fuentes, por cuanto provienen de su presencia en los suelos donde se han acumulado durante la formación de las capas terrestres; asimismo, son empleados en varios procesos industriales y se dice que forman parte del quehacer del hombre (Rodríguez Dunia, 2017).

Los metales pesados ocupan el quehacer del hombre en diversas ramas, por lo que no es de extrañar la prevalencia de enfermedades asociadas a estos elementos químicos y a sus compuestos. Las vías fundamentales de entrada de estos químicos al organismo son las vías dérmicas, por ingestión y por inhalación. La exposición a algunos metales pesados ha sido asociada a una gran variedad de efectos adversos sobre la salud, incluyendo el cáncer. Aunque algunos elementos son esenciales para los humanos, pueden ser peligrosos a altos niveles de exposición. Otros metales pesados resultan muy nocivos al no ser degradados fácilmente de forma biológica, ya que no poseen funciones metabólicas específicas para los seres vivos (Rodríguez Dunia, 2017).

8.7. Contaminación de agua por metales pesados

La contaminación del agua por metales pesados ocasionada por vía antrópica y natural está afectando drásticamente la seguridad alimentaria y salud pública. Estudios recientes reportan la presencia de metales pesados y metaloides tales como mercurio (Hg), arsénico (As), plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn), níquel (Ni) y cromo (Cr) en hortalizas tales como la lechuga, repollo, calabaza, brócoli y papa. Esta contaminación, proviene, entre otros causales, del uso para riego de aguas afectadas. De igual manera, se han encontrado metales en diferentes

concentraciones en peces, carnes y leche resultado de la bio-acumulación y movilidad desde el ambiente a las fuentes hídricas (Reyes & Vergara, 2016).

Por su elevada toxicidad, el impacto causado en la salud por exposición prolongada o por bio-acumulación de metales pesados resulta alarmante. Dependiendo del tipo de metal o metaloide, se producen afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollos cancerígenos. En la actualidad se acepta de forma generalizada que la distribución, movilidad, disponibilidad biológica y toxicidad de los elementos químicos no es función de la concentración total de los mismos, sino que dependen de la forma química en la que se encuentren (Reyes & Vergara, 2016).

8.8. Arsénico

Elemento químico, cuyo símbolo es As y su número atómico, 33. El arsénico se encuentra distribuido ampliamente en la naturaleza (cerca de $5 \times 10^{-4}\%$ de la corteza terrestre). El arsénico elemental tiene pocos usos. Es uno de los pocos minerales disponibles con un 99.9999 % de pureza (Vásquez, 2015). El arsénico es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre. El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades tanto de metal como de elemento no-metálico; sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal. El arsénico elemental (llamado también arsénico metálico) es un material sólido de color gris acero. Sin embargo, en el ambiente el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos como por ejemplo oxígeno, cloro y azufre. El arsénico combinado con estos elementos se conoce como arsénico inorgánico. El arsénico combinado con carbono e hidrógeno se conoce como arsénico orgánico (ATSDR, 2016).

8.9. Efectos del arsénico al ambiente

El Arsénico es un componente extremadamente duro de convertir en productos soluble en agua o volátil. En realidad, el Arsénico es naturalmente específicamente un compuesto móvil, básicamente significa que grandes concentraciones no aparecen probablemente en un sitio específico. Esto es una buena cosa, pero el punto negativo es que la contaminación por Arsénico llega a ser un tema amplio debido al fácil esparcimiento de este. El Arsénico no se puede movilizar fácilmente cuando este es inmóvil. Debido a las actividades humanas, mayormente a través de la minería y la fundición, naturalmente el Arsénico inmóvil se ha

movilizado también y puede ahora ser encontrado en muchos lugares donde ellos no existían de forma natural (Kozameh, 2015).

El ciclo del Arsénico ha sido ampliado como consecuencia de la interferencia humana y debido a esto, grandes cantidades de Arsénico terminan en el Ambiente y en organismos vivos. El Arsénico es mayoritariamente emitido por las industrias productoras de cobre, pero también durante la producción de plomo y zinc y en la agricultura. Este no puede ser destruido una vez que este ha entrado en el Ambiente, así que las cantidades que hemos añadido pueden esparcirse y causar efectos sobre la salud de los humanos y los animales en muchas localizaciones sobre la tierra (Kozameh, 2015).

Las plantas absorben Arsénico bastante fácil, así que un alto rango de concentraciones puede estar presentes en la comida. Las concentraciones del peligroso Arsénico inorgánico que está actualmente presente en las aguas superficiales aumentan las posibilidades de alterar el material genético de los peces. Esto es mayormente causado por la acumulación de Arsénico en los organismos de las aguas dulces consumidores de plantas. Las aves comen peces que contienen eminentes cantidades de Arsénico y morirán como resultado del envenenamiento por Arsénico como consecuencia de la descomposición de los peces en sus cuerpos (Kozameh, 2015).

8.10. Presencia de arsénico en las aguas

Este metaloide resulta ser problemático cuando se disuelve en agua a través de desplazamiento de iones la desorción a un ($\text{pH} > 8.5$), la reducción de arseniato a arsenito, y disolución reductora de óxidos de Fe y Mn (hidróxido); el óxido de Fe, almacena arsénico concentrado (Manahan, 2007) mientras que la reducción proporcional de As-Fe-Mn son el medio global dominante por el cual se generan altas concentraciones de As disuelto en agua (Singh et al., 2015)

En ambientes acuáticos aerobios, se presentan en dos formas: As V , As III y el arseniato (AsO_4^{3-} , HAsO_4^{2-} y H_2AsO_4^-), mientras que As III ($\text{As}(\text{OH})_3$, $\text{As}(\text{OH})_4^-$, AsO_2OH^- y AsO_3^{3-} , predomina en condiciones deficientes de oxígeno por ejemplo en aguas subterráneas o ambientes subsuperficiales (Shakoor et al., 2016)

Las especies metiladas generalmente se presentan en menor cantidad en soluciones

acuosas en comparación con las formas inorgánicas de As y los complejos de arsénico carbonato también existen dentro de las aguas naturales (Shakoor et al., 2016)

8.11. Origen del arsénico por contaminación natural y antropogénica

El arsénico se halla en las aguas naturales como especie inorgánica disuelta, generalmente en dos estados de oxidación, arsénico trivalente As (III) y arsénico pentavalente As (V), siendo As (III) el estado más lábil y biotóxico. Así, las formas químicas del arsénico en el agua, —y, por tanto, su movilidad y toxicidad— están controladas fundamentalmente por las condiciones redox y el pH. Sin tener en cuenta otros factores —como, por ejemplo, contenido en materia orgánica— las especies químicas de As(V) son las que predominan en las aguas superficiales, más oxigenadas que las aguas subterráneas. No ocurre así en las aguas subterráneas, pudiéndose encontrar el arsénico en especies con ambos estados de oxidación (Lillo, 2020).

En las aguas subterráneas se ha reportado un rango muy amplio de concentraciones de arsénico, entre $<0,5$ y $5.000 \mu\text{g/L}$. Sin embargo, la mayor parte de los acuíferos con contenidos altos tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales. A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter más local, la contaminación geogénica —es decir, de origen natural— afecta a grandes áreas. Aunque, como ya se ha indicado, son numerosos los casos de contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas en el mundo, no existe un modelo geológico-hidrogeológico común, pudiendo estar relacionado con ambientes geológicos muy diferentes (Lillo, 2020).

8.12. Toxicocinética del Arsénico

Se considera al As, como el contaminante del agua por ser tóxico produce eventualmente agudo como resultado de la ingestión de aproximadamente 100 mg del elemento. El envenenamiento crónico ocurre con la ingestión continua de pequeñas cantidades de As, durante un periodo largo de tiempo. (Manahan, 2007). Su forma inorgánica es una sustancia carcinogénica para el ser humano, siendo incluido por la IARC en el grupo I. (Marín, 2003).

El As puede ingresar a los organismos por tracto gastrointestinal, aparato respiratorio y la vía dérmica que presenta un 2% de absorción, al penetrar en el organismo experimenta un

proceso de biotransformación, su forma metilada es acumulada en la piel y en el sistema renal. (Marín, 2003).

La ingestión de As provocando irritación en la Membrana gástrica, la concentración involuntaria de muchos músculos, desembocando alteraciones cardíacas graves incluso la muerte del individuo además la acumulación de cáncer. (Marín, 2003).

En los seres humanos y especies animales el proceso de absorción de los compuestos arsenicales por medio de tracto gastrointestinal es elevado (95%) cuando se administran en solución acuosa, la absorción por vía respiratoria depende del tamaño de partículas inhaladas, solubilidad y forma química presente.

En vías superiores se ubican las partículas de mayor tamaño las cuales son transportadas por los cilios y se depositan en el tracto gastrointestinal, en el cual se absorben en base a la solubilidad, partículas menos a $7 \mu m$ presentan un índice de absorción de 75-85 %. (Albores, Quintanilla, Razó, & Velasco, 2015).

8.13. Microbiología

8.13.1. Morfología bacteriana

Según Tatiana & Alvin (2014), las bacterias pueden ser observadas individualmente a través de un microscopio o a simple vista si estas están en conjunto al formar colonias. Vistas al microscopio, por lo general, las bacterias presentan tres formas básicas: las bacterias esféricas se denominan cocos, las alargadas serán bacilos, las bacterias curvadas y las que tienen forma de espiral serán los espirilos, espiroquetas, comas o vibriones; cada una de ellas presentarán distintas características a continuación;

8.13.1.1. Cocos

Estas bacterias presentan formas casi esféricas y sus agrupaciones son homogéneas. El tamaño de los cocos oscila entre los 0,8 a 1,0 μm . y pueden presentar y tomar diversas formas, producto de dos factores importantes como son la tendencia de las células a mantenerse unidas, una vez sucedida la división y el o los planos de división celular. Estas agrupaciones pueden ser:

- Diplococos: Estos, después de su división, permanecen en pares, por ejemplo, la *Neisseria* (Meningococo).
- Tétradas: Estos cocos se dividen en dos direcciones perpendiculares, formando una agrupación de cocos en una disposición cuadrada.
- Sarcinas: Producto de la división de los cocos en tres direcciones perpendiculares, formando una agrupación de cocos con una disposición cúbica.
- Estreptococos: Estos cocos se dividen en un solo plano, formando una secuencia de cuatro o más células como si se tratase de una cadena.
- Estafilococos: Formados por la agrupación irregular de cuatro o más cocos, en ocasiones se asemejan a racimos de uvas.

Algunas veces la forma de estas bacterias presenta variaciones, pudiendo observarse cocos de forma lanceolada, en forma de granos de café o achatados, estos últimos suelen denominarse cocobacilos.

8.13.1.2. Bacilos

Estas bacterias forman agrupaciones bastante heterogéneas por su variedad de subtipos morfológicos, que pueden ser cilíndricos, en forma de bastón, largos y delgados, pequeños y gruesos, también pueden presentar variaciones en sus extremos pudiendo ser rectos, afilados o redondeados.

Al igual que los cocos, pueden presentar varias formas según la tendencia que tengan células hijas para mantenerse unidas, estas agrupaciones pueden ser:

- Diplobacilos: Formados por bacilos agrupados en pares.
- Estreptobacilos: Agrupación semejante a una cadena formada por cuatro o más bacilos.
- Empalizado: Son bacilos agrupados lado a lado como palitos de fósforo.
- Formas filamentosas: Son bacilos que crecen en forma de fibras y toman distintas disposiciones por lo que esta formación se denomina también letras chinas.

8.13.1.3. Espirilos

Dentro de este tipo de bacterias se encuentran aquellas que en su forma presentan una o más curvaturas, algunas pueden presentar forma de hélices. Dentro de este grupo se encuentran:

- Vibriones: Son espirilos bastante cortos, por lo general presenta la forma de una coma.
- Espirilos: Estas bacterias, relativamente rígidas, presentan una forma helicoidal; se mueven a través de flagelos externos dando una o más vueltas alrededor de su propio eje.
- Espiroquetas: Presentan una forma helicoidal, pero a diferencia de los espirilos, poseen un cuerpo flexible, se mueven con la ayuda de filamentos axiales que son flagelos periplasmáticos, lo que les permite dar varias vueltas completas alrededor de su propio eje.

8.14. Forma de las colonias bacterianas

Según Tatiana & Alvin (2014), las colonias son la manera macroscópica de observar la morfología que constituye una agrupación de bacterias, que se constituyen en agrupaciones formadas por la reproducción de las bacterias en un medio en el cual son incubadas por espacio de 24 horas aproximadamente; algunas bacterias requieren semanas de incubación para su desarrollo y pueden estar formadas por millones de bacterias, de esta manera el tamaño de las colonias puede variar desde 0,5 a 4,0 mm de diámetro. Además, añade que, la morfología de una colonia dependerá del borde y la forma en que se eleva sobre el medio de cultivo. Así, se menciona que la forma de una colonia puede ser:

- Circular: Pueden medir hasta 4,0 mm.
- Puntiforme: Denominados también en “cabeza de alfiler”.
- Irregular: No representan una forma geométrica.
- Rizoide: Presentan una forma helicoidal.
- Fusiforme: En forma de husos.

En cuanto a los bordes estos pueden ser:

- Enteros: Son homogéneos en todo su recorrido.
- Ondulados: Presentan pequeñas fenestraciones.
- Lobulados: Sus bordes son curvos de manera irregular.
- Filamentosos: Presentan finos filamentos alrededor de toda la colonia.

La elevación de la colonia puede ser:

- Plana
- Convexa
- Elevada

Las colonias pueden presentar diferentes texturas, estas pueden ser:

- Lisas: Presentan una superficie homogénea.
- Concéntricas: Su textura se extiende de manera circular, por lo general de afuera hacia adentro.
- Arrugadas: Su superficie presenta pequeñas áreas sobresalientes y leves depresiones.
- Con curvas: Llamadas también sinuosas, presenta una textura similar a la concéntrica, la diferencia radica en que este presenta un contorno más irregular.

8.15. Microorganismos presentes en el agua

La microbiología de las aguas para riego agrícola es un aspecto a tener muy en cuenta, debido a la posibilidad de contaminación por diferentes microorganismos patógenos que pueden afectar a la salud de las personas que consumen estos productos agrícolas.

Los grupos biológicos más importantes a tener en cuenta son los siguientes:

- Virus, tales como poliovirus, hepatitis a, echovirus, cocksacckie o rotavirus, que pueden producir enfermedades como poliomielitis, hepatitis, fiebres y diarrea, vómitos y gastroenteritis.
- Bacterias, tales como *vibrio cholerae*, *salmonella typhi*, *salmonella parat*, *shigella spp*, *leptospira spp*, capaces de provocar enfermedades como cólera, tifus, paratíficas, disentería bacilar o fiebre.
- Protozoos, tales como *entamoeba histolytica*, giarda lamblia, que producen enfermedades hepáticas o diarreas. El *cryptosporidium* es un protozoo parásito que puede ocasionar la enfermedad criptosporidiosis. La giardia produce la giardiasis, enfermedad diarreica. Ambas enfermedades intestinales son las más comúnmente transmitidas por el agua. Estos protozoos, además, no se eliminan fácilmente del agua con los tratamientos químicos comúnmente aplicados (Bragado, 2017).

8.16. Mecanismos de Transformación de Arsénico por Bacterias

Las bacterias poseen una gran diversidad metabólica, debido a su capacidad de obtener energía utilizando diferentes reacciones de óxido-reducción; por lo tanto, un número importante de mecanismos son capaces de utilizar arsénico, ya sea en su forma oxidada de arseniato o en la forma reducida de arsenito, para su metabolismo. Las bacterias pueden superar los efectos tóxicos del arsénico por medio de un decremento en las concentraciones de sus iones o modificarlo químicamente a especies relativamente menos tóxicas (Montoya et al., 2015).

En la naturaleza, existen diversas especies de microorganismos que responden al arsénico a través de diferentes mecanismos; éstas incluyen reacciones de óxido-reducción mediadas por enzimas, metilación, quelación, exclusión e inmovilización. Es por esto que comprender el nivel molecular y genético del metabolismo del arsénico será una base de conocimientos importantes para el desarrollo de enfoques eficientes en la biorremediación de arsénico, lo que representará una forma amigable con el ambiente para la eliminación de metales pesados (Montoya et al., 2015).

Los microorganismos que transforman el As (V) y As (III) son diversos en su filogenia y fisiología (Cavalca et al., 2013). Para la transformación del arsénico existen tres principales sistemas enzimáticos: arsenito oxidasa, arseniato reductasa y arseniato reductasa citoplasmática. Un gran número de bacterias Gram negativas y Gram positivas utilizan un mecanismo común de resistencia a arsénico basado en el operón *ars* RDABC que codifica cinco genes, el cual corresponde al sistema de desintoxicación de arsénico más estudiado e implicado en la reducción del arseniato a arsenito mediante la enzima arseniato reductasa que expulsa el arsenito fuera de la célula usando una bomba de expulsión de arsénico (Montoya et al., 2015).

8.17. Metalotioneínas

Las metalotioneínas (MTs) fueron descubiertas hace 45 años y juegan un rol central en el metabolismo de metales pesados y en el manejo de varias formas de estrés microbiano. Las MTs son proteínas de bajo peso molecular (6-7 KDa) ricas en cisteína, que se dividen en tres clases de acuerdo al contenido de cisteína y a su estructura; la primera clase son las que tienen dominios Cis-Cis, las segundas las que tienen dominios Cis-X-Cis y las terceras las que tienen dominios Cis-X-X-Cis en donde X corresponde a cualquier aminoácido. Estas proteínas han

sido aisladas de especies bacterianas como *Escherichia coli* y *Pseudomonas putida* y los géneros *Cyanobacterium sp.* y *Syneococcus sp.* (Rajendran et al., 2003).

8.18. Bioacumulación y biosorción

La bioacumulación es un proceso de transporte asociado al metabolismo en el cual, el ion-metal atraviesa la membrana celular, acumulándose en el citoplasma (Chojnacka, 2010). Por otro lado, la biosorción es la absorción del metal en la célula, coadyuvando a los procesos de bioapagado o “bioquenching” del metal, facilitando el cambio del estado de valencia del analito a uno menos tóxico (Patel et al., 2017).

8.19. Medios de cultivo

Según CUEVAS (2016) describe que “El medio de cultivo es aquel que contiene agua y una serie de nutrientes, necesarios para su metabolismo. Normalmente se utilizan placas de Petri con agar más nutrientes específicos (según el microorganismo que se desea aislar), aunque también existen medios de cultivo en tubo”.

Según la proporción de agar, existen tres tipos:

- Líquidos (caldos). No contiene ningún agente gelificante, por lo que los microorganismos crecen por todo el medio. El crecimiento en este tipo de medios es más rápido puesto que la movilidad permite acceder de una forma más fácil a los nutrientes.
- Sólidos. Tienen una proporción de agar de, aproximadamente, el 1,5%. El crecimiento se desarrolla en la superficie del medio. Estos medios pueden depositarse en placas de Petri o en tubos de ensayo.
- Semisólidos. Son aquellos que contienen una proporción de agar inferior al 0,5%. Se utilizan para pruebas bioquímicas y de movilidad (Barrero Cuevas, 2016)

8.19.1. Medio de cultivo Nutritivo Agar

Medio de cultivo nutritivo no selectivo, en el cual la pluripeptona y el extracto de carne constituyen la fuente de carbono, nitrógeno y aportan nutrientes para el desarrollo bacteriano. El agregado de cloruro de sodio mantiene el balance osmótico y el agar es el agente solidificante. Es un medio de cultivo enriquecido sin aditivos preparado para la recuperación y

aislamiento de toda clase de microorganismos gram-positivos y gram-negativos, hongos y levaduras que no requieren elementos especiales para su crecimiento, se usa principalmente para el mantenimiento de colonias, realización de subcultivos para confirmar la pureza de los aislamientos (Cedeño, 2015).

Después de la incubación, la mayoría de las placas mostrarán un área de crecimiento confluyente. Dado que el procedimiento de extensión de la muestra es, de hecho, una técnica de “dilución”, se depositan cada vez menos microorganismos en las áreas en que se realiza. Por consiguiente, una o más de estas áreas presentarán colonias aisladas de los organismos que contienen la muestra. Por otra parte, el crecimiento de cada microorganismo podrá medirse semi cuantitativamente basándose en el crecimiento ocurrido dentro de las áreas en que se realiza la extensión (Pottery, 2015).

Los medios de cultivos preparados para su transportación tienen una tolerancia de hasta 24 horas con una temperatura de 2 a 35°C, una vez llegado a su destino final el mismo debe ser almacenado a una temperatura de 4 a 8°C. El producto debe evitar temperaturas inferiores a -0°C para evitar congelación del medio, lo que ocasiona el deterioro del mismo, y evitar temperaturas superiores a 35°C para que no produzca condensación interna en la placa lo que podría afectar la fidelidad de los resultados (Cedeño, 2015).

8.19.2. Medio de cultivo MacConkey Agar

En el medio de cultivo MacConkey, la peptona es la fuente de aminoácidos y de otros factores de crecimiento, la lactosa es el hidrato de carbono fermentable, la bilis de buey estimula el crecimiento de las bacterias coliformes e inhibe a gran parte de la flora Gram positiva, y el púrpura de bromocresol es el indicador de pH. Los coliformes, son microorganismos que fermentan la lactosa, con producción de ácido y gas. Al acidificar el medio, se produce un viraje del indicador de pH, del color púrpura al amarillo (Aryal, 2021)

Por ende, sirve como un indicador visual de pH, distinguiendo así las bacterias Gram negativas que pueden fermentar la lactosa (Lac+) y las que no pueden (Lac-). Al utilizar la lactosa en el medio, bacterias (Lac+) como la *Escherichia coli*, *Enterobacter* y la *E. coli* lo realizó producen acidez, lo cual baja el pH menor a 6,8 lo que tiene como consecuencia la aparición de colonias de color rosadas o rojas. Algunas bacterias en cambio fermentan la lactosa de manera lenta, estas siguen siendo Lac+ por ejemplo: *Serratia* y *Citrobacter*. Bacterias que no fermentan

la lactosa como Salmonella, Proteus y Shigella utilizarán la peptona en su lugar, formando amoníaco, lo cual incrementa el pH del agar, formando colonias blancas o incoloras (Calderón et al., 2016)

8.20. Aislamiento de microorganismos

Aislar es separar un tipo de microorganismo a partir de una población heterogénea de microorganismos. En hábitats naturales raramente encontramos un solo tipo de microorganismo en una muestra, por lo tanto, es necesario hacer algún procedimiento de aislamiento para separar e identificar los distintos tipos de microorganismos presentes. El objetivo del aislamiento es obtener colonias bien separadas (las colonias se forman a partir de una sola unidad formadora de colonias) de las que se conseguirá un cultivo puro. Una vez obtenidos los cultivos puros se podrán estudiar las características macroscópicas, microscópicas, fisiológicas, etc. de un microorganismo en particular. Hay que tener en cuenta que siempre el aislamiento se da en un medio sólido. El medio líquido sirve para enriquecer, pero no para aislar (Rodríguez , Hernández, & García Hidalgo, 2004).

8.21. Cultivo en placa

Según Salinas & Pajares (2016) “En esta técnica las unidades formadoras de colonias (ufc) se encuentran en un medio sólido que da como resultado la proliferación de cada una. Se menciona el método de vertido en placa donde una suspensión de células con agar líquido se vierte en una caja de Petri. Al momento de que el agar se haya solidificado, las ufc, permanecen inmóviles y se reproducen dando origen a colonias”

8.22. Siembra y formas para realizar la transferencia

Sembrar o inocular es introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado, con el fin de iniciar un cultivo microbiano. Para sembrar en microbiología es necesario mantener la habitación sin corrientes de aire y estar al lado de la llama de un mechero (no más de 15 cm de distancia). También se puede trabajar bajo campana, o en flujo laminar, previa esterilización con luz UV (Santambrosio Eduardo, 2009)

La siembra puede realizarse en medio líquido, sólido o semisólido, utilizando ansa, hilo, o bien hisopo o pipeta estéril. Se debe esterilizar en la llama (hasta que todo el filamento se

haya puesto al rojo vivo) el ansa o el hilo y enfriar, antes y después de realizada la siembra (*SIEMBRA Y AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS*, 2020)

8.22.1. Estriado por cuadrantes

Se divide la parte inferior de la caja Petri en cuatro partes iguales con un marcador. Se esteriliza el asa y se estría el 1er cuadrante con el procedimiento básico de S. Se trabaja en el sentido de las agujas del reloj, estriando cuadrante por cuadrante, esterilizando el asa antes de seguir a otro (Hylary, 2014).

8.22.2. Estriado para aislar

Estriar para aislar implica una sola inoculación de una sección de la placa de Petri y, disminuir la colonia arrastrando microorganismos de la sección inicial de dos o tres secciones adicionales, achicando eficazmente la población de microorganismos. Generalmente utilizado para separar un cultivo mixto de las bacterias, los bacteriólogos también utilizan este método para aislar una línea de bacterias que nacen de un solo progenitor (Rascón, 2014)

8.23. Caracterización morfológica de bacterias

Según Tatiana & Alvin (2014) “Las bacterias pueden presentar ciertas variaciones morfológicas, entre estas se encuentran las que tienen forma de estrella, las planas y rectangulares, las alargadas en forma de pera y por último aquellas que forman pedúnculos no celulares”

8.24. Tinción Gram

Según Rodríguez & Arenas (2018) “La tinción de Gram diferencia a las bacterias en dos grandes grupos. Se llama bacterias Gram positivas a aquellas que retienen la tinción azul-violeta, y se denomina bacterias Gram negativas a las que se decoloran y después se tiñen con safranina. Esta diferencia de tinciones se debe a la estructura de las paredes celulares de ambos tipos de bacterias. Las bacterias Gram positivas tienen una pared gruesa compuesta de peptidoglucanos y polímeros, e impermeable, que hace que resista la decoloración. En cambio, las bacterias Gram negativas tienen una capa delgada de peptidoglucanos más una bicapa de lipoproteínas que se puede deshacer con la decoloración. La tinción de Gram puede proporcionar información rápida para diagnósticos de infecciones, puede revelar los agentes

causales incluso con una toma de muestra no adecuada. También hace posible distinguir entre contaminación de la muestra y una verdadera infección. Puede ayudar al clínico a seguir o cambiar un tratamiento antibiótico inicial antes de los resultados del cultivo, y en algunos casos, es capaz de mostrar la necesidad de una atención médica urgente. Actualmente la tinción de Gram sigue siendo un método eficaz e importante en el laboratorio, además de que es rápido y económico, por lo que se debe estandarizar para evitar errores técnicos o de interpretación”

8.25. Formas de las bacterias

Según Sanjuan (2019) menciona que, la generalidad de las bacterias son microorganismos procariotas que miden de 0,5 a 5 μm de longitud, estas se agrupan de 3 formas básicas como son: cocos, bacilos y espirilos. Se agrupan de diferentes maneras denominadas en base al género y la especie (ej.: *Escherichia coli*). De igual forma se las divide en gram positivas y gram negativas en base a la coloración de gram.

9. MARCO LEGAL

9.1. Constitución de la República del Ecuador

La Constitución de la República del Ecuador, es una Norma Suprema, a la que está sometida toda la legislación ecuatoriana, donde también se establecen las normas fundamentales que amparan los derechos, libertades y obligaciones de todos los ciudadanos, así como las del Estado y las Instituciones de este.

Decreto Legislativo 0

Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008

Última modificación: 01-ago.-2018

Estado: Reformado

Título II Derechos – Capítulo Segundo Derechos del buen vivir

Sección primera – Agua y alimentación

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

Sección segunda – Ambiente sano

“**Art. 14.-** Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.

Sección séptima – Salud

“**Art. 32.-** La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir”.

Capítulo Segundo Biodiversidad y recursos naturales

Sección primera – Naturaleza y ambiente

“**Art. 395.-** La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras”.

9.2. CÓDIGOS

9.2.1. Código Orgánico del Ambiente

El Código Orgánico del Ambiente constituye en la actualidad la norma más importante del país en relación con el componente ambiental pues en esta se regulan los derechos, deberes y garantizan una gestión ambiental conforme a los contenidos en la Constitución.

Ley 0

Registro Oficial Suplemento 983 de 12-abr.-2017

Estado: Vigente

Título I Código Orgánico del Ambiente

Objeto, ámbito y fines

“**Art. 1.-** Objeto. Este Código tiene por objeto garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay”.

“**Art. 5.-** Derecho de la población a vivir en un ambiente sano. El derecho a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado comprende:

4. La conservación, preservación y recuperación de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.
5. La conservación y uso sostenible del suelo que prevenga la erosión, la degradación, la desertificación y permita su restauración”.

Título III

Régimen de responsabilidad ambiental

“**Art. 10.-** De la responsabilidad ambiental. El Estado, las personas naturales y jurídicas, así como las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, tendrán la obligación jurídica de responder por los daños o impactos ambientales que hayan causado, de conformidad con las normas y los principios ambientales establecidos en este Código”.

Capítulo II – Instrumentos del sistema nacional descentralizado de gestión ambiental

“**Art. 15.-** De los instrumentos del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental. Para el ejercicio de la gestión ambiental se implementarán los instrumentos previstos en la Constitución, este Código y la normativa vigente, en concordancia con los lineamientos y directrices que establezca la Autoridad Ambiental Nacional, según corresponda, entre los cuales se toma como referencia el literal 2 que menciona sobre “La investigación ambiental”

Capítulo II de los Mecanismos de control y seguimiento Ambiental

“**Art. 201.-** De los mecanismos. El control y seguimiento ambiental puede efectuarse por medio de los siguientes mecanismos: 1. Monitoreos; 2. Muestreos; 3. Inspecciones”.

9.3. Leyes orgánicas

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

La presente ley establece el marco legal para garantizar el derecho humano al agua, así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados físicos siendo pues de gran importancia para el presente proyecto.

Ley 0

Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014

Estado: Vigente

Título II Recursos hídricos

Capítulo I definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

“**Art. 12.-** Protección, recuperación y conservación de fuentes. 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, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley”.

Título III derechos, garantías y obligaciones

Capítulo I derecho humano al agua

“**Art. 57.-**Definición. El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, salubre, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura”.

Capítulo III Derechos de la naturaleza

“**Art. 64.-** Conservación del agua. 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.

Sección Segunda

Objetivos de Prevención y Control de la Contaminación del Agua

“**Art. 79.** Objetivos de prevención y conservación del agua. - La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir uno de los siguientes objetivos como es:”

- b) Preservar la cantidad del agua y mejorar su calidad; c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;

9.3.2. Ley Orgánica de Salud

La presente ley consagra a la salud como un derecho humano fundamental y el Estado reconoce y garantiza a las personas el derecho a una calidad de vida que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable y saneamiento ambiental. Considerando de esta manera una ley que proporciona información relevante para el proyecto.

Título preliminar

Capítulo III Derechos y deberes de las personas y del Estado en relación con la salud

“**Art. 7.-** Toda persona, sin discriminación por motivo alguno, tiene en relación con la salud, los siguientes derechos en consideración al literal c que menciona lo siguiente “Vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado y libre de contaminación”

Capítulo II De la alimentación y nutrición

“**Art. 16.-** El Estado establecerá una política intersectorial de seguridad alimentaria y nutricional, que propenda a eliminar los malos hábitos alimenticios, respete y fomente los conocimientos y prácticas alimentarias tradicionales, así como el uso y consumo de productos y alimentos propios de cada región y garantizará a las personas, el acceso permanente a alimentos sanos, variados, nutritivos, inocuos y suficientes. Esta política estará especialmente orientada a prevenir trastornos ocasionados por deficiencias de micronutrientes o alteraciones provocadas por desórdenes alimentarios”.

Título único

Capítulo I Del agua para consumo humano

“**Art. 96.-** Declárase de prioridad nacional y de utilidad pública, el agua para consumo humano. Es obligación del Estado, por medio de las municipalidades, proveer a la población de agua potable de calidad, apta para el consumo humano. Toda persona natural o jurídica tiene la obligación de proteger los acuíferos, las frentes y cuencas hidrográficas que sirvan para el abastecimiento de agua para consumo humano. Se prohíbe realizar actividades de cualquier tipo, que pongan en riesgo de contaminación las fuentes de captación de agua. La autoridad sanitaria nacional, en coordinación con otros organismos competentes, tomarán medidas para prevenir, controlar, mitigar, remediar y sancionar la contaminación de las fuentes de agua para consumo humano. A fin de garantizar la calidad e inocuidad, todo abastecimiento de agua para consumo humano queda sujeto a la vigilancia de la autoridad sanitaria nacional, a quien corresponde establecer las normas y reglamentos que permitan asegurar la protección de la salud humana”.

9.4. Decretos

Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente

El TULSMA es un decreto que establece políticas básicas ambientales del Ecuador reconociendo que el principio fundamental que debe trascender el conjunto de políticas es el compromiso de la sociedad de promover el desarrollo hacia la sustentabilidad.

Decreto Ejecutivo 3516

Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-mar.-2003

Última modificación: 23-nov.-2018 Estado: Reformado

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros físico-químicos determinados se considera las siguientes normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN)

- Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98 – Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras.
- Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 – Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

9.5. Normas

Clasificación de los criterios de la calidad del Agua según el TULSMA

1. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.

2. Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
3. Criterios de calidad para aguas subterráneas.
4. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
5. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
6. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
7. Criterios de calidad para aguas de uso estético.
8. Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
9. Criterios de calidad para aguas de uso industrial.

Para el presente proyecto de investigación se ha considerado realizar la comparación del literal 1 y 4 en base a los resultados obtenidos del análisis realizado en un laboratorio acreditado.

9.5.1. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 – Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras.

1. Objeto

1.1 Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos.

2. Alcance

2.1 Esta norma se aplica particularmente cuando una muestra (simple o compuesta) no puede ser analizada en el sitio de muestreo y tiene que ser trasladada al laboratorio para su análisis.

3. Disposiciones generales

3.1 Las aguas, particularmente las aguas superficiales y sobre todo las aguas residuales, son susceptibles a cambios en diferente grado como resultado de las reacciones físicas, químicas o biológicas, las cuales tienen lugar desde el momento del muestreo al comienzo del análisis. La naturaleza y la velocidad de estas reacciones son tales que, si no se toman precauciones antes y durante el transporte, así como durante el tiempo en el cual las

muestras son conservadas en el laboratorio antes del análisis, las concentraciones determinadas en el laboratorio serán diferentes a las existentes en el momento del muestreo.

9.5.2. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:2013– Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo.

1. Objeto

1.1 Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización.

2. Alcance

2.1 Esta norma se aplica a las técnicas de muestreo generales.

2.2 No se aplica a los procedimientos para situaciones especiales de muestreo.

4. Disposiciones generales

4.1 Tipos de muestra. Son necesarios para indicar la calidad del agua, todos los datos analíticos obtenidos mediante la determinación de parámetros como: las concentraciones de material inorgánico, minerales o químicos disueltos, gases disueltos, materia orgánica disuelta y materia en suspensión en el agua o en el sedimento en un tiempo y lugar específicos o a intervalos de tiempo y en un lugar en particular.

4.1.1 Ciertos parámetros, como las concentraciones de gases disueltos deben medirse “in situ”, para obtener resultados exactos. Se debe tener en cuenta que los procesos para conservar la muestra se realizarán en los casos específicos (NTE INEN 2169).

9.5.3. Norma técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108 – Agua para consumo humano. Requisitos

1. Objeto y campo de aplicación

Esta norma establece los requisitos del agua para consumo humano y aplica al agua proveniente de sistemas de abastecimiento, suministrada a través de sistemas de distribución. De esta norma se excluyen las aguas minerales naturales, las aguas purificadas envasadas y aguas purificadas de uso farmacéutico.

4. Requisitos

4.1 El agua para consumo humano debe presentar un sabor y olor aceptables.

4.2 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos físicos y químicos indicados en la Tabla 1.

Tabla 1 Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido b	Método de ensayo c
Arsénico	mg/L	0,01	Standard Methods 3114
Cadmio	mg/L	0,003	Standard Methods 3113
Cloro libre residual	mg/L	0,3 a 1,5	Standard Methods 4500 Cl ⁻
Cobre	mg/L	2,0	Standard Methods 3111
Color aparente	Pt-Co	15	Standard Methods 2120
Cromo (cromo total)	mg/L	0,05	Standard Methods 3113
Fluoruro	mg/L	1,5	Standard Methods 4500-F ⁻
Mercurio	mg/L	0,006	Standard Methods 3112
Nitratos (como NO ₃ ⁻)	mg/L	50,0	Standard Methods 4500-NO ₃ ⁻
Nitritos (como NO ₂ ⁻)	mg/L	3,0	Standard Methods 4500-NO ₂ ⁻
Plomo	mg/L	0,01	Standard Methods 3113
Turbiedad a	NTU	5	Standard Methods 2130

^a Se conoce también como *Turbidez*.

^b Los resultados obtenidos deben expresarse con el mismo número de cifras significativas de los límites permitidos, aplicando las reglas para redondear números indicadas en NTE INEN 52.

^c En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

4.3 El agua para consumo humano debe cumplir los requisitos microbiológicos indicados en la Tabla 2.

Tabla 2 Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano.

Parámetro	Unidad	Límite permitido	Método de ensayo
------------------	---------------	-------------------------	-------------------------

Coliformes fecales	Número/100 mL	Ausencia	Standard Methods 9221 ^b Standard Methods 9222 ^c
<i>Cryptosporidium</i>	Número de ooquistes/ L	Ausencia	EPA 1623
<i>Giardia</i>	Número de quistes/ L	Ausencia	EPA 1623

^a En el caso de que sean usados métodos de ensayo alternativos a los señalados, estos deben ser normalizados. En el caso de no ser un método normalizado, este debe ser validado.

^b La ausencia corresponde a “< 1,1 NMP/100 mL”.

^c La ausencia corresponde a “< 1 UFC/100 mL”.

9.6. Acuerdos

9.6.1. Acuerdo Ministerial No. 097A Reforma al Texto Unificado de Legislación Secundaria

Registro Oficial No. 387 del 04 de noviembre de 2015

La presente norma técnica ambiental revisada y actualizada es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La norma tiene como objeto la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua. El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar los usos asignados, la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general. Las acciones tendientes para preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

- **Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego**

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuando las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos.

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuando las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la Tabla 3 y la Tabla 4. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Criterios de la calidad de agua de uso agrícola o de riego.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
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 (total)	CN-	mg/L	0,2
Cobalto	Co	mg/L	0,05
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Cobre	Cu	mg/L	2,0
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/L	0,1
Flúor	F	mg/L	1,0
Hierro	Fe	mg/L	5,0
Litio	Li	mg/L	2,5
Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/L	0,2
Molibdeno	Mo	mg/L	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/L	0,001
Níquel	Ni	mg/L	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/L	0,1

Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/L	0,2
Plata	Ag	mg/L	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/L	0,05
Selenio	Se	mg/L	0,02

Además de los criterios indicados, la Autoridad Nacional de Control Ambiental utilizará también las guías indicadas en la Tabla 4, para la interpretación de la calidad del agua para riego y la misma deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado.

Tabla 4 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad: (1)				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/L	450	450-2000	>2000
Infiltración: (4)				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40YCE=		5	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/L	3	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/L	3	3	
Cloruros:				
Irrigación superficial	meq/L	4	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/L	3	3	
Boro:	mg/L	0,7	0,7-3,0	>3

Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NO ₃ -)	mg/L	5	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) Solo aspersion	meq/L	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos
(2) CE = Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromh
(3) SDT = Sólidos disueltos totales
(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo
(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos
(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada
(7) Afecta a los cultivos susceptibles

9.7. Ordenanzas

9.7.1. Ordenanza para la descontaminación y protección de los ríos y afluentes hídricos del cantón Latacunga.

La presente ordenanza tiene por objeto establecer acciones para la descontaminación, protección, conservación, recuperación y revalorización de los ríos y afluentes superficiales o subterráneos dentro del cantón Latacunga.

Discutida y aprobada por el I. Concejo Cantonal en sesiones ordinarias realizadas los días 11 de junio del 2013 y 14 de enero del 2014.

Publicada en el Registro Oficial Nro. 247 de 16 de mayo del 2014.

Capítulo I – Objeto y Ámbito de la aplicación

“**Art. 1.** La presente ordenanza tiene por objeto establecer acciones para la descontaminación, protección, conservación, recuperación y revaloración de los ríos Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales o subterráneos dentro del cantón Latacunga.

Sus disposiciones serán aplicadas a las personas naturales o jurídicas que, tanto del sector público como privado, que actúen en contra de la calidad del recurso agua, en el cantón Latacunga”.

Capítulo III – De las obligaciones de los ciudadanos y entidades locales.

“**Art. 4.** Con el fin de proteger los derechos ambientales individuales o colectivos, todas las obras, proyectos de tipo público y privado, a nivel de servicios e industrial deben aplicar buenas prácticas ambientales e implementar plantas de tratamiento de aguas negras, residuales, descargas industriales, domésticas y otras que alteren las condiciones físico, químicas y biológicas del agua, y atenten su calidad”.

“**Art. 5.** Las instituciones públicas y de control deben tener el alcance de la frontera a partir de los 3400 m, en áreas de producción o captación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas que sean de consumo humano y riego”.

“**Art. 6.** Es de obligación de todos los sectores productivos naturales o jurídicos asentados en el cantón Latacunga de forma permanente o temporal mantener un adecuado manejo y tratamiento de desechos sólidos de todo tipo, vertidos y descargas, que contaminen el agua y propendan procesos de bioacumulación.

Los desechos y vertidos de tipo peligrosos deberán ser manejados por gestores acreditados por el Ministerio del Ambiente, mismos que certifican el tratamiento de aceites usados “industrial, automotriz y doméstico”, metales pesados, ácidos y bases y demás sustancias tóxicas y peligrosas generadas en procesos productivos y por la prestación de servicios”.

“**Art. 10. Derecho de Inspección.** – La dirección de Medio Ambiente, está facultada para realizar inspecciones a los ríos Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes cantonales. Además de tomar las muestras necesarias, para su caracterización. De igual forma se procederá con los desechos generados en las instalaciones de los establecimientos o actividades públicas y privadas sujetos de esta Ordenanza contempladas en el art 2”.

9.8. Organización Mundial de la Salud (OMS)

El arsénico es una de las 10 sustancias químicas que la OMS considera más preocupantes para la salud pública. Los esfuerzos de la Organización por reducir la exposición al arsénico incluyen el establecimiento de valores guía, el examen de los datos científicos disponibles y la formulación de recomendaciones para la gestión de los riesgos. La OMS ha definido un valor guía para el arsénico en sus Guías para la calidad del agua potable cuya

finalidad es servir en el mundo entero de base para las tareas de reglamentación y normalización en esta esfera.

En estos momentos, el límite recomendado para la concentración de arsénico en el agua potable es de 10 µg/L, aunque este valor de referencia se considera provisional dadas las dificultades de medición y las dificultades prácticas relacionadas con la eliminación del arsénico del agua de bebida (OMS, 2018).

El Programa Conjunto OMS/UNICEF de Monitoreo del Abastecimiento de Agua y del Saneamiento sigue los progresos realizados hacia la consecución de las metas mundiales relacionadas con el agua de bebida. El indicador propuesto para la gestión segura de los servicios de suministro de agua de bebida en el contexto de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible propugna que se siga el acceso de la población a agua de bebida sin contaminación fecal ni contaminantes químicos prioritarios, entre ellos el arsénico (OMS, 2018).

10. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA O HIPÓTESIS

¿Es posible determinar la concentración de arsénico y la trazabilidad microbiológica presente en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico en fuentes naturales, en la Quebrada Pucuhuaycu entre los 3200 y 3400 m.s.n.m.?

En base al análisis de laboratorio obtenido del muestreo de agua, se pudo determinar la concentración de Arsénico (As) con un valor de 0,004 mg/L en el mes de Enero y para el mes de Marzo la concentración de arsénico presenta un valor de 0,75 mg/L, encontrándose sobre los límites máximos permisibles según el Acuerdo Ministerial N°097A, los cambios de niveles de concentración de dicho metal pesado se debe a la variación de la precipitación, alterando la movilidad de éste. Con respecto al cultivo de bacterias se pudo identificar macroscópicamente las características de las colonias y mediante el aislamiento se realizó la caracterización de 5 colonias específicas posiblemente del género *Escherichia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

11. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

11.1. Tipos de investigación

11.1.1. Investigación Bibliográfica y documental

Este tipo de investigación permitió a los investigadores recopilar información de revistas científicas: Scielo, Tesis, Libros, informes técnicos, PDYOT de la parroquia de Toacaso, la normativa ambiental vigente como es el Acuerdo Ministerial N°097-A, Norma de

calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente) y la norma NTE INEN 1108 - Agua para Consumo Humano. Requisito.

11.1.2. Investigación Descriptiva

Este tipo de investigación permitió determinar la zona influencia de la investigación, la cual se desarrolló en la quebrada Pucuhuaycu, comunidad Planchaloma, Parroquia Toacaso - Cantón Latacunga - Provincia Cotopaxi, el agua objeto de estudio es de una de las vertientes que es captada y aprovechada por la comunidad Planchaloma para uso agrícola.

11.1.3. Investigación de Campo

Los investigadores mediante visitas in situ en la zona de la Quebrada Pucuhuaycu se determinó de forma visual el sitio para determinar los respectivos muestreos, el mismo que se ubicó en las siguientes coordenadas latitud y longitud: -78.7228209, -0.7474795.

11.2. MÉTODOS

11.2.1. Método Inductivo

Este método permitió generar conocimiento sobre la contaminación de origen geogénico por arsénico proveniente de una de las vertientes de la reserva ecológica de Los Ilinizas Sur, generando datos para la trazabilidad microbiológica y el análisis de calidad del agua, y la comparación con los límites permisibles vigentes para uso agrícola.

En el siguiente método se aplicó las siguientes etapas:

Observación: Mediante el método de la observación se logró verificar el crecimiento bacteriano posterior a su respectivo cultivo.

Análisis: Para el análisis de los resultados de calidad del agua se hizo una comparación con la normativa vigente para agua de riego y uso agrícola y consumo humano. Además, para el análisis bacteriano se usaron materiales del laboratorio como microscopio, porta y cubreobjetos y un asa.

Comparación: La comparación de los resultados se realizó mediante el Acuerdo Ministerial 097A y la norma NTE INEN 1108

11.2.2. Método Analítico

Este método permitió realizar un estudio científico basado en la experimentación directa partiendo del procedimiento de descomponer un todo en sus elementos básicos y, por lo tanto, va de lo general a lo específico.

11.3. Técnicas

Para la ejecución de la investigación se utilizó las siguientes técnicas:

11.3.1. Observación Directa

La observación directa en la presente investigación permitió identificar la zona de muestreo mismas que fueron una fuente eficaz para adquirir información del área de estudio y recolección de datos. Además, se logró identificar las diferentes colonias bacterianas encontradas.

11.3.2. Monitoreo

Se realizaron diferentes monitoreos de muestreo del agua y de la siembra bacteriana. Para determinar la trazabilidad microbiológica presentes en la quebrada Pucuhuaycu, el presente estudio constó de tres capítulos: caracterización biofísica de la zona de estudio, determinación de la concentración de arsénico, calidad de agua y establecer la relación de las diferentes colonias aisladas con concentraciones de arsénico

11.4. Área de estudio

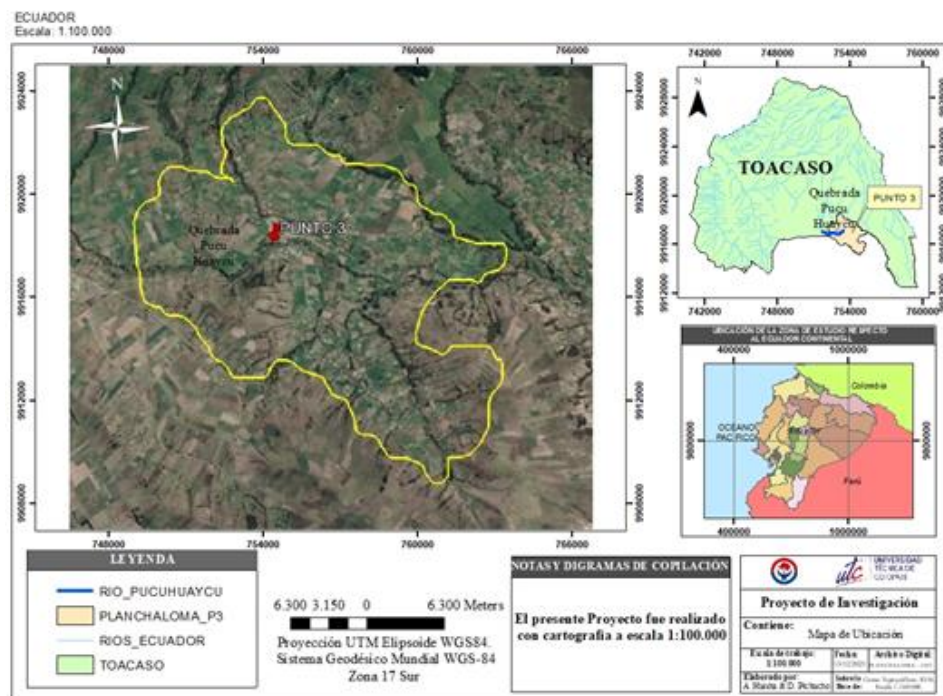
El estudio de la caracterización biofísica del presente proyecto de investigación se encuentra presente a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m. localizada en la comunidad de Planchaloma perteneciente a la parroquia de Toacaso, el mismo que permitió la determinación de la: precipitación, temperatura, pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, erosión, se los realizó mediante el uso de archivos tipo shapefiles proporcionados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), el Instituto Nacional de Estadística y Censo y el Simposio Internacional del Agro (SIAGRO) del año 2014 y un paquete de software conocido como modelo unificado (hadCRUT) .

11.4.1. Delimitación del área de estudio

Para la delimitación del área de estudio se consideró la cota altitudinal, de esta forma se realizó un corte mediante la herramienta ArcGis (Figura 1) con la diferencia de 100 m.s.n.m. La Quebrada Pucuhuaycu se encuentra ubicada en la parroquia de Toacaso. Una comunidad mayormente de población indígena, situada a las faldas del volcán los Ilinizas Sur. El objeto de estudio corresponde a las aguas de la quebrada Pucuhuaycu que son aprovechadas por la comunidad de Planchaloma para riego agrícola, agua que cuenta con la presencia de metales pesados en gran cantidad, entre ellos el Arsénico (Campaña & Moreno, 2020).

Figura 1

Ubicación de la zona de estudio - Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).



Nota: Delimitación del área de estudio. Fuente: Herramientas SIG

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

11.4.2. Delimitación del área de muestreo

Para la delimitación del área de muestreo se logró identificar la zona para la toma de muestras el mismo que se lo realizó en las siguientes coordenadas (Tabla 4), siendo un estudio representativo de calidad de agua destinada para consumo humano y uso agrícola, donde se tomó como referencia 1 punto para el correspondiente muestreo.

Tabla 4

Coordenadas UTM de la zona de muestreo en la Quebrada Pucuhuaycu.

Punto	Altitud	Coordenadas UTM	
		Latitud X	Longitud Y
1	3334.88 m.s.n.m	753372.18	9917095.36

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

11.5. Muestreo

Se realizó 2 muestreos de agua en la Quebrada Pucuhuaycu en los meses de Enero y Marzo con el fin de analizar la calidad de agua para consumo humano y uso de riego agrícola y con los resultados obtenidos hacer una comparación si estos se encuentran dentro de los límites máximos permisibles por la normativa vigente. Se consideró realizar esta comparación porque en la comunidad de Planchaloma existen 2 concesiones que utilizan el recurso hídrico; en el caso del sector social el agua es proveniente de vertientes/manantial/acuíferos siendo de uso doméstico en general y en el sector agrícola el agua es proveniente de la quebrada Cotopilaló y Pucuhuaycu este recurso es utilizado para uso en general (Riego) estas concesiones tienen el otorgamiento por parte del Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI) y Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA). Se consideró de igual forma determinar la trazabilidad microbiológica presentes en el recurso hídrico y así establecer la relación de las diferentes colonias aisladas con concentraciones de arsénico.

11.5.1.1. Primer análisis de agua

Una vez del haber obtenido el primer muestreo realizado en el agua de la Quebrada Pucuhuaycu, se procedió a enviar al Laboratorio Nacional de Calidad de Aguas y Sedimentos - LANCAS mismo que cuenta con un sistema de gestión de calidad implementado bajo la NTE INEN ISO/IEC 17025, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) con número SAE LE C 15-005.

Para los respectivos análisis del arsénico y los parámetros fisicoquímicos se utilizó los siguientes métodos de referencia:

Arsénico (As): Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado.

pH: Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H⁺ B.

Manganeso: Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B.

Sulfatos: HACH No 8051 12/99 7 ed.

Oxígeno Disuelto: Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C.

Coliformes fecales: Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1.

11.5.1.2. Segundo análisis de agua

Realizado el segundo muestreo de agua de la Quebrada Pucuhuaycu, se procedió a enviar al Laboratorio Nacional de Calidad de Aguas y Sedimentos - LANCAS mismo que cuenta con un sistema de gestión de calidad implementado bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025, acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) con número SAE LE C 15-005.

Para los respectivos análisis del arsénico y los parámetros fisicoquímicos se utilizó los siguientes métodos de referencia:

Arsénico (As): Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado.

Manganeso: Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B.

Sulfatos: HACH No 8051 12/99 7 ed.

Oxígeno Disuelto: Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C.

Coliformes fecales: Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1

▪ Interpretación de análisis del agua para consumo humano

El parámetro fue comparado con la norma NTE INEN 1108 – Agua para consumo humano. Requisitos, tabla 1: Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano, tabla 2: Requisitos microbiológicos del agua para consumo humano y tabla B1: Rango de pH del agua para consumo humano.

▪ Interpretación de análisis del agua para riego agrícola

El parámetro fue comparado con el Acuerdo N° 97/A - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua (Anexo 1, Libro VI de la Calidad Ambiental, del Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente), tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

11.5.2. Procedimiento para el muestreo de agua para el análisis fisicoquímico

La calidad del agua establece un conjunto de condiciones, entendidas como los niveles aceptables que deben cumplirse para asegurar la protección del recurso hídrico y la salud de la población en un territorio dado. La determinación de los parámetros de calidad del agua se realizó en base a criterios físicos, químicos y biológicos, que consideran la dinámica de los procesos y elementos que los afectan, así como la capacidad del recurso o del ecosistema para soportar presiones y de su poder de autodepuración. Estos parámetros de calidad se fijan de manera diferenciada, de conformidad con los diversos usos a los que se va a destinar el recurso (consumo humano, riego, industria, ganadería, recreación, vida acuática, etc.) (Dode, 2017).

Los parámetros físicos no son índices absolutos de contaminación, por lo que en cada caso debe medir la desviación de la norma. Los biológicos hace referencia a la presencia de microorganismos patógenos de diferentes tipos: bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. Normalmente estos microorganismos llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas y animales. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. Y por último tenemos los parámetros químicos estos son los más importantes para definir la calidad del agua, se debe tener en cuenta los factores naturales que influyen en la composición química del agua, y la cantidad, localización y tipo de asentamientos urbanos, industrias y de la presencia de actividades agropecuarias (Dode, 2017).

Las muestras de agua permitieron determinar los niveles de concentración del arsénico y los límites máximos permisibles (LMP) de los parámetros fisicoquímicos, mismo que se realizó con el siguiente método el cual fue proporcionado por el laboratorio LANCAS (ver anexo 3), el cual determina la instrucción, envase y preservante de la siguiente manera:

Tabla 5

Instrucciones para la toma y preservación de muestra de arsénico

Parámetro	Envase	Preservante	Instrucción
Arsénico	250 ml plástico	5 gotas de ácido nítrico libre de trazas	Para el análisis de arsénico tome la muestra en el envase de 250ml, deje un pequeño espacio (el cuello del envase) para preservar la muestra con

ácido nítrico concentrado libre de trazas. Poner 5 gotas de ácido nítrico concentrado a la muestra, colocar la contratapa e inmediatamente tapar el frasco. Invierta el frasco tres veces para homogeneizar la muestra, rotular y mantener con hielo hasta llegar al laboratorio.

Nota: Instrucciones para la toma de muestras. Fuente: INAMHI – LANCAS

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

El método de muestreo fue proporcionado por el laboratorio LANCAS, el cual determina las instrucciones, envase y presentante para el análisis de los parámetros fisicoquímicos de la siguiente manera:

Tabla 6

Instrucciones para la toma y preservación de muestras – Parámetros fisicoquímicos

Parámetro	Envase	Preservante	Instrucción
Oxígeno Disuelto	300 mL Vidrio	1 mL de Sulfato Manganoso 1mL Álcali Yoduro 2 mL de ácido Sulfúrico concentrado	Llenar al mismo tiempo dos Winkler de 300 mL de muestra. Poner a cada Winkler: Vial 1, Vial 2 y Vial 3. Nota: Poner con cuidado cada Vial, tapar y eliminar el exceso en el winkler. Mantener con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio.
pH, Sulfatos	1000 mL Plástico	No aplica	Tomar 1000 mL de muestra en un envase de plástico. Mantener con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio.
Manganeso	250 ml plástico	5 gotas de ácido nítrico libre de trazas	Para el análisis de arsénico tome la muestra en el envase de 250ml, deje un pequeño espacio (el cuello del envase) para preservar la muestra con ácido nítrico concentrado libre de trazas.

			Poner 5 gotas de ácido nítrico concentrado a la muestra, colocar la contratapa e inmediatamente tapar el frasco. Invierta el frasco tres veces para homogeneizar la muestra, rotular y mantener con hielo hasta llegar al laboratorio.
Coliformes Fecales	100 mL estéril de plástico. Se puede utilizar (Frasco nuevo para análisis de orina)	No aplica	Abrir el frasco de 100 mL debajo del agua y llenar el frasco dejando un espacio de aire. Tapar el frasco y mantener con hielo las muestras hasta llegar al laboratorio. Tiempo de entrega máximo 24 horas

Nota: Instrucciones para la toma de muestras. Fuente: INAMHI – LANCAS

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

11.5.3. Envío de las muestras

- Respectivamente las muestras fueron almacenadas siguiendo lo expuesto en la norma NTE INEN 2176:1998 – Agua. Calidad del Agua. Muestreo. Técnicas de muestreo, en fundas con cierre hermético, fueron etiquetadas considerando el Id de la muestra, N° de muestra, el responsable de la toma de muestra, la fecha y hora esto con el fin de evitar errores, para él envío se las introdujo en una caja Cooler con hielo seco esto para mantener a una temperatura adecuada y no alterar sus condiciones.

11.6. Metodología de aislamiento

11.6.1. Muestreo de agua para el aislamiento de microorganismos

Las muestras de agua fueron utilizadas para realizar el cultivo de microorganismo y posterior a ello el aislamiento de las colonias frente a esto se utilizó la norma NTE INEN 2169:2013 de calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. Se tomaron dos muestras de agua llenando los frascos de orina con un volumen de 100 mL $\frac{c}{u}$ y tapándolos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la

agitación durante el transporte hasta el laboratorio de Agua de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

11.6.2. Preparación del medio de cultivo

Se utilizó los medios de cultivo: Agar Nutritivo que garantiza el crecimiento de todos los microorganismos tanto gram-positivos como gram-negativos, hongos y levaduras; y Agar MacConkey que por ende sirve como un indicador visual de pH, distinguiendo así las bacterias Gram negativas que pueden fermentar la lactosa (Lac+) y las que no pueden (Lac-) para el aislamiento de bacterias.

Se prepararon siguiendo las instrucciones de la ficha técnica del fabricante. Usualmente para preparar un medio sólido se parte de un medio líquido al que se le añade un agente solidificante como el agar considerando que es un polisacárido extraído de algas. En los medios sólidos la proporción de Agar es siempre por encima del 15% (Mondino, 2009)

11.6.3. Siembra de la Muestra Madre

La siembra de la muestra madre se realizó en cajas Petri en base a la técnica de siembra en superficie: Este procedimiento se aplicó para realizar un método horizontal para el recuento de microorganismos capaces de crecer y formar colonias en el medio de Agar Nutritivo. Se diluyó sobre la superficie del agar para lograr realizar recuento de UFC (unidades formadoras de colonias) (Tomás, 2015). Se incubó los medios de cultivos preparados para su transportación los mismos que tienen una tolerancia de hasta 24 horas con una temperatura de 2 a 35°C, una vez llegado a su destino final el mismo debe ser almacenado a una temperatura de 4 a 8°C (Cedeño, 2015).

11.6.4. Aislamiento de microorganismos

Se utilizó las cajas Petri con agar Nutritivo para aislar las colonias que presentaron gran crecimiento y que eran macroscópicamente diferentes por sus colonias, para este procedimiento se realizó en base a las siguientes técnicas descritas a continuación para obtener un óptimo crecimiento:

- **Estriado por cuadrantes**

El estriado se realizó en 6 cajas Petri con Agar Nutritivo considerando el crecimiento de diferentes colonias de la muestra madre, se dividió la parte inferior en tres cuadrantes, para

ello se tomó una pequeña cantidad de muestra con un asa esterilizada y se estrió el 1er cuadrante con el procedimiento básico de Zig zag. Se trabajó en el sentido de las agujas del reloj, estriando cuadrante por cuadrante, esterilizando el asa antes de seguir a otro. Estas placas se incubaron a temperatura adecuada en posición invertida para su correcto aislamiento (Hylary, 2014)

11.6.5. Aislamiento para identificación de bacterias lactosa (+) y lactosa (-)

Se utilizó el medio selectivo y diferencial agar MacConkey. Se emplearon 6 cajas Petri y se tomó una muestra de las colonias aisladas, en las cuales se sembró por la siguiente técnica descrita (Espinoza & Manziny, 2019). Se procedió a incubar por 24 a 48 horas entre 35° y 37°C, en atmósfera aeróbica. La incubación de siembras en Agar MacConkey en atmósfera de CO₂ puede reducir el desarrollo y recuperación de algunas colonias de bacterias Gram negativas (Valtek, 2020).

- **Estriado para aislar**

Se utilizó la técnica de estriado para aislar, esto implica una sola inoculación de una sección de la caja de Petri y, disminuir de esta forma la colonia arrastrando microorganismos de la sección inicial de tres secciones adicionales, reduciendo eficazmente la población de microorganismos. Generalmente esta técnica fue utilizada para separar un cultivo aislado de agar Nutritivo en las cajas Petri que contenía Agar MacConkey (Rascón, 2014).

11.6.6. Tinción de Gram

La tinción de Gram se basó en colocar como colorante primario cristal violeta, el cual tiene afinidad con el peptidoglicano de la pared bacteriana. Posteriormente, se colocó lugol, el cual sirve como mordiente e impide la salida del cristal violeta por la formación de un complejo cristal violeta yodo que satura los espacios del peptidoglicano de la pared bacteriana. En seguida, se colocó una mezcla de alcohol-acetona, la cual deshidrata la pared bacteriana y cierra los poros de esta, también destruye la membrana externa de las bacterias Gram negativas debido a que ésta es soluble a la acción de solventes orgánicos, como la mezcla de alcohol acetona. Las bacterias Gram positivas, al contener una gran cantidad de peptidoglicano, retienen con mayor fuerza este complejo, mientras que las Gram negativas no lo pueden retener por tener menos cantidad de peptidoglicano. Por último, se colocó safranina, la cual funciona como un colorante secundario o de contra tinción y sirve para teñir las bacterias que no pudieron retener el complejo cristal violeta-yodo (López-Jácome et al., 2014).

11.6.7. Identificación macroscópica y microscópica de colonias aisladas

Para la observación macroscópica se tomó en cuenta las características como; los bordes, la forma, el tamaño, textura, elevaciones y color de las colonias aisladas. Conjuntamente para la identificación microscópica de las bacterias se utilizó el manual de microbiología clínica de la asociación argentina de microbiología (H. A. Lopardo et al., 2017). Se observó la muestra al microscopio mediante el lente de 100 X de esta forma se evidenció las diferentes características morfológicas de las bacterias aisladas (Brooks & Blengio Pinto, 2011).

12. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

12.1. Caracterización biofísica

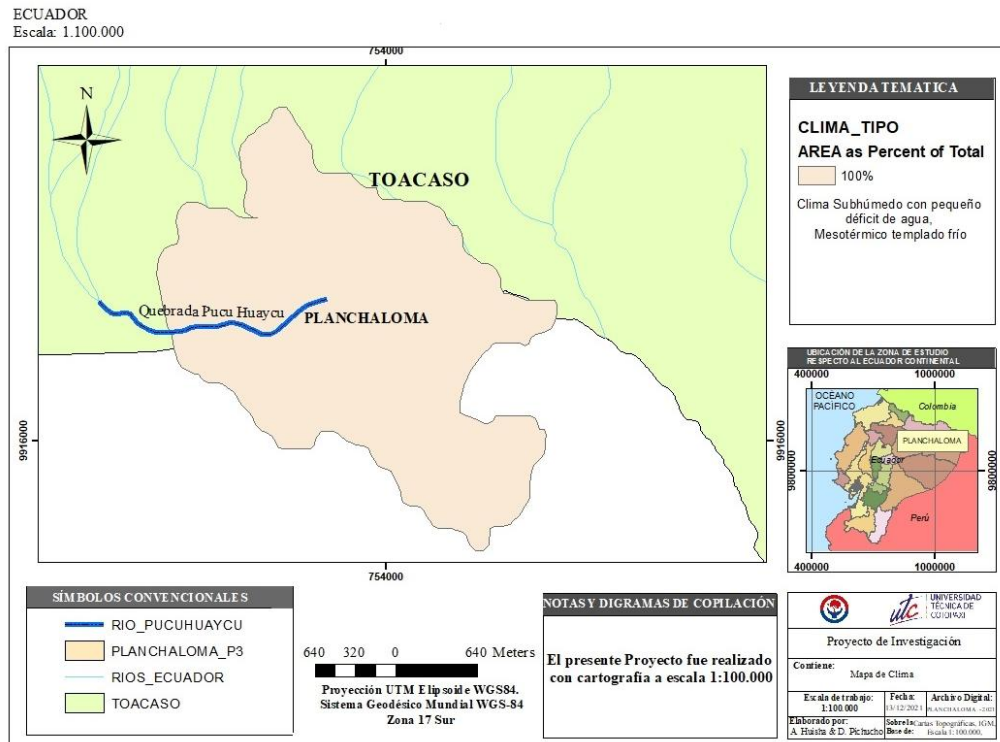
En el siguiente capítulo se describe la caracterización del medio biótico – físico presente en la zona de estudio ubicado en la comunidad de Planchaloma parroquia de Toacaso.

12.2. Caracterización climática

El clima de la comunidad de Planchaloma tiene pocas variantes (**Figura 2**), esto se debe a la altitud en la que se encuentra y su proximidad al volcán Los Ilinizas es por esto por lo que presenta un Clima Subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío.

Figura 2

Mapa del clima de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m)

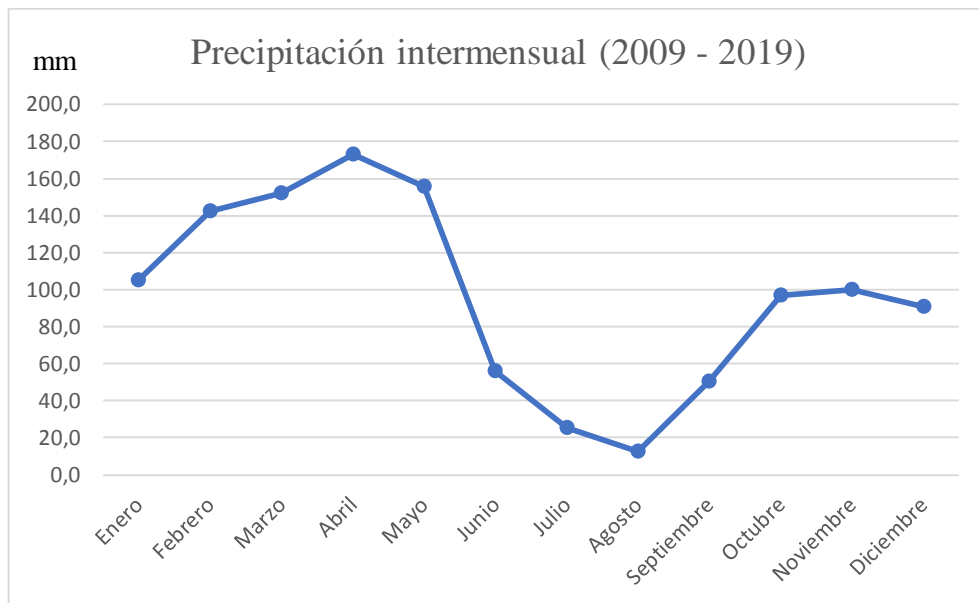


Nota: Identificación del tipo de clima perteneciente a la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.1. Precipitación

En base al conjunto de datos de observaciones Met Office Hadley Center, llamado así en honor a George Hadley se ha recopilado información en el periodo (2009 – 2019), donde presentó una precipitación intermensual de 96,6 mm (**Figura 3**), considerando de esta manera la época seca que se da en el mes de junio hasta el mes de septiembre presentando en el mes de agosto el pico más bajo, también se considera la época lluviosa con picos altos de precipitación que van desde el mes de Octubre hasta el mes de Mayo.

Figura 3*Precipitación intermensual*

Nota: La precipitación ha sido tomada en el periodo 2009 al 2019, y su unidad se encuentra en mm. Fuente: hadCRUT- Met Office Hadley Center

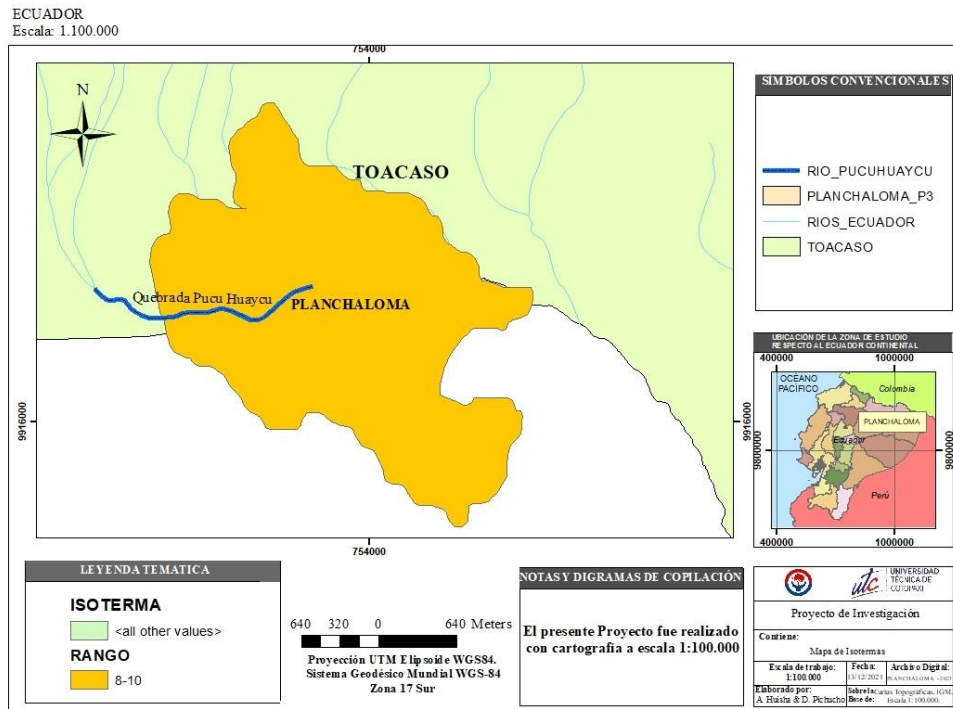
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.2. Temperatura

La zona de estudio la comunidad de Planchaloma presenta una temperatura con una mínima de 8°C y una máxima de 10°C (**Figura 4**). El clima de los páramos Ecuatorianos es en general frío y húmedo, con cambios diarios extremos de temperatura; por ejemplo, a 3.900 m de altitud esta varía desde 30 °C hasta temperaturas bajo 0 °C (Mena Vásconez & Castillo, 2011).

Figura 4

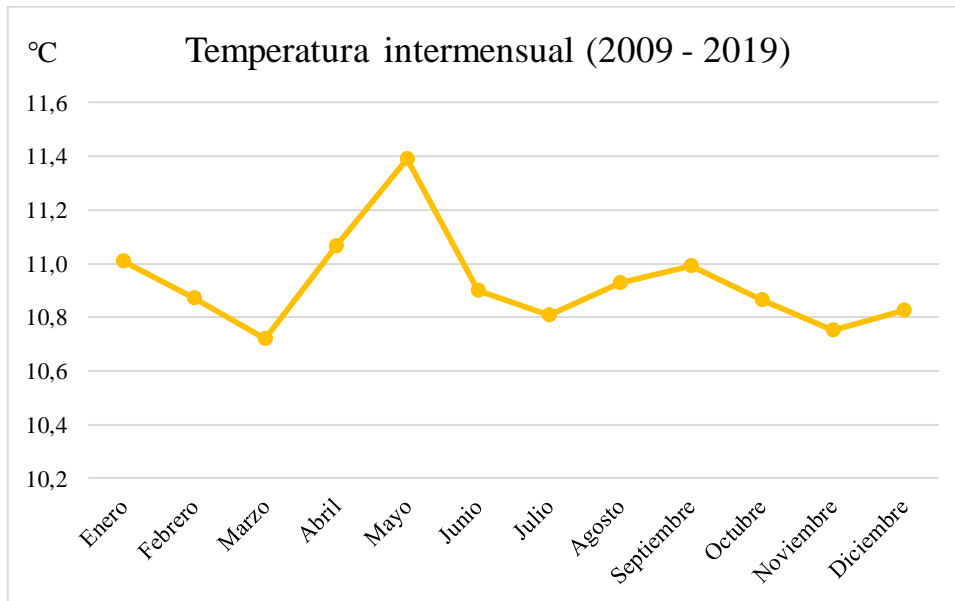
Mapa de temperatura de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).



Nota: Identificación de la temperatura perteneciente a la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

Considerando el conjunto de datos de observaciones Met Office Hadley Center, llamado así en honor a George Hadley se ha recopilado información en el periodo (2009 – 2019), donde presentó una temperatura intermensual de 10,93 °C esto se debe al clima que presenta la parroquia Toacaso.

Figura 5*Temperatura intermensual*

Nota: La temperatura ha sido tomada en el periodo 2009 al 2019, y su unidad se encuentra en °C. Fuente: hadCRUT- Met Office Hadley Center

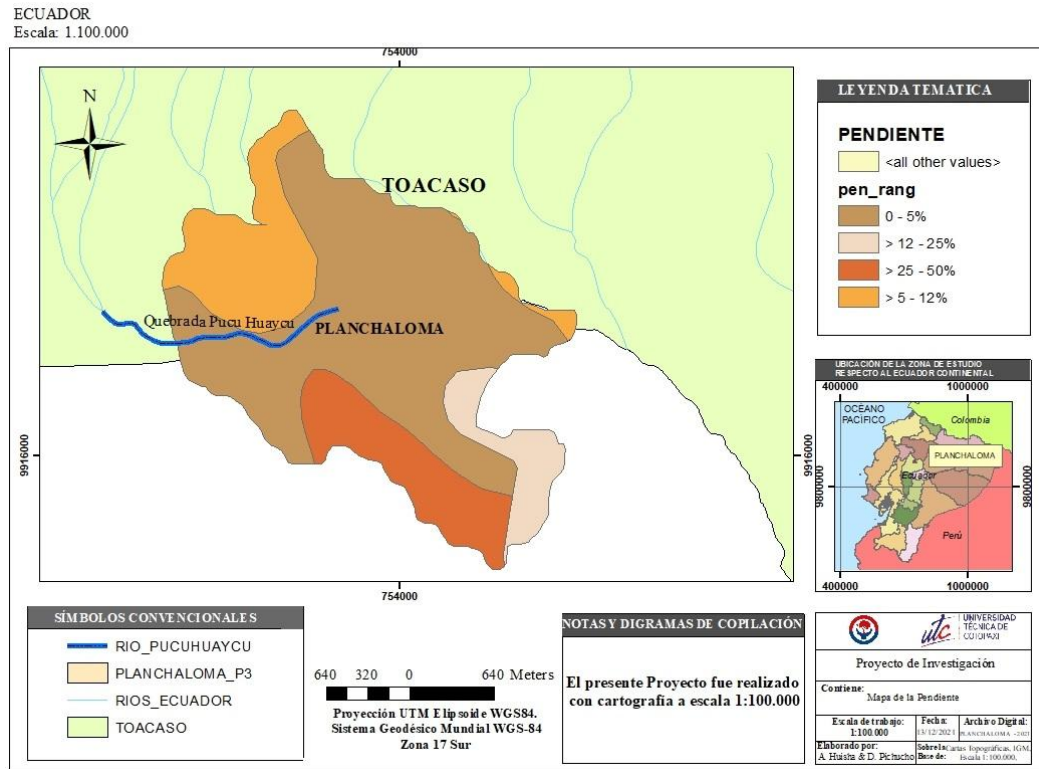
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.3. Pendiente

El suelo en la comunidad de Planchaloma se caracteriza por tener una topografía y morfología irregular (**Figura 6**); el 45,27 % representa un pendiente de 0 – 5% Plano a casi plano, el 24,21% es una pendiente de >5 – 12% Suave a ligeramente inclinado, es decir que es una sección transversal recta o ligeramente cóncavas, el 6,15% tiene una pendiente de >12 – 25 % Ligeramente ondulado (Micro relieve) y el 24,34% es una pendiente de >25 – 50% Moderadamente ondulado. De esta manera en el sitio de estudio existe una pendiente de 0 a 5%, considerada una zona plana o semiplana.

Figura 6

Mapa de pendiente de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).



Nota: Identificación de la pendiente perteneciente a la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.

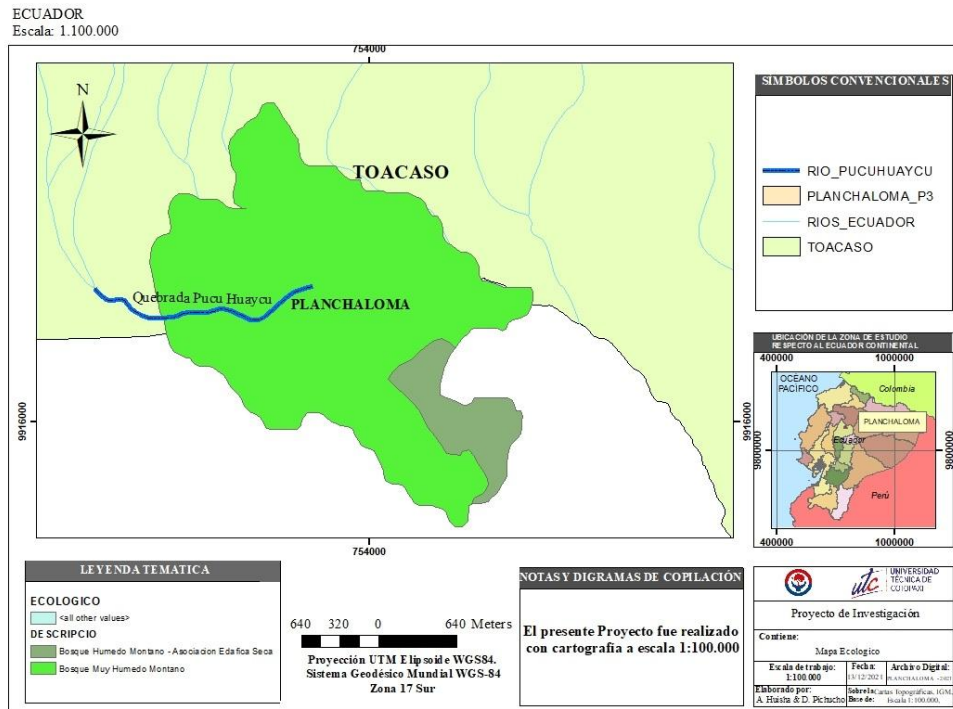
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.4. Ecosistemas presentes

Según la clasificación de Cañadas (1983), basada en Holdridge, el Ecuador posee 26 zonas de vida. La comunidad de Planchaloma corresponde a Bosque Húmedo Montano - Asociación Edáfica Seca con un 9,81% y el 90,18 % corresponde a un Bosque Muy Húmedo Montano (**Figura 7**).

Figura 7

Mapa ecológico de la Quebrada Pucu Huaycu (3200-3400 m.s.n.m).



Nota: Identificación de los ecosistemas presentes en la zona de estudio ubicada a una cota de 3200 a 3400 m.s.n.m.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

Asimismo, en la zona de estudio se encuentra la Reserva Ecológica Los Illinizas, que es parte integrante del Patrimonio Nacional de Áreas Naturales, en una extensión aproximada de 149.900 hectáreas.

La reserva se encuentra dentro del territorio de Toacaso con 5.582 hectáreas; es decir que el 36% del territorio Toacaso, corresponde a la Reserva Ecológica los Illinizas. Un área considerable de la Reserva se encuentra intervenida, se ha desbrozado los páramos y relictos boscosos y se han transformado en suelos de producción agropecuaria. (PDOT - Toacaso, 2020).

12.2.5. Geomorfología

12.2.5.1. Relieve

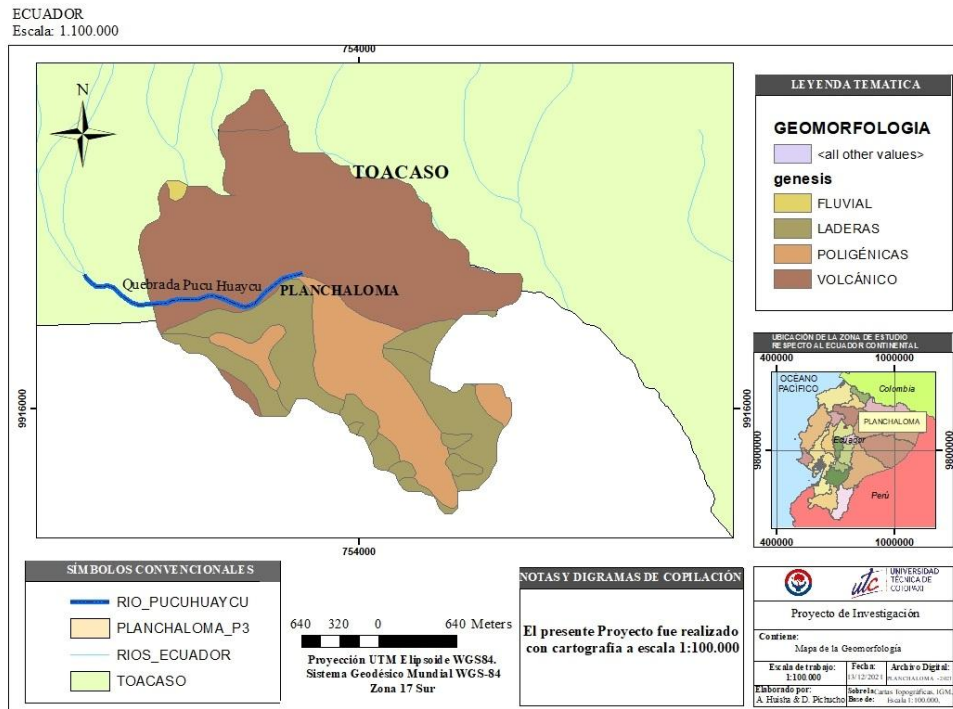
Según el estudio de Córdova (2016), determina que en Zona Centro-Norte de la Región Interandina, en la provincia de Cotopaxi la concentración de (As) es de 0,004 mg/L a 0,045 mg/L. Esto se da por la geología de los suelos, ya que en la actividad volcánica se introduce el arsénico en la atmósfera en forma de gases, que regresan a la tierra en forma de polvo o precipitación, lo cual por escorrentía llega a las fuentes hídricas (Campaña & Moreno, 2020).

En la comunidad de Planchaloma se asocia la formación del relieve con dominio de 4 ambientes, relacionados al de; laderas, volcánico, fluvial y poligenéticas y en la geomorfología de ambiente genético de laderas relacionados a geoformas de vertientes se identificó, coluvión antiguo, Conjuntamente, en la geomorfología de relieves volcánicos montañosos se ha considerado que se localiza entre el sistema volcánico del Atacazo, Iliniza y Corazón es decir en una colada de lava antigua y de lahares (**Figura 8**).

La geomorfología de origen fluvial presenta lavas andesíticas de grano fino y porfiríticas, bajo frecuente cobertura piroclástica en muy poca intervención en la zona de estudio. Igualmente, la geomorfología de ambiente poligenética tiene 3 grupos de difícil vinculación de lo que se consideran: coluvio-aluvial antiguo, Interfluvio de cimas estrechas e Interfluvio de cimas redondeadas.

Figura 8

Mapa geomorfológico de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m)



Nota: Identificación de la geomorfología representativa de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.6. Suelos

Según el estudio de Alvarez (2020), el suelo de la parroquia de Toacaso presenta una concentración de (As) de 40,031 mg/Kg, superando los LMP establecidos por la normativa TULSMA con respecto al criterio de calidad de suelo. Esto debido al uso del agua proveniente del volcán los Ilinizas con concentraciones de (As) para riego de cultivos e igualmente ya que la roca madre que origina los suelos, son rocas volcánicas ricas en arsénico, lo cual produce la acumulación de este metal.

La contaminación de esta causa la degradación de la fertilidad, alteración de la estructura, trastorna el equilibrio, conduce a la contaminación de cultivos y del agua subterránea, que fortuitamente es una amenaza para los organismos vivos.

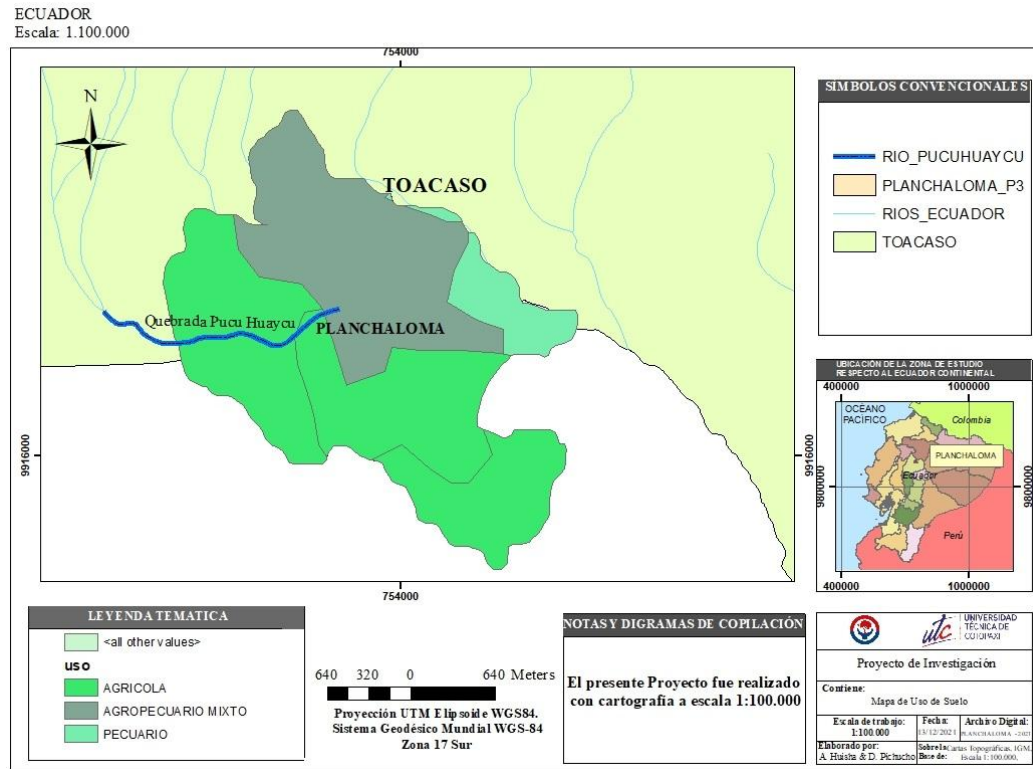
12.2.7. Uso y cobertura del suelo

En el territorio de la parroquia Toacaso, el páramo se encuentra sobre los 3.700 msnm, se ha identificado varios ecosistemas de páramos; páramo herbáceo, páramo seco, páramo arbustivo y páramo de almohadillas, en estos espacios naturales, se localizan también relictos de bosque nativo, pequeño en proporción, pero significativamente importante para el ecosistema. La formación boscosa corresponde a la clasificación de Bosque Montano Alto Siempre Verde. Se localizan también matorrales con especies pioneras y oportunistas, en los flancos de las quebradas de la microcuenca Toachi Pilatón y en sitios con fuertes pendientes. En las faldas de los Ilinizas, se encuentran áreas pequeñas cubiertas de nieve y afloramientos rocosos, típicos de este tipo de micro ecosistemas (PDOT - Toacaso, 2020).

En la siguiente figura se puede observar el uso y cobertura del suelo presente en la comunidad de Planchaloma. Correspondiente a esta información se ha considerado la zona de estudio en el representa un 82,32% (**Tabla 7**) dedicada al sector agrícola. Es importante considerar la concentración de Arsénico (As) en el agua debido a que la comunidad usa el recurso hídrico para sus cultivos.

Figura 9

Mapa del uso y cobertura del suelo de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m)



Nota: Identificación del uso y cobertura del suelo representativa de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m. Fuente: SNI– Archivos de información geográfica.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

Tabla 7

Uso y cobertura del suelo de la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).

Producción por zonas cobertura	Superficie (Ha)	Superficie (%)
Agrícola	22.401	87,32%
Agropecuario Mixto	367	1,43 %
Pecuario	2882	11,23 %,
Total	25.650	100 %

Nota: Tabla de la producción de las diferentes zonas de cobertura.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.2.8. Susceptibilidad a erosión del suelo

La erosión constituye uno de los problemas medioambientales y socioeconómicos más importantes a nivel global del siglo XXI. Se estima que una sexta parte del suelo mundial se encuentra afectado por erosión hídrica (WALLING & FANG, 2003).

La contaminación del suelo por metales pesados, tales como el cadmio (Cd), arsénico (As), plomo (Pb), cobre (Cu) y zinc (Zn), así como por pesticidas, es ampliamente observada en varias partes de la región debido a la rápida urbanización, industrialización y la agricultura intensiva. Las tasas de erosión del suelo son todavía demasiado altas en áreas extensas de tierras de cultivo y pastizales, las tasas de erosión han sido significativamente reducidas en varias áreas del mundo en las últimas décadas (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2016)

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje a la susceptibilidad a erosión del suelo de la comunidad de Planchaloma, considerando que la concentración de arsénico (As) se encuentra dentro de los LMP y no existe mucha presencia de erosión del suelo en la zona de estudio.

Tabla 8

Erosión del suelo

Susceptibilidad	Descripción	Porcentaje
Alta	Nula evidencia de erosión. Alta permeabilidad del suelo. Buena cobertura vegetal. Ningún signo de movimiento de suelo. Pérdida de suelo menor de 25%	23 %
Baja	Presencia de zanjas de 30 a 100 cm de ancho y de 15 a 30 cm de profundidad. Presencia de grava sobre el suelo menor de 20%.	37 %
Severa	Presencia de zanjas que exceden anchuras de 100 cm y profundidades de 30 cm en forma de U o V, o ambas. Presencia de grava entre 20 y 40%.	40 %

Nota: Identificación de la susceptibilidad del suelo de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m. Fuente: (FAO, 1994).

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.3. Caracterización del medio biótico

La caracterización del medio biótico ha sido considerada para identificar las especies de flora que prevalecen en la zona de estudio, permitiendo así identificar si estas son adaptables a las concentraciones de Arsénico prevalecientes a los alrededores de la Quebrada Pucuhuaycu.

12.3.1. Flora de la Quebrada Pucuhuaycu

En el sitio de estudio se evidenciaron 7 especies de flora (**Tabla 9**).

Tabla 9

Flora localizada en la Quebrada Pucuhuaycu (3200-3400 m.s.n.m).

Nombre científico	Nombre común	Usos
<i>Holcus lanatus</i>	Pasto de Terciopelo	Hierba, alimento de animales vacunos
<i>Baccharis latifolia</i>	Chilca	Medicinal
<i>Cortadeira nitidasp</i>	Sigse	Alimento para vertebrados
<i>Plantago lanceolata</i>	Llanten menor	Medicinal
<i>Schoenoplectus californicus</i>	Totora	Alimento para vertebrados
<i>Pennisetum clandestinum</i>	Kikuyo	Alimento para vertebrados

Nota: En la presente tabla se encuentran las especies que se evidenciaron dentro de la zona de estudio.

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.4. Caracterización sociocultural

12.4.1. Población

Según datos del INEC en el año 2010 la población de la parroquia Toacaso fue de 7.971 habitantes, proyectándose al año 2020 con 9.269 habitantes. Hay que tomar en cuenta que en el año 2015 la parroquia Toacaso recupera territorio al cual se suman un número estimado de 12 comunidades. Con esta aclaración y tomando en cuenta los datos del INEC se proyecta que la población de Toacaso al año 2020 será de 11.255, como se refleja en el cuadro que ponemos a continuación.

Tabla 10*Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010.*

Hombre	Mujer	Total
1,09%	1,08%	1,09%

Nota: Tasa de crecimiento del 2001 – 2010 representativa de la zona de estudio ubicada a una cota altitudinal de 3200 a 3400 m.s.n.m. Fuente: **INEC** - Censo, 2010

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.5. Concentración de arsénico y parámetros fisicoquímicos presentes en el recurso hídrico de la Quebrada Pucuhuaycu

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de río en la quebrada Pucuhuaycu en los dos periodos de muestreo. Los cuales se compararon con las tablas 1 y 2 de la norma INEN 1108 - Agua para consumo humano, y la tabla 3 del Acuerdo N°097A - Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, para calidad de agua de riego y uso agrícola, pues se conoce que existen dos concesiones en el sitio de estudio, de las cuales se emplea el agua del río para uso doméstico y riego agrícola.

12.5.1. Calidad de agua para consumo humano y doméstico

En la quebrada Pucuhuaycu, comunidad de Planchaloma, provincia de Cotopaxi a los 3200 y 3400 m.s.n.m, de los 6 parámetros fisicoquímicos analizados, coliformes fecales no cumple con lo permitido por la normativa en el primer análisis (**Tabla 11**). Esto, según SWISTOCK, (2020) confirma que la presencia de coliformes en el agua no garantiza que beber el agua cause una enfermedad, sino indica que existe una vía de contaminación entre una fuente de bacterias y el suministro de agua, lo cual es evidente ya que el sitio de estudio es una zona ganadera.

En el segundo análisis, As y coliformes fecales sobrepasan los LMP de la norma INEN 1108 (**Tabla 11**). Según la OMS, (2018) existe la probabilidad de que el consumo a largo plazo genere efectos por la ingesta prolongada de arsénico inorgánico. Además, la variación en valores de As es evidente por las condiciones climáticas, ya que la primera toma de muestras se realizó en el mes de enero, época donde inicia el periodo lluvioso y la segunda toma de

muestras se lo realizó en el mes de marzo, en donde los picos de precipitación llegan a ser más altos (**Figura 3**), según Larios et al. (2017), la presencia de arsénico en el medio ambiente se atribuye a fuentes naturales, debido a que éste se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre y la mineralogía de la zona y puede aportar elevadas concentraciones de arsénico en un ecosistema concreto.

Asimismo, la movilización puede ser debida también a procesos naturales, como la erosión del terreno y la actividad biológica. Sin embargo, el factor lluvia influye de manera fundamental en la movilidad y distribución de arsénico por el suelo y su llegada hacia las fuentes de agua, ya que existe correlaciones entre la movilidad de este metal y la precipitación.

Tabla 11

Requisitos físicos y químicos del agua para consumo humano.

Parámetros	Unidades	Tabla 1 NTE INEN 1108	Muestreo 1	Cumple/ No cumple	Muestreo 2	Cumple/ No cumple
Arsénico	mg/L	0,01	0,004	Cumple	0,75	No cumple
Coliformes fecales	NMP/100 mL	Ausencia	78,0	No cumple	33,0	No cumple
pH	-	6,5 – 8,0	7,83	Cumple	7,20	Cumple
Manganeso	mg/L	-	0,062	-	0,16	-
Sulfatos	mg/L	-	16,92	-	11,75	-
Oxígeno Disuelto	mg/L	-	3,25	-	5,03	-

Nota. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua de río en la quebrada Pucuhuaycu. Fuente: LANCAS, 2022

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.5.2. Calidad de agua para uso agrícola – riego

En la quebrada Pucuhuaycu, en la comunidad de Planchaloma, provincia de Cotopaxi a los 3200 y 3400 m.s.n.m, de los 6 parámetros fisicoquímicos analizados, todos cumplen con lo establecido por la normativa en el primer análisis (**Tabla 12**). Sin embargo, en el segundo análisis As esta sobre los LMP por la Tabla 3 del Acuerdo N°097A. Este caso es importante para la comunidad de Planchaloma debido a que, según el PDYOT (2015) de la parroquia de Toacaso, el 75% de la población en las comunidades se dedican a la agricultura y ganadería,

donde principalmente se dedican a la producción de papa, pastos, haba, melloco y maíz, la mayoría de los productos destinados al consumo humano, añadido a eso, utilizan el agua de la quebrada Pucuhuaycu para el riego de sus cultivos.

Añadido a lo anterior, la Universidad de Valladolid y el Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca, reconoce que regar alimentos agrícolas con aguas que presentan concentraciones de arsénico, provoca que se produzcan alimentos con índices de arsénico en ellos. Asimismo, señalan que, aunque no se trate de valores elevados, no son del todo preocupantes, siempre y cuando no se abuse de los alimentos ya que la población puede estar expuesta al riesgo de bioacumulación.

Tabla 12

Requisitos físicos y químicos del agua para riego agrícola.

Parámetros	Unidades	Tabla 3 Acuerdo N°097A	Muestreo 1	Cumple/No cumple	Muestreo 2	Cumple/No cumple
pH	-	6-9	7,83	Cumple	7,20	Cumple
Arsénico	mg/L	0,01	0,004	Cumple	0,75	No cumple
Manganeso	mg/L	0,2	0,062	Cumple	0,16	Cumple
Sulfatos	mg/L	250	16,92	Cumple	11,75	Cumple
Oxígeno Disuelto	mg/L	3	3,25	Cumple	5,03	Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 mL	1000	78,0	Cumple	33,0	Cumple

Nota: Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de río en la quebrada Pucuhuaycu

Fuente: LANCAS, 2022

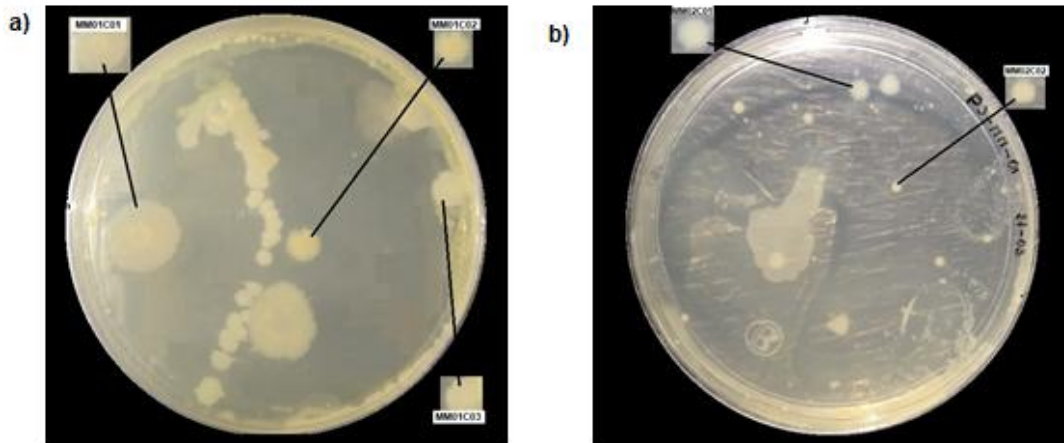
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.6. Bacterias presentes en concentraciones de As

En la (**Figura 10**) se observa el crecimiento masivo de los microorganismos cultivados en agar Nutritivo, de los que se han considerado 3 colonias diferentes en el primer periodo de muestreo y 2 colonias en el segundo periodo de muestro, de acuerdo a sus características macroscópicas disímiles.

Figura 10

a) Colonias MM01C01, MM01C02 Y MM01C03 aisladas del cultivo de muestra madre (MM) en primer muestreo b) Colonias MM02C01 y MM02C02 aisladas de cultivo de MM en segundo muestreo.



Agar Nutritivo
 Concentración del medio: 27g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 14h00

Agar Nutritivo
 Concentración del medio: 27g/L
 Días de cultivo: 2 días.
 Hora de toma de muestra: 10h30

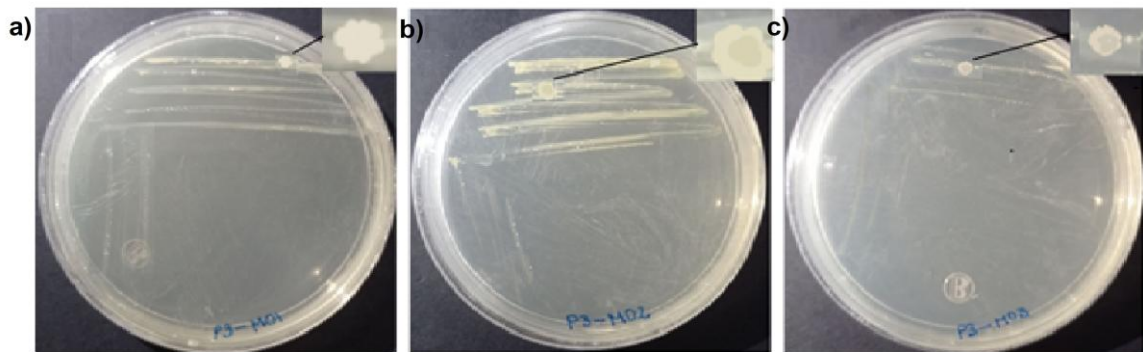
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.7. Aislamiento de las colonias seleccionadas en Agar Nutritivo

Se obtuvo un cultivo puro en base al aislamiento de las MMs en agar nutritivo, de las cuales **a), b) y c)** pertenecen al primer periodo de muestreo, **c) y d)** al segundo periodo de muestreo (**Figura 11**).

Figura 11

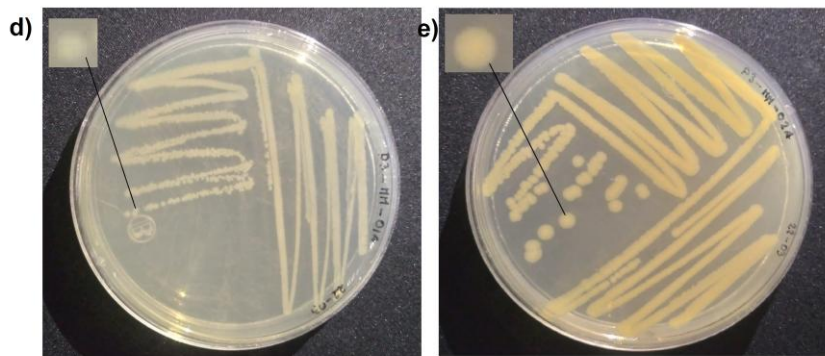
Colonias de cultivo puro aisladas de MM01 y MM02.



Concentración del medio: 27g/L
Días de cultivo: 4 días
Hora de toma de muestra: 11h40

Concentración del medio: 27g/L
Días de cultivo: 4 días
Hora de toma de muestra: 11h50

Concentración del medio: 27g/L
Días de cultivo: 4 días
Hora de toma de muestra: 12h00



Concentración del medio: 27g/L
Días de cultivo: 2 días
Hora de toma de muestra: 11h00

Concentración del medio: 27g/L
Días de cultivo: 2 días
Hora de toma de muestra: 11h10

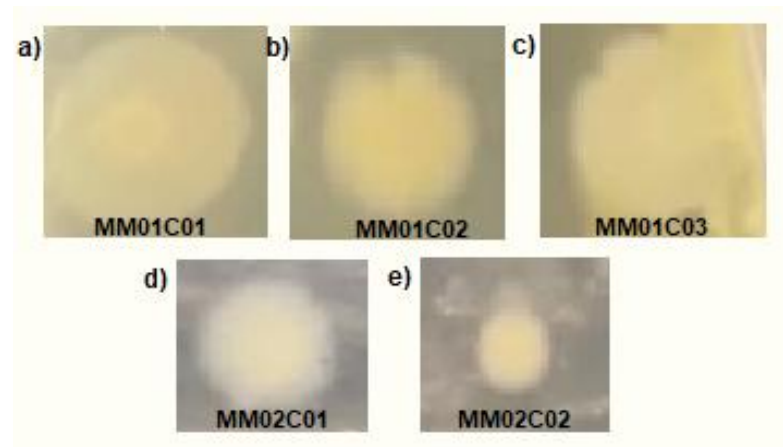
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.7.1. Características morfológicas

En la (**Figura 12a**) la colonia tiene forma circular, con una elevación plana que presenta un borde redondeado, con una textura cremosa, de consistencia translúcida y de pigmentación crema claro con un halo de precipitación biliar de color crema oscuro.

Figura 12

Colonias aisladas en los dos periodos de muestreo.



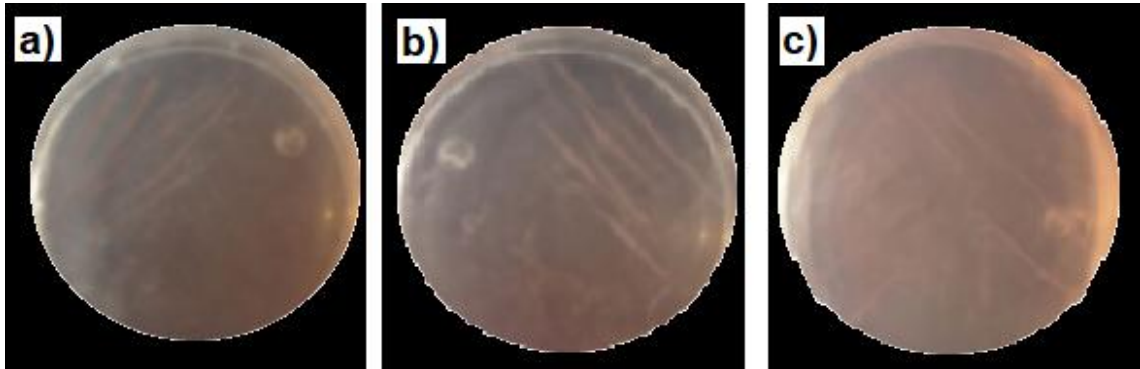
Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

La colonia MM01C02 presenta forma irregular, con una elevación planoconvexa que presenta un borde ondulado, con una textura cremosa y de pigmentación crema opaco con un aspecto húmedo (**Figura 12b**). La colonia de la (**Figura 12c**) tiene forma irregular, con una elevación plana que presenta un borde ondulado, con una textura cremosa, consistencia mucóide y de pigmentación crema opaca, con aspecto húmedo.

Las colonias del segundo periodo de muestreo presentaron una forma puntiforme con borde entero, de elevación convexa y textura cremosa (**Figura 12d**). Además, la colonia MM02C02 es de forma circular, de color fluorescente anaranjado, su borde es entero o suave, tiene una elevación convexa, su textura es cremosa y aspecto húmedo. (**Figura 11e**).

12.7.2. Prueba de la fermentación de lactosa en colonias aisladas

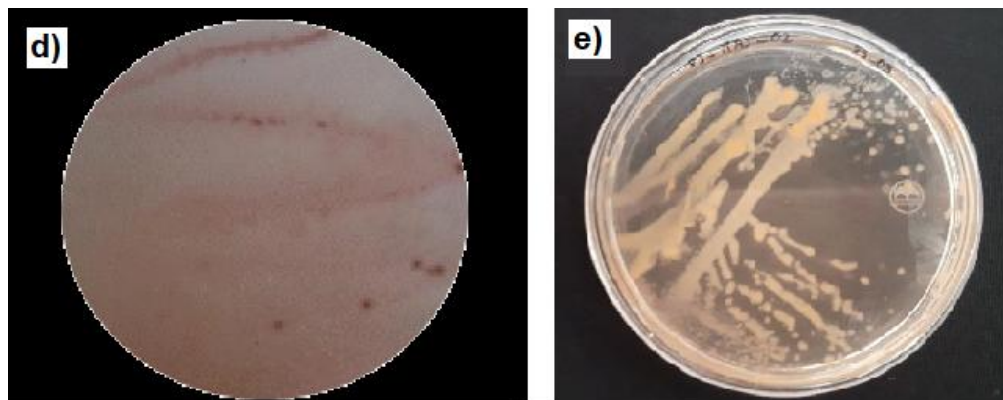
De las 5 colonias sometidas a prueba de fermentación de lactosa mediante el medio Agar MacConkey, las colonias a), b), c) y d) son Lac(+), ya que presentaron un color rosadas rojizas debido a que fermentan la lactosa para obtener energía metabólica, produciendo acidez, lo cual hace que baje el pH de $7,1 \pm 0,2$ (Lehninger, 2012) (**Figura 13**) y la colonia e) corresponde a Lac (-) ya que las bacterias no usan la lactosa como medio de energía, es decir utilizan la peptona, formando amoníaco, lo cual incrementa el pH del agar, formando colonias blancas o incoloras (Calderón et al., 2017).

Figura 13*Colonias aisladas sometidas a prueba de fermentación de lactosa*

Agar MacConkey
 Concentración del medio: 14,4g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 11h30

Agar MacConkey
 Concentración del medio: 14,4g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 11h40

Agar MacConkey
 Concentración del medio: 14,4g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 14h50



Agar MacConkey
 Concentración del medio: 14,4g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 10h00

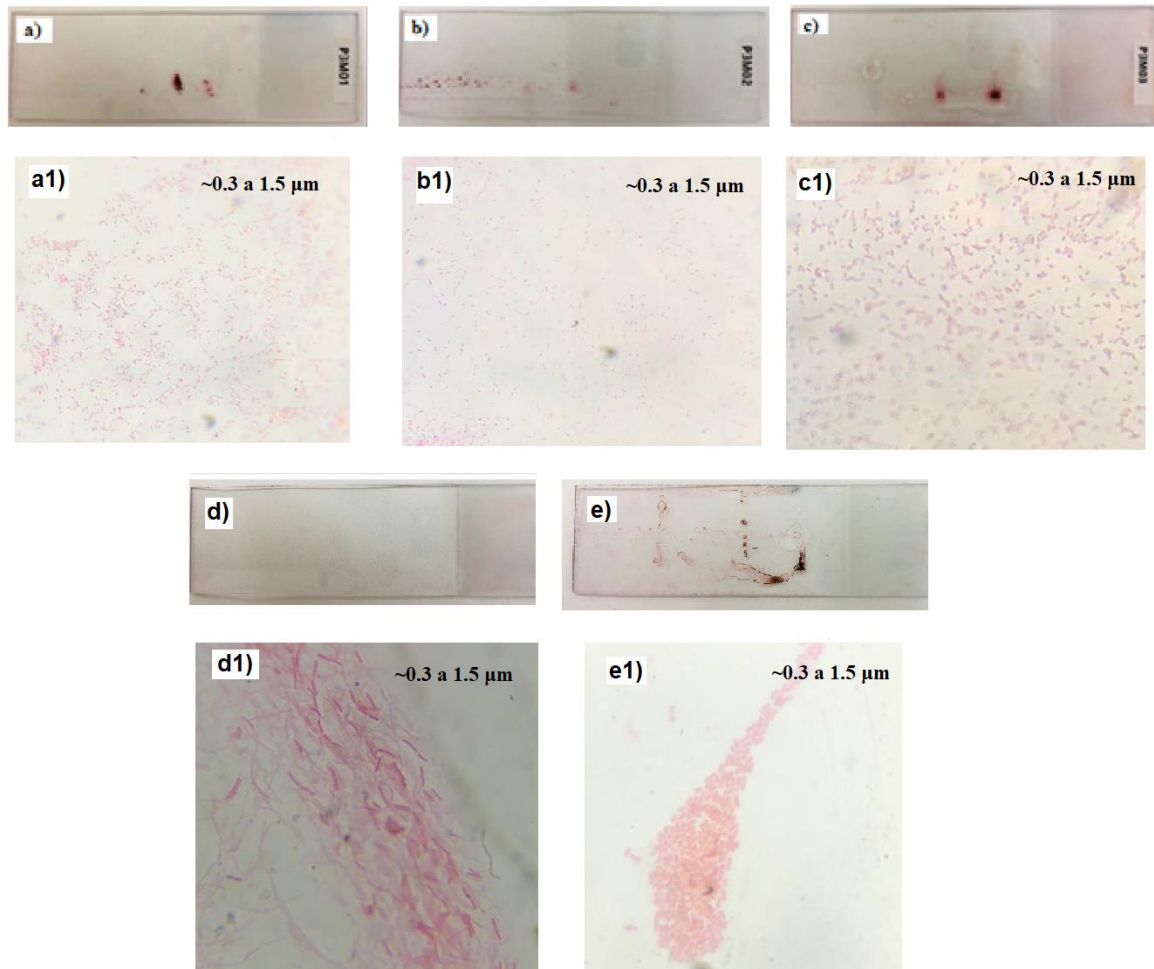
Agar MacConkey
 Concentración del medio: 14,4g/L
 Días de cultivo: 3 días
 Hora de toma de muestra: 10h10

Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

12.7.3. Identificación microscópica de las colonias aisladas

Figura 14

Colonias aisladas vistas en el lente 100x.



Elaborado por: Huisha Q. Andrea & Pichucho Ll. Daysi, 2022

Las colonias a1) y e1) son bacilos Gram (-) poseen ~ 0.3 a $1.5 \mu\text{m}$. Las colonias b1), c1) y d1) corresponden a Gram (+) con forma de bacilos, poseen ~ 0.3 a $1.5 \mu\text{m}$. Además, la colonia a1) corresponde a la orden *Enterobacterales*, familia *Enterobacteriaceae*, al género *Escherichia* (H. A. Lopardo et al., 2017). Las colonias b1), c1) y d1) corresponden a la orden *Bacillales*, familia *Bacillaceae*, género *Bacillus* (H. Lopardo, 2018; Macedo & Vola, 2017). La

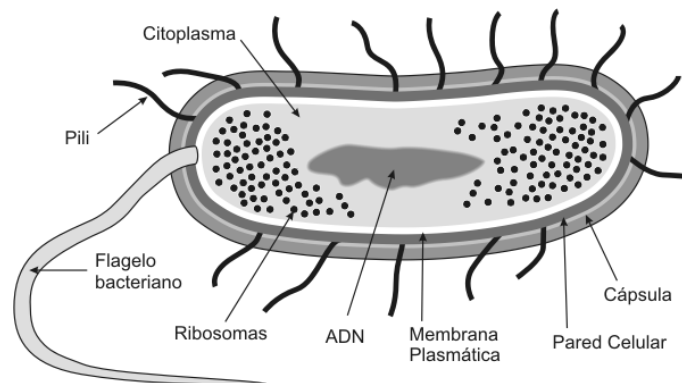
colonia e1) corresponde a la orden *Pseudomonadales*, familia *Pseudomonadaceae* y género *Pseudomonas* (Guerra et al., 2011; Quesada, 2019).

12.8. Mecanismos bioquímicos desarrollados por los microorganismos para biorremediar As

(Ameen et al., 2020) (Kargar & Hadizadeh Shirazi, 2020) (Halttunen et al., 2007) (Halttunen et al., 2008) (Huët & Puchooa, 2017) (Elsanhoty et al., 2016) (Kirillova et al., 2017) (Yilmaz et al., 2010) (Bhakta et al., 2010) (Li et al., 2017), han estudiado el uso de bacterias entéricas Gram (+), fermentadoras de lactosa en la remediación de agua contaminada con metales pesados. De acuerdo con Saheh & Ahmaed (2020), este tipo de biorremediación ocurre por la unión del metal con estructuras específicas de la pared celular (**Figura 15**), como peptidoglicano, ácidos teicoicos, ácidos lipoteicoicos, proteínas de la capa-S, que en su conjunto conforman la adhesión a las macromoléculas. Además, Mrvčić et al. (2012) postulan que sólo es necesario un periodo entre cinco minutos a una hora para una unión eficiente del metal con la bacteria.

Figura 15

Estructura de una célula enterobacteriana



Fuente: (Márquez et al., 2017)

Esta remoción puede suceder por dos mecanismos; (i) bioacumulación y (ii) biosorción. Rajendran et al. (2003) afirma que, los metales se unen a la superficie celular a través de mecanismos que incluyen interacciones electrostáticas, fuerzas de Van der Waals, unión covalente, interacciones redox, precipitación extracelular o la combinación de esos procesos;

los grupos cargados negativamente (carboxil, hidroxil y fosforil) de la pared celular bacteriana adsorben los iones metálicos y estos son retenidos.

Añade que, cuando los metales se unen a la superficie celular pueden bioacumularse. La bioacumulación es un proceso celular que involucra un sistema de transporte de membrana que internaliza el metal pesado presente en el entorno celular con gasto de energía, este consumo energético se realiza a través de la H⁺-ATPasa; una vez incorporado el metal pesado al citoplasma este es secuestrado por proteínas ricas en grupos sulfhidrilos llamadas metalotioneínas (MT), fitoquelatinas (FQ) y algunos nuevos péptidos de unión a metales (Marrero et al., 2010). Las metalotioneínas juegan un rol fundamental en la interacción microorganismo-metal, cuando el metal se une a ellas se facilita su absorción y transformación (Wu et al., 2010).

Gracias al mecanismo de bioacumulación o unión a metales descrito anteriormente, se ha desarrollado la tecnología de la biosorción, esta utiliza biomasa microbiana activa o inactiva para secuestrar metales, mediante su unión a la superficie celular (Nessner & Esposito, 2010). El proceso ocurre por diversos mecanismos físico-químicos como la adsorción o el intercambio iónico y cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos metabólicos de captación también pueden contribuir con el proceso (Cañizares, 2016). Esta estrategia ha sido aplicada usando biomasa de bacterias (Vasudevan et al., 2015). Varios grupos de constituyentes celulares como el grupo acetamido de la quitina, polisacáridos estructurales de los hongos, grupos sulfhidrilos, amino y carboxilo de algunas proteínas, grupos fosfato e hidroxil de polisacáridos participan en la biosorción (Vasudevan et al., 2015).

Las especies metálicas son efectivamente retenidas al interactuar con los fosfatos, proteínas y lípidos en el citoplasma celular, compitiendo con los iones de sodio, potasio y calcio en los mecanismos biológicos. No obstante, las posibilidades de desarrollar una mayor capacidad de absorción dependen del tipo de microorganismo y su etapa de crecimiento (Soto et al., 2017).

Los microorganismos utilizados como biosorbentes aislados a partir de ecosistemas contaminados, retienen metales pesados a intervalos de tiempo relativamente cortos al entrar en contacto con las disoluciones de los metales, esto minimiza los costos en el proceso de remediación pues no requiere el agregado de nutrientes al sistema porque el microorganismo

no necesita un metabolismo activo, además la biomasa es fácilmente extraíble de los sistemas acuosos (Rajendran et al., 2003).

Estudios han aplicado esta metodología mediante biofiltros elaborados con microalgas y bacterias han sido usados para la descontaminación de metales pesados a partir de desechos de metales (Loutseti et al., 2017), la utilización de células inmovilizadas tiene ventajas frente al uso de células libres para el tratamiento y remoción continua de metales, ya que la biomasa inmovilizada en columnas de sorción puede funcionar por ciclos de carga, regeneración y enjuague; mientras que si se usan células libres debido a su pequeño tamaño se dificulta la recuperación de la biomasa del efluente (Gupta et al., 2018). La biomasa microbiana puede ser inmovilizada en un amplio rango de materiales inertes como sílica, poliacrilamida, polimetano y polisulfona que han sido usados en variedad de biorreactores. Por otro lado, algunas bacterias han mostrado ser eficientes en la bioacumulación de metales pesados en efluentes industriales contaminados (Ramteke, 2016).

No obstante, las principales variables de las cuales depende la biorremediación son el contenido de materia orgánica, oxígeno disuelto, temperatura, pH, sulfatos y manganeso (Sode et al., 2016; Tang & Chen, 2015). De acuerdo con Cheng (2015), existen tres factores de riesgo en la biorremediación. Estos corresponden a; (i) biológicos, (ii) ambientales y (iii) contaminantes. Los factores biológicos van a depender de las fuentes de energía y de los principales requerimientos de los microorganismos para adaptarse y crecer en condiciones extremas de acuerdo con su hábitat natural. Una vez que los microorganismos se encuentren adaptados serán capaces de metabolizar los contaminantes. Los factores ambientales, corresponden a aquellas condiciones que favorecen la formación de enzimas capaces de metabolizar los contaminantes, o que van a facilitar los procesos de remoción. Por último, una baja concentración de factores contaminantes puede afectar la supervivencia de los microorganismos.

Dentro de los factores biológicos se encuentra el manganeso, que es considerado un micronutriente importante para el funcionamiento celular de microorganismos, además son elementos clave para citocromos y proteínas implicadas en el transporte de electrones, los cuales estimulan y favorecen la proliferación de estos organismos (Arango et al., 2010).

Por otro lado, Mrvi et al. (2009) mencionan que hay una competencia entre los iones metálicos con los H^+ en los sitios de unión de la pared celular. En medios de alta concentración de H^+ , $pH \leq 3$, hay pérdida de la actividad de unión en el analito y la pared celular, en cambio a bajas concentraciones de H^+ , $pH 6$, en la solución, la concentración de metales se vuelve despreciable y los grupos carboxilos de la pared celular, que poseen carga eléctrica negativa (-), participan en una unión eficiente con el metal, el que posee carga eléctrica positiva (+), haciendo eficiente el proceso. Sin embargo, es posible observar que a $pH > 6$ ocurre precipitación, tal es el caso de $Fe (II)$, el cual se oxida a $Fe (OH)_3$.

13.IMPACTOS

13.1. Impacto ambiental

La investigación tendrá un aporte positivo en el ámbito ambiental, mediante los resultados obtenidos sobre las posibles bacterias del género *Escherichia*, *Bacillus* y *Pseudomonas* herramienta la cual servirá de sustento para futuras investigaciones basados en la remediación de aguas con presencia de metales pesados y la identificación molecular de las bacterias. Asimismo, mediante el análisis de los niveles de concentración de Arsénico que como resultado del segundo muestreo a comparación del primer se ha registrado valores que sobrepasan los límites máximos permisibles. Considerando también los parámetros fisicoquímicos se ha podido analizar la calidad del agua de la quebrada Pucuhuaycu y mediante la información proporcionada será posible implementar alternativas de remediación, basándose en los parámetros que están fuera de los límites máximos permisibles de la normativa vigente para agua de uso agrícola y consumo humano.

13.2. Impacto social

La presente investigación aportará al ámbito social, en base a los resultados obtenidos sobre las concentraciones de Arsénico (As) en el recurso hídrico y sus diversos problemas que puede causar este metal pesado si el consumo es excesivo, mediante las autoridades competentes dar a conocer a la población del sector, para que puedan implementar medidas de mitigación y control mejorando así la calidad de vida de la población y de la parroquia.

14.PRESUPUESTO

En la tabla 13 se presenta la planificación del recurso financiero que están asociados a los costos del proyecto de investigación, es importante considerar un porcentaje de aproximadamente del 10% adicional en los costos, pues de la planeación a la ejecución, los precios pueden variar.

Tabla 13

Presupuesto para la elaboración del proyecto

RECURSOS	DESCRPCIÓN	UNIDADES	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
HUMANO	Investigador			
	Tutor			
	USB/Flash	1	\$5,00	\$5,00
TECNOLÓGICO	Programa	1	\$33,00	\$33,00
	MATLAB			
	Internet	12 meses	\$18,00	\$216,00
OFICINA	Resmas de papel	3	\$4,50	\$13,50
	Esferos	5	\$0,75	\$3,75
	Marcadores	3	\$0,90	\$2,70
	Impresiones	320	\$0,15	\$48,00
	Anillados	3	\$20,00	\$60,00
	Empastado	1	\$35,00	\$35,00
LABORATORIO	Análisis de Arsénico (Laboratorio acreditado)	2	\$14,90	\$29,80
	Análisis de la calidad de Agua (Laboratorio acreditado)	2	\$49,18	\$96,36

	Reactivos	6	\$5,25	\$31,50
	Compuestos quimicos	2	\$7,50	\$15,00
	Materiales	6	\$4,50	\$27,00
OTROS	Guía práctica de MATLAB	1	\$25,00	\$25,00
	Artículos científicos de paga	4	\$40,00	\$160,00
	Transporte	10	\$5,00	\$50,00
	Alimentación	10	\$2,00	\$20,00
	SUBTOTAL			\$871,61
10 % DE IMPREVISTOS			\$87,16	
TOTAL			\$958,77	

Nota: Presupuesto para la elaboración del presente proyecto de investigación.

Elaborado por: A. Huisha & D. Pichucho, 2021

12. CONCLUSIONES

- La contaminación del efluente en la Quebrada Pucuhuaycu está influenciada por las características propias del lugar, debido a que es una zona con formaciones volcánicas, las cuales han influenciado la presencia de As de manera natural en la roca madre y suelo, lo que provoca que por escorrentía y arrastre llegue este metal pesado en el recurso hídrico.
- En base a la comparación con la Tabla 3 para uso agrícola del Acuerdo Ministerial N°097A, en el primer análisis, de los 6 analitos, todos cumplen con los LMP. Sin embargo, en el segundo análisis hubo un incremento del As, sobrepasando este los LMP con 0,75 mg/L. Conjuntamente, en base a la comparación con la norma INEN 1108 para consumo humano, en el primer análisis, de los 6 parámetros analizados, coliformes fecales sobrepasó los LMP, complemento a esto, en el segundo análisis coliformes fecales tuvo reincidencia, ya que sobrepasó los LMP expuesto por la normativa, tal es el mismo caso de As.

- En el efluente de la Quebrada Pucuhuaycu se evidenciaron 5 colonias bacterianas, Gram (+) y Gram (-), lactosa (+) y lactosa (-), que por sus características y medio en el que se desarrollaron podrían ser del género *Escherichia*, *Bacillus* y *Pseudomonas*.

13. RECOMENDACIONES

- Se recomienda ampliar el análisis de As, puesto que se evidenciaron cambios en sus concentraciones, influenciadas por las características climáticas de la zona estudiada.
- Se recomienda realizar un estudio con la finalidad de conocer el estado de oxidación del As que se encuentra en el efluente de la quebrada Pucuhuaycu, debido a que la toxicidad de este depende del estado de oxidación del arsénico que se trate.
- El proceso de identificación de bacterias conlleva una serie de procesos que han dado como resultado la identificación de posibles bacterias de la familia *Enterobacteriaceae*, *Bacillaceae* y *Pseudomonadaceae*, por tal se recomienda realizar un estudio a nivel molecular con el fin de identificar la especie de bacterias presentes en el recurso hídrico.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ameen, F. A., Hamdan, A. M., & El-Naggar, M. Y. (2020). Assessment of the heavy metal bioremediation efficiency of the novel marine lactic acid bacterium, *Lactobacillus plantarum* MF042018. *Scientific Reports*, 10(1), 314.
<https://doi.org/10.1038/s41598-019-57210-3>

Albores, Quintanilla, Razó, L. M., & Velasco, M. (2015). *Arsénico y fluoruro en agua: riesgos y perspectivas desde la sociedad civil y la academia en México* (2 ed.). México: UNAM. Obtenido de https://www.geofisica.unam.mx/assets/afa_-arsenico-y-fluoruro-en-agua_libro-completo.pdf

Algorta, G. (2016). *BACILOS GRAM NEGATIVOS*.

Arango, Y. A., Urhan, J. B., Peñuela, G., & Aguirre, J. (2010). *Relación entre las formas solubles de hierro y manganeso y la presencia de bacterias oxidadoras de ambos elementos en el embalse Riogrande II- Don Matías (Antioquia, Colombia)*. 10.

Aryal, S. (2021, noviembre 19). *Agar MacConkey: Composición, principio, usos, preparación y morfología de colonias*. Microbiology Info.com.

<https://microbiologyinfo.com/macconkey-agar-composition-principle-uses-preparation-and-colony-morphology/>

ATSDR. (2016). *Resúmenes de Salud Pública—Arsénico (Arsenic)*.

https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html#:~:text=E1%20ars%C3%A9nico%20ha%20sido%20clasificado,s%C3%B3lido%20de%20color%20gris%20acero.

Banik, G. C., & Sanyal, S. K. (2016). Evaluation of Inorganic Fractions of Arsenic in Relation to Soil Properties in Affected Areas of West Bengal, India. *Current Science*, 111(8), 1371. <https://doi.org/10.18520/cs/v111/i8/1371-1377>

Barrero Cuevas, L. (2016). *Microbiología clínica*. Síntesis.

Benselhoub, A. (2015). *BIOECOLOGICAL ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION WITH HEAVY METALS IN ANNABA*. 25(1), 6.

Bhakta, J. N., Ohnishi, K., Munekage, Y., & Iwasaki, K. (2010). *Isolation and Probiotic Characterization of Arsenic-Resistant Lactic Acid Bacteria for Uptaking Arsenic*.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.1083023>

Bragado, R. (28 de Julio de 2017). *Tiloom*. Obtenido de Tiloom:

<https://www.tiloom.com/aguas-depuradas-para-riego-v-microbiologia-del-agua/#:~:text=Bacterias%2C%20tales%20como%20Vibrio%20cholerae,producen%20enfermedades%20hep%C3%A1ticas%20o%20diarreas>

- Bridgeman, H. A., Oliver, J. E., & Glantz, M. H. (2006). *El sistema climático global: Patrones, procesos y teleconexiones*. Cambridge University Press.
- Brooks, G. F., & Blengio Pinto, J. R. (2011). *Jawetz, Melnick y Adelberg: Microbiología médica*. McGraw Hill.
- BUAP. (21 de Octubre de 2021). *boletin.buap*. Obtenido de boletin.buap:
<https://www.boletin.buap.mx/node/2162>
- Bulgariu, D., & Bulgariu, L. (2018). *Equilibrium and kinetics studies of heavy metal ions biosorption on green algae waste biomass*. Bioresour.
- Calderón, R., Jácome, J. D., Reyes, M., Rojas, D., & Cando, L. J. R. (2017).
 CONSIDERACIÓN BÁSICA SOBRE LA SEGURIDAD MICROBIOLÓGICA DE
 LOS JUGOS DE NARANJA EXPENDIDOS EN LOS ALREDEDORES DE LA
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA-SEDE QUITO, CAMPUS “EL
 GIRÓN”. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 25(1), 71-84.
- Calderón, R., Jácome, J. D., Reyes, M., Rojas, D., & Ramírez, L. (2017). Consideración
 básica sobre la seguridad microbiológica de los jugos de naranja expendidos en los
 alrededores de la Universidad Politécnica Salesiana-Sede Quito, Campus “El
 Girón”. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*, 71-84. Obtenido de
<https://www.redalyc.org/journal/4760/476051824007/html/>
- Calderón, R., Jácome, J. D., Rojas, D., & Ramírez-Cando, L. (2016). CONSIDERACIÓN
 BÁSICA SOBRE LA SEGURIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS JUGOS DE
 NARANJA EXPENDIDOS EN LOS ALREDEDORES DE LA UNIVERSIDAD
 POLITÉCNICA SALESIANA-SEDE QUITO, CAMPUS “EL GIRÓN”. *La Granja*,
 25(1), 71. <https://doi.org/10.17163/lgr.n25.2017.07>

- Campaña, E., & Moreno, E. (2020). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS POR ARSÉNICO EN LA CAPTACIÓN DEL PROYECTO DE RIEGO CHILLA GRANDE*. Latacunga: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI .
- Cañizares, R. O. (2016). Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 13.
- Castro, G., & Medina, P. (2009). *Origen de los sulfatos en el agua subterránea del sur de la sierrita de Ticul, Yucatán*. 10.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: Evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124.
<https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Cedeño, J. (2015). *MATERIALES REQUERIDOS NO SUMINISTRADOS: 2*.
- Chojnacka, K. (2010). Biosorption and bioaccumulation – the prospects for practical applications. *Environment International*, 36(3), 299-307.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.12.001>
- Dippong, T., & Mihali, C. (2017). *Analysis of heavy metal content of different varieties of wines*.
- Dode, D. (2017, marzo 23). *Calidad de Agua*. Dirección de Recursos Hídricos.
<http://www.rekursoshidricos.gov.ar/web/index.php/nuestra-funcion/2017-03-23-14-12-06/calidad-de-agua>
- Elsanhoty, R. M., Al-Turki, I. A., & Ramadan, M. F. (2016). Application of lactic acid bacteria in removing heavy metals and aflatoxin B1 from contaminated water. *Water Science and Technology*, 74(3), 625-638.
<https://doi.org/10.2166/wst.2016.255>

- Espinoza, L., & Manziny, Y. (2019). *Espinoza_SLE-Manziny_LYE-SD.pdf* [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46307>
- Facsa. (2017, enero 23). *Metales pesados*. facsa.com. <https://www.facsa.com/metales-pesados/>
- FAO. (1994). *Plan de acción para combatir la desertificación en México (PACD-MEXICO)*. México: Comisión Nacional de Zonas Áridas.
- Flanagan, S., Johnston, R., & Zheng, Y. (2012). Arsenic in tube well water in Bangladesh: Health and economic impacts and implications for arsenic mitigation. *Bulletin of the World Health Organization*, 90(11), 839-846.
<https://doi.org/10.2471/BLT.11.101253>
- Gabriela Pérez Castillo, A., & Rodríguez, A. (2007). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(4). <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i4.5769>
- García Hylary, Q. (02 de Octubre de 2014). *Blogspot*. (E. 5, Productor) Recuperado el 11 de Febrero de 2022, de Blogspot:
<http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/tecnicas-y-metodos-de-estriado-en-caja.html>
- Guerra, G. A., Betancourth, C. A., Universidad de Nariño, Salazar, C. E., & Universidad de Nariño. (2011). Antagonismo de *Pseudomonas fluorescens* Migula frente a *Fusarium oxysporum* fsp. *Pisi* Schtdl en arveja *Pisum sativum* L. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v14.n2.2011.773>

- Gupta, R., Ahuja, P., Khan, S., Saxena, R. K., & Mohapatra, H. (2018). Microbial biosorbents: Meeting challenges of heavy metal pollution in aqueous solutions. *Current Science*, 78(8), 967-973.
- Halttunen, T., Collado, M. c., El-Nezami, H., Meriluoto, J., & Salminen, S. (2008). Combining strains of lactic acid bacteria may reduce their toxin and heavy metal removal efficiency from aqueous solution. *Letters in Applied Microbiology*, 46(2), 160-165. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2007.02276.x>
- Halttunen, T., Salminen, S., & Tahvonen, R. (2007). Rapid removal of lead and cadmium from water by specific lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 114(1), 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2006.10.040>
- Huët, M. A. L., & Puchooa, D. (2017). Bioremediation of heavy metals from aquatic environment through microbial processes: A potential role for probiotics? *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 5,(6), 1-3. <https://doi.org/10.7324/JABB.2017.50603>
- Humphrey, L. W. (2011, enero 25). *Experiencias con una versión de 1,5 km del Modelo Unificado de Met Office para pronósticos a corto plazo*. ametsoc.org. <https://ams.confex.com/ams/91Annual/webprogram/Paper177409.html>
- Hylary, Q. (2014, octubre 2). *La Microbiología, es el estudio de los organismos microscópicos, deriva de 3 palabras griegas: Mikros (pequeño), bios (vida) y logos (ciencia) que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica*. Microbiologia3b. microbiologia3bequipo5
- Iberdrola. (2020). *La contaminación del agua: Cómo no poner en peligro nuestra fuente de vida*. iberdrola.com. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua>

- Jochem, W. C., Razzaque, A., & Root, E. D. (2016). Effects of health intervention programs and arsenic exposure on child mortality from acute lower respiratory infections in rural Bangladesh. *International Journal of Health Geographics*, 15(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s12942-016-0061-9>
- Kargar, S., & Hadizadeh Shirazi, N. (2020). Lactobacillus fermentum and Lactobacillus plantarum bioremediation ability assessment for copper and zinc. *Archives of Microbiology*, 202(7), 1957-1963. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01916-w>
- Kirillova, A. V., Danilushkina, A. A., Irisov, D. S., Bruslik, N. L., Fakhrullin, R. F., Zakharov, Y. A., Bukhmin, V. S., & Yarullina, D. R. (2017). Assessment of Resistance and Bioremediation Ability of Lactobacillus Strains to Lead and Cadmium. *International Journal of Microbiology*, 2017, e9869145. <https://doi.org/10.1155/2017/9869145>
- Kozameh, G. (2015). *REDUCCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA POR FILTRO DOMÉSTICO AGUA PARA CONSUMO*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CÓRDOBA.
- Larios, R., Fernández, R., & Rucandio, M. (2017). *Movilidad y Disponibilidad de Arsénico en Sedimentos Mediante la Aplicación del Método de Extracciones Secuenciales BCR*. 50.
- Lehninger, D. (2012). *Lehninger Principles of Biochemistry*.
- Li, B., Jin, D., Yu, S., Etareri Evivie, S., Muhammad, Z., Huo, G., & Liu, F. (2017). In Vitro and In Vivo Evaluation of Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus KLDS1.0207 for the Alleviative Effect on Lead Toxicity. *Nutrients*, 9(8), 845. <https://doi.org/10.3390/nu9080845>

- Lillo, J. (2020, mayo 29). *Contaminación geogénica de arsénico en las aguas subterráneas*. Iagua.es. <https://www.iagua.es/blogs/javier-lillo/contaminacion-geogenica-arsenico-aguas-subterraneas>
- Lopardo, H. (2018). *Introducción a la microbiología clínica*.
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/52389/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Lopardo, H. A., Predari, S. C., & Vay, C. (2017). *Bacterias de Importancia Clínica*. 297.
- Lopardo, H. A., Predari, S. C., & Vay, C. (s. f.). *Bacterias de Importancia Clínica*. 1, 300.
- López-Jácome, L. E., Hernández-Durán, M., Colín-Castro, C. A., Ortega-Peña, S., Cerón-González, G., & Franco-Cendejas, R. (2014). *Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología*. 9.
- Loutseti, S., Danielidis, D. B., Economou-Amilli, A., Katsaros, C., Santas, R., & Santas, P. (2017). The application of a micro-algal/bacterial biofilter for the detoxification of copper and cadmium metal wastes. *Bioresource Technology*, 100(7), 2099-2105.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.11.019>
- Macedo, M., & Vola, M. (2017). *20 Principales grupos de bacilos Gram positivos aerobios*. 16.
- Manahan, S. (2007). *Introducción a la Química Ambiental* (Vols. 13-15). México: Reverté UNAM. Obtenido de
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/introduccion-a-la-quimica-ambiental-s.-e.-manahan2.pdf>
- Manahan, S. E. (2007). *Introduccion-a-la-quimica-ambiental-s.-e.-manahan2.pdf*.
<http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/introduccion-a-la-quimica-ambiental-s.-e.-manahan2.pdf>

- Marín, G. R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento* (Vol. 2). Madrid - España: Diaz D Santos. Obtenido de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>
- Márquez, S., Valenzuela, L., Gálvez, G., Fernández, L., & Bocchino, C. (2017). *Introducción al estudio de la célula*. <http://www.genomasur.com/lecturas/Guia01.htm>
- Marrero, J., Díaz, A., & Coto, O. (2010). *Mecanismos moleculares de resistencia a metales pesados en las bacterias y sus aplicaciones en la biorremediación*. 41(1), 13.
- Mellado, C., Badilla, C., Escalante, G., Campos, V., & Mondaca, M. (2017). Transformación de arsénico por bacterias aisladas de sedimentos enriquecidos con el metaloide. *LXV*, 115-119.
- Mena Vásconez, P., & Castillo, A. (Eds.). (2011). *Páramo: Paisaje estudiado, habitado, manejado e institucionalizado*. ECOBONA.
- Mondino, P. (2009). *Preparación de medios de cultivo*. 6.
- Montoya, E. A. R., Hernández, L. E. M., & Escareño, M. P. L. (2015). *Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos*. 16.
- Morice, C. (2017, septiembre 21). *Conjuntos de datos de observaciones del Met Office Hadley Center*. Metoffice. <https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/crutem4/>
- Mosa, K. A., Saadoun, I., Kumar, K., Helmy, M., & Dhankher, O. P. (2016). Potential Biotechnological Strategies for the Cleanup of Heavy Metals and Metalloids. *Frontiers in Plant Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00303>
- Mrvčić, J., Stanzer, D., Šolić, E., & Stehlik-Tomas, V. (2012). Interaction of lactic acid bacteria with metal ions: Opportunities for improving food safety and quality. *World*

Journal of Microbiology and Biotechnology, 28(9), 2771-2782.

<https://doi.org/10.1007/s11274-012-1094-2>

Mrvi, J., Prebeg, T., & Bari, L. (2009). *Zinc Binding by Lactic Acid Bacteria*. 8.

Nessner, V., & Esposito, E. (2010). Biotechnological strategies applied to the decontamination of soils polluted with heavy metals. *Biotechnology Advances*, 28(1), 61-69. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2009.09.002>

OMS. (15 de Febrero de 2018). <https://www.who.int/es>. Obtenido de

[https://www.who.int/es/news-room/fact-](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic#:~:text=Respuesta%20de%20la%20OMS&text=En%20estos%20momentos%2C%20el%201%20C3%ADmite,ars%20C3%A9nico%20del%20agua%20de%20bebida)

[sheets/detail/arsenic#:~:text=Respuesta%20de%20la%20OMS&text=En%20estos%20momentos%2C%20el%201%20C3%ADmite,ars%20C3%A9nico%20del%20agua%20de%20bebida](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic#:~:text=Respuesta%20de%20la%20OMS&text=En%20estos%20momentos%2C%20el%201%20C3%ADmite,ars%20C3%A9nico%20del%20agua%20de%20bebida).

Orozco Barrenetxea, C. (2011). *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*.

Paraninfo.

Paredes, J. (2019). *IMPORTANCIA DEL AGUA*. usmp.

<https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgu.html>

Patel, A., Sv, A., Shah, N., & Verma, D. K. (2017). Lactic acid bacteria as metal quenchers to improve food safety and quality. *AgroLife Scientific Journal*, 6(2), 146-154.

PDOT - Toacaso. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA TOACASO*. Latacunga.

Pottery, R. (2015). *PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD*.

Pulla Peña, E. (2007). *TRABAJO DE INVESTIGACION OXIGENO DISUELTO (OD)*. 6.

- Quesada, A. (2019, mayo 16). BioLab ZV: Proyecto Marte: Tolerancia a la radiación ultravioleta. *BioLab ZV*. <http://biolabzv.blogspot.com/2019/05/proyecto-marte-tolerancia-la-radiacion.html>
- Rajendran, P., Muthukrishnan, J., & Gunasekaran, P. (2003). *Microbes in heavy metal remediation*. 11.
- Ramteke, P. (2016). Biosorption of nickel (II) by *Pseudomonas stutzeri*. *Journal of Environmental Biology*, 21, 219-221.
- Rascón Castrejón, L. (02 de Octubre de 2014). *Blogspot*. Obtenido de Blogspot: <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/tecnicas-y-metodos-de-estriado-en-caja.html>
- Rascón, L. (2014, octubre 2). *La Microbiología, es el estudio de los organismos microscópicos, deriva de 3 palabras griegas: Mikros (pequeño), bios (vida) y logos (ciencia) que conjuntamente significan el estudio de la vida microscópica.* Microbiologia3b. microbiologia3bequipo5
- Reyes, Y., & Vergara, I. (2016). *CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA.* Sogomoso.
- Rodríguez , C., Hernández, C. F., & García Hidalgo, J. D. (2004). *Bacteriología General.* Costa Rica: Universidad de Costa Rica.
- Rodríguez Dunia. (2017). *Intoxicación ocupacional por metales pesados.*
- Ruiz, N. E. S., & Escobar, Y. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua.* 27, 10.

Saheh, S., & Ahmaed, A. (2020). *REMOVAL OF SOME HEAVY METAL FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY LACTIC ACID BACTERIA (WHOLE BACTERIA AND BIOFILM)*. 20, 4105-4108.

Santambrosio Eduardo. (2009). *PracticoIII.pdf*.

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/biotecnologia/practicoIII.pdf

Severiche, C. A., & González, H. (2012). Evaluación analítica para la determinación de sulfatos en aguas por método turbidimétrico modificado. *Ingenierías USBMed*, 3(2), 6-11. <https://doi.org/10.21500/20275846.269>

Shakoor, M. B., Niazi, N. K., Bibi, I., Murtaza, G., Kunhikrishnan, A., Seshadri, B.,

Shahid, M., Ali, S., Bolan, N. S., Ok, Y. S., Abid, M., & Ali, F. (2016).

Remediation of arsenic-contaminated water using agricultural wastes as biosorbents.

Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 46(5), 467-499.

<https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1109910>

SIEMBRA Y AISLAMIENTO DE MICROORGANISMOS. (2020). 28.

Singh, R., Singh, S., Parihar, P., Singh, V. P., & Prasad, S. M. (2015). Arsenic

contamination, consequences and remediation techniques: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 112, 247-270.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.009>

Sode, S., Bruhn, A., Balsby, T. J. S., Larsen, M. M., Gotfredsen, A., & Rasmussen, M. B.

(2016). Bioremediation of reject water from anaerobically digested waste water sludge with macroalgae (*Ulva lactuca* , Chlorophyta). *Bioresource Technology*,

146, 426-435. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.06.062>

- Soto, C., Gutiérrez, S., Rey-León, A., & González-Rojas, E. (2017). Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo. *NOVA*, 8(14), Article 14. <https://doi.org/10.22490/24629448.450>
- Swistock, B. (2020). *Bacterias Coliformes*. 6.
- Tang, H. L., & Chen, H. (2015). Nitrification at full-scale municipal wastewater treatment plants: Evaluation of inhibition and bioaugmentation of nitrifiers. *Bioresource Technology*, 190, 76-81. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.04.063>
- Tomás, L. de F. (2015). *Máster Universitario en Tecnología y Calidad en las Industrias Agroalimentarias*. 202.
- UNICAN. (2016). *Contaminacion del agua*. España.
- Valdes, J., Samboni, N., & Carvajal, Y. (2011). “Desarrollo de un indicador de la calidad del agua usando estadística aplicada, caso de estudio: subcuenca Zanjón Oscuro”. *Revista Tecno Lógicas*, n.º 26, 165 - 180.
- Valencia, E. (s. f.). *QUÍMICA DEL HIERRO Y MANGANESO EN EL AGUA, MÉTODOS DE REMOCIÓN*.
<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/754/1/ti881.pdf>
- Valtek. (2020). *Agar-MacConkey-Valtek-versión-4.pdf*.
- Vásquez, O. (2015). *DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN VEGETALES DEL PARQUE ESTATAL GENERAL LÁZARO CÁRDENAS “FLOR DEL BOSQUE”, EN EL ESTADO DE PUEBLA*. BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA.
- Vasudevan, P., Padmavathy, V., Tewari, N., & Dhingra, S. C. (2015). Biosorption of Heavy Metal Ions. *JSIR Vol.60(02) [February 2001]*.
<http://nopr.niscair.res.in/handle/123456789/26466>

- Vullo, D. L. (2016). *MICROORGANISMOS Y METALES PESADOS: UNA INTERACCIÓN EN BENEFICIO DEL MEDIO AMBIENTE*. 13.
- WALLING, D., & FANG, D. (2003). *Recent trends in the suspended sediment loads of the world's rivers*. Reino Unido: Global and Planetary Change.
- Wu, G., Kang, H., Zhang, X., Shao, H., Chu, L., & Ruan, C. (2010). A critical review on the bio-removal of hazardous heavy metals from contaminated soils: Issues, progress, eco-environmental concerns and opportunities. *Journal of Hazardous Materials*, 174(1-3), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.113>
- Yilmaz, M., Tay, T., Kivanc, M., & Turk, H. (2010). Removal of copper(II) Ions from aqueous solution by a lactic acid bacterium. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 27, 309-314.
- Yuan, W., Yang, N., & Li, X. (2017). *Advances in understanding how heavy metal pollution triggers gastric cancer*. BioMed Res.

15. ANEXOS

Anexo 1: Criterios de calidad de Agua para Consumo Humano

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 2: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

Tabla 3: criterios de calidad de aguas para riego agrícola

Parámetro	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 +6	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 3 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.

Tabla 4 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.

Problema potencial	Unidades	Grado de restricción *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad: (1)				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/L	450	450-2000	>2000
Infiltración: (4)				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40YCE=		5	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/L	3	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/L	3	3	
Cloruros:				
Irrigación superficial	meq/L	4	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/L	3	3	
Boro:	mg/L	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NO ₃ -)	mg/L	5	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) Solo aspersion	meq/L	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

* Es el grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua

(1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos

(2) CE = Conductividad eléctrica del agua de regadío (1milimhos/cm=1000micromh

(3) SDT = Sólidos disueltos totales

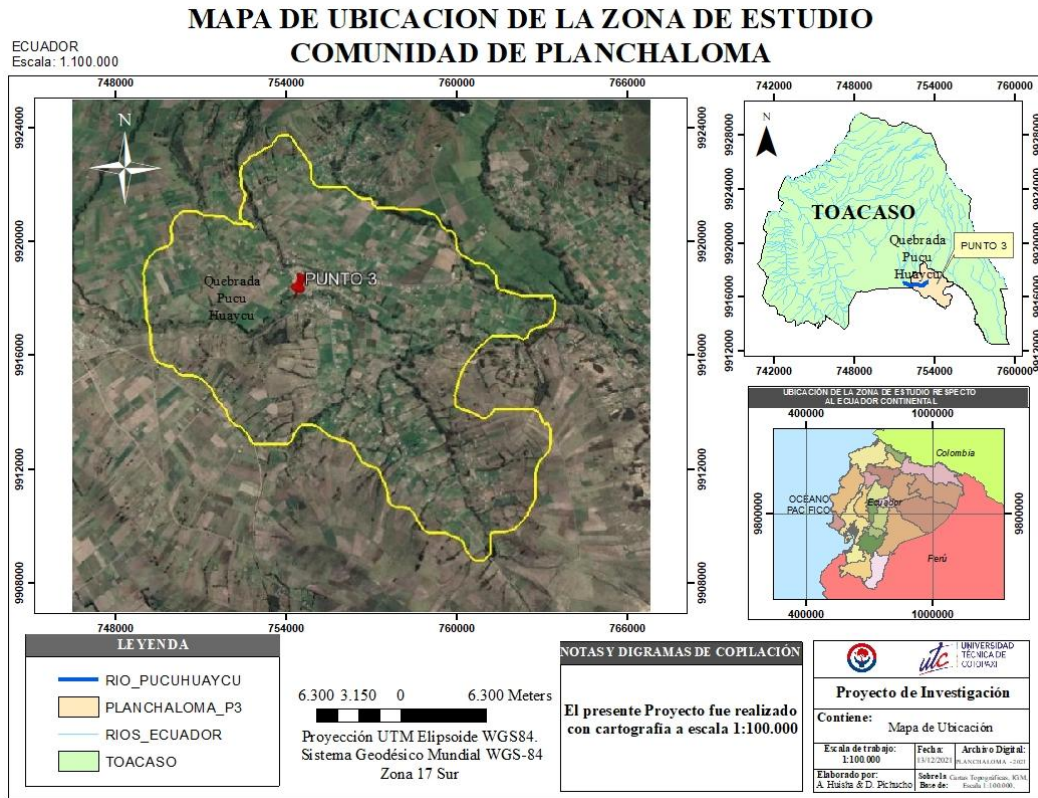
(4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo

(5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos

(6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada

(7) Afecta a los cultivos susceptibles


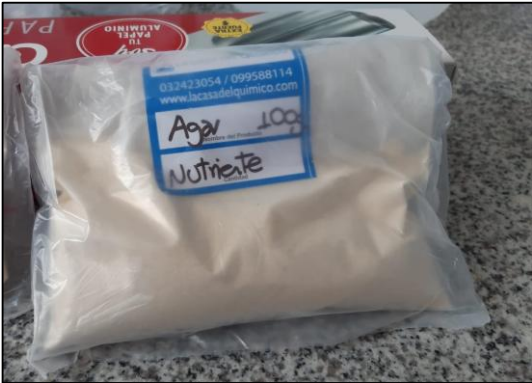




Anexo 4 Mapa de Ubicación de la zona de estudio



Anexo 5: Recolección de muestras

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 5
Descripción:	Recolección de muestras para la evaluación de la calidad de Agua de uso Agrícola y consumo Humano.	Fecha:	19/01/2022
		Fotografía 1: <i>Materials para la recolección de muestras.</i>	
		Fotografía 3: <i>Triple lavado para desinfección</i>	
		Fotografía 5: <i>Incorporación de soluciones (Preservante)</i>	
Elaborado por:		A. Huisha & D. Pichucho, 2022	




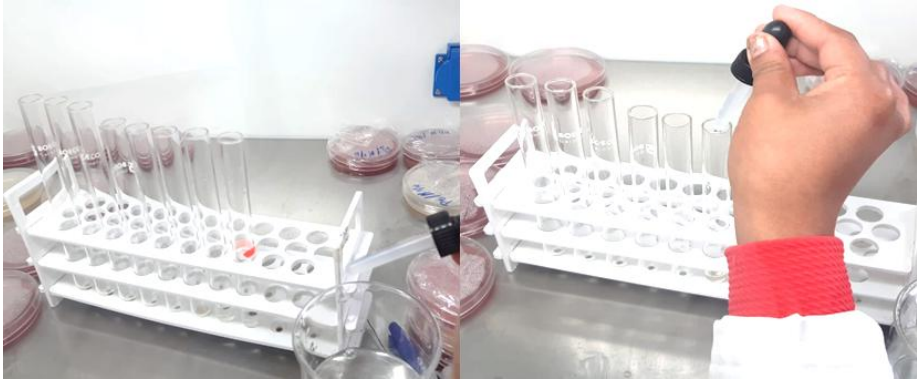
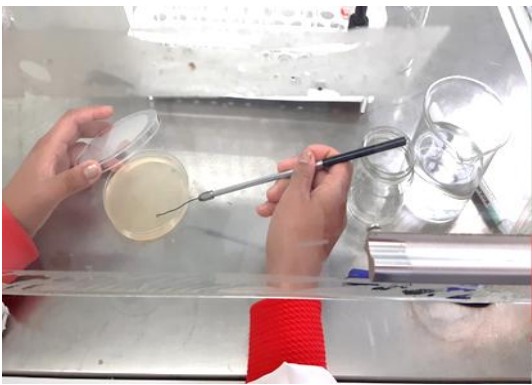
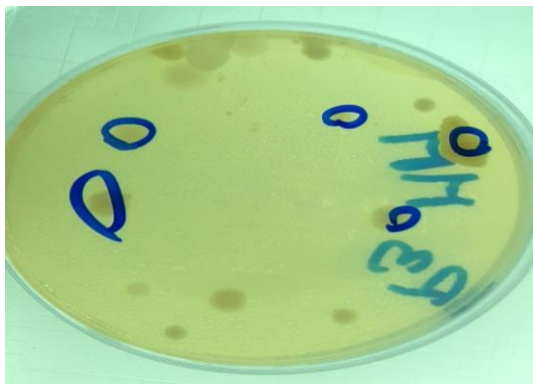
Anexo 6: Equipos - Materiales y Reactivos para el medio de cultivo.

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 6
Descripción:	Equipos/Materiales y Reactivos para el medio de cultivo (Agar Nutritivo).	Fecha:	10/02/2022
			
Fotografía 6: Agar nutritivo – Agar MacConkey		Fotografía 7: Pipeta y embudo de vidrio	
			
Fotografía 8: Matraces		Fotografía 9: Cajas Petri estériles, Agua destilada y guantes.	
			
Fotografía 10: Autoclave – Balanza de precisión – Estufa secadora – Cabina laminar			
Elaborado por:		A. Huisha & D. Pichucho, 2022	



Anexo 7: Preparación para el medio de cultivo (Agar Nutritivo)

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 7
	Descripción:	Procedimiento para el medio de cultivo (Agar Nutritivo).	Fecha: 10/02/2022
			
Fotografía 11: <i>Pesaje del agar nutritivo</i>	Fotografía 12: <i>Mezcla del agar con agua destilada</i>		
			
Fotografía 13: <i>Disolución del agua en la estufa</i>	Fotografía 14: <i>Ingreso del agar al Autoclave</i>		
			
Fotografía 15: <i>Vertido del medio de cultivo en las cajas Petri</i>			
Elaborado por: A. Huisha & D. Pichucho, 2022			

Anexo 8: Siembra de la muestra madre - Diluciones seriadas.

		<p align="center">UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL</p>		<p align="center">Anexo 8</p>
<p>Descripción:</p>		<p>Cultivo en medio sólido – Siembra en placas – Diluciones seriadas – Siembra por estrías. Identificación de las bacterias macro más relevantes</p>	<p>Fecha:</p>	<p>11/02/2022</p>
				
<p>Fotografía 16: <i>Recolección de muestra de agua</i></p>		<p>Fotografía 17: <i>Conservación y transporte de las muestras</i></p>		
				
<p align="center">Fotografía 18: <i>Diluciones seriadas a la 10⁻¹</i></p>				
				
<p>Fotografía 19: <i>Siembra de microorganismos</i></p>		<p>Fotografía 20: <i>Crecimiento de colonias características</i></p>		
<p>Elaborado por: A. Huisha & D. Pichucho, 2022</p>				











Anexo 9: Siembra de microorganismos en Agar nutritivo

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 9
Descripción:	Preparación del medio de cultivo sólido. Siembra de colonias relevantes en Agar Nutritivo.	Fecha:	17/02/2022 18/02/2022
			
Fotografía 21: Siembra del medio de cultivo Agar Nutritivo			
			
Fotografía 22: Siembra por estriado cuadrante	Fotografía 23: Etiquetado de cajas Petri		
			
Fotografía 24: Sellado de cajas Petri y almacenamiento			
Elaborado por: A. Huisha & D. Pichucho, 2022			

Anexo 10: Tinción de Gram

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 10
Descripción:	Materiales para tinción de Gram. Procedimiento para la identificación microscópica en base a la metodología del autor.	Fecha:	24/02/2022
			
Fotografía 25: <i>Reactivos para tinción Gram</i>		Fotografía 26: <i>Esterilización del asa de siembra</i>	
			
Fotografía 27: <i>Toma de la colonia más relevante</i>		Fotografía 28: <i>Frotis de la muestra en el portaobjetos</i>	
			
Fotografía 29: <i>Frotis al calor para fijar la muestra</i>			
Elaborado por: A. Huisha & D. Pichucho, 2022			

Anexo 11: Coloración de bacterias - Reactivos para Tinción Gram

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI INGENIERÍA AMBIENTAL		Anexo 11
	Descripción: Materiales para tinción de Gram. Procedimiento para la identificación microscópica en base a la metodología del autor.	Fecha:	24/02/2022
			
Fotografía 29: Colocación de Azul de metileno y lavado		Fotografía 30: Colocación de Lugol y lavado	
			
Fotografía 31: Colocación de Alcohol acetona y lavado		Fotografía 32: Colocación de Safranina y lavado	
			
Fotografía 33: Identificación microscópica de bacterias Gram + y Gram -			
Elaborado por:		A. Huisha & D. Pichucho, 2022	

Anexo 12 Informe de resultados de los parámetros fisicoquímicos – Primer análisis.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-022
Pág.1 de 3

USUARIO:	Daisy Pichucho			
PERSONA DE CONTACTO:	Daisy Pichucho			
DIRECCIÓN:	Latacunga			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0995748610	Email:	Daisy.pichucho6715@utc.edu.ec
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	19/1/2022	16H25	OT:	22-005
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	19/1/2022	a	27/1/2022	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	28/1/2022			

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-22-022	Agua Natural	Punto 3	Q. Pucuhuaycu	19/1/2021	10H42	-78.7234127 -0.7994679
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
La muestra para Oxígeno Disuelto presenta burbuja						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-022

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	7,83
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	3,993 ^(a)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,062 ^(a)
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	16,92
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	3,25 ⁽¹⁾
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	78,0


REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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

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



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

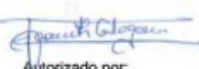

RC38-06

N. 22-022
Pag. 3 de 3

VALORES DE INCERTIDUMBRE

MATRIZ	ENSAYO	INTERVALO DE TRABAJO	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural, Residual y De consumo	Arsénico	(0,409-210,877) ug/L	k=2	6,468 ug/L ± 22,015 %	8,065 ug/L ± 17,520 %	9,417 ug/L ± 14,500 %	11,508 ug/L ± 6,880%	13,887 ug/L ± 6,035 %	210,877 ug/L ± 4,235 %	
	Nitrato	(1,07-71,18) mg/L	k=2	1,07 mg/L ± 24,84%	5,87 mg/L ± 4,54 %	10,44 mg/L ± 2,88 %	71,18 mg/L ± 1,34%			
	Nitrito	(0,243-4,036) mg/L	k=2	0,243 mg/L ± 13,706 %	0,423 mg/L ± 7,478 %	1,949 mg/L ± 1,880%	4,936 mg/L ± 1,800%			
	Cobre	(0,482-2,991) mg/L	k=2	0,482 mg/L ± 16,417 %	0,714 mg/L ± 10,212 %	0,954 mg/L ± 8,059 %	1,489 mg/L ± 5,019 %	2,991 mg/L ± 4,194 %		
	Color Aparente	(44-476) Pt-Co	k=2	44Pt-Co ± 21%	136Pt-Co ± 13%	252Pt-Co ± 5%	327Pt-Co ± 4%	476Pt-Co ± 7%		
	Color Real	(44-46) Pt-Co	k=2	44Pt-Co ± 20%	116Pt-Co ± 11%	254Pt-Co ± 5%	330Pt-Co ± 5%	465Pt-Co ± 5%		
	TPH	(0,02-152,23) mg/L	k=2	0,82 mg/L ± 24,81%	1,63 mg/L ± 9,80%	3,12 mg/L ± 6,65%	4,34 mg/L ± 15,96%	15,23 mg/L ± 5,03%	152,23 mg/L ± 4,26%	
	Fluoruro	(0,50-1,40) mg/L	k=2	0,50 mg/L ± 27,92 %	0,80 mg/L ± 15,14 %	1,40 mg/L ± 5,00 %				
	Turbidez	(0,96-686,33) NTU	k=2	0,96 NTU ± 14,64 %	30,94 NTU ± 6,36 %	130,00 NTU ± 3,64 %	307,95 NTU ± 2,74 %	628,35 NTU ± 2,42 %	686,33 NTU ± 1,82 %	
	Cloro Libre Residual	(0,07-3,8) mg/L	k=2	0,07 mg/L ± 20,39%	0,54 mg/L ± 12,24%	0,98 mg/L ± 4,46%	0,8 mg/L ± 11,2%	2,8 mg/L ± 7,0%	3,8 mg/L ± 6,8%	
Agua Natural, Residual	pH	(5,88-8,96) Ugh	k=2	5,88 Ugh ± 2,65%	6,96 Ugh ± 1,92 %	8,02 Ugh ± 0,28%	8,96 Ugh ± 0,24 %			
	Conductividad	(7,3-655,6) uS/cm	k=2	7,3 uS/cm ± 4,3 %	26,2 uS/cm ± 5,0 %	113,0 uS/cm ± 5,3 %	1104,5 uS/cm ± 0,7%	2992,5 uS/cm ± 1,3 %	655,6 uS/cm ± 4,1%	
	Fósforo Total	(0,542-4,816) mg/L	k=2	0,542 mg/L ± 22,647 %	3,095 mg/L ± 7,050%	4,816 mg/L ± 5,207 %				
	Cloruro	(5,94-1069,96) mg/L	k=2	5,94 mg/L ± 9,84 %	46,26 mg/L ± 1,57 %	124,77 mg/L ± 1,32 %	299,43 mg/L ± 0,68 %	1009,06 mg/L ± 1,83 %		
	Dureza Total	(10,62-752,55) mg/L	k=2	10,62 mg/L ± 9,94%	41,50 mg/L ± 2,34 %	365,91 mg/L ± 2,19 %	527,50 mg/L ± 0,71 %	752,55 mg/L ± 0,74 %		
	Dureza Cálcica	(6,62-525,48) mg/L	k=2	6,62 mg/L ± 11,18%	37,22 mg/L ± 2,71 %	161,06 mg/L ± 1,12 %	397,96 mg/L ± 1,23 %	525,48 mg/L ± 0,91 %		
	Alcalinidad Total	(17,38-609,50) mg/L	k=2	17,38 mg/L ± 11,06%	609,50 mg/L ± 1,79 %					
	Nitrógeno Amomiacal	(0,10-1,34) mg/L	k=2	0,10 mg/L ± 27,83 %	0,72 mg/L ± 5,88 %	1,34 mg/L ± 4,48 %				
	Hierro	(0,95-6,44) mg/L	k=2	0,95 mg/L ± 23,46 %	1,03 mg/L ± 14,55 %	2,85 mg/L ± 4,72%	6,00 mg/L ± 3,88 %	6,44 mg/L ± 2,35 %		
	Sólidos totales disueltos	(62,2-1186,7) mg/L	k=2	62,2 mg/L ± 24,6 %	197,1 mg/L ± 11,7%	513,8 mg/L ± 9,9 %	796,7 mg/L ± 5,0 %	1186,7 mg/L ± 4,5 %		
	DBD5	(4,82-3366,67) mg/L	k=2	4,82 mg/L ± 19,60 %	31,37 mg/L ± 12,88 %	212,50 mg/L ± 10,35 %	334,17 mg/L ± 11,55 %	3366,67 mg/L ± 2,82 %		
	Manganeso	(0,140-1,017) mg/L	k=2	0,140 mg/L ± 24,964 %	0,519 mg/L ± 8,240 %	1,017 mg/L ± 4,645 %				
	Cadmio	(0,148-1,068) mg/L	k=2	0,148 mg/L ± 27,600 %	0,275 mg/L ± 15,783 %	0,536 mg/L ± 7,795 %	1,068 mg/L ± 4,026 %			
	Sólidos Totales	(53,9-3491,8) mg/L	k=2	53,9 mg/L ± 16,1 %	198,0 mg/L ± 16,5 %	484,7 mg/L ± 8,0 %	1543,7 mg/L ± 2,7 %	3491,8 mg/L ± 1,4 %		
	Calcio	(4,3-210,61) mg/L	k=2	4,3 mg/L ± 12,14%	14,30 mg/L ± 2,80%	40,52 mg/L ± 1,1%	119,42 mg/L ± 1,23%	210,61 mg/L ± 1,62%		
	Potasio	(2,16-49,69) mg/L	k=2	2,16 mg/L ± 11,35%	3,26 mg/L ± 9,39%	3,88 mg/L ± 7,42%	4,52 mg/L ± 5,75%	21,41 mg/L ± 4,79%	49,69 mg/L ± 2,73%	
	Magnesio	(19,89-94,52) mg/L	k=2	19,89 mg/L ± 28,69%	25,09 mg/L ± 22,87%	48,29 mg/L ± 6,21%	94,52 mg/L ± 14,05%			
	Sodio	(6,0-372,86) mg/L	k=2	6,0 mg/L ± 18,62%	23,30 mg/L ± 5,77%	43,53 mg/L ± 3,51%	101,25 mg/L ± 8,64%	232,94 mg/L ± 2,70%	372,86 mg/L ± 6,20%	
	Silice	(12,80-79,02) mg/L	k=2	12,80 mg/L ± 24,46%	22,12 mg/L ± 13,02%	43,65 mg/L ± 6,68%	63,83 mg/L ± 4,80%	79,02 mg/L ± 3,78%		
	Sólidos suspendidos	(94,7-4750,7) mg/L	k=2	44,7 mg/L ± 26,0%	257,6 mg/L ± 11,4%	1862,0 mg/L ± 9,0%	2677,8 mg/L ± 1,5%	4750,7 mg/L ± 2,7%		
	DOO	(20-133) mg/L	k=2	20 mg/L ± 28%	41 mg/L ± 11%	72 mg/L ± 5%	101 mg/L ± 5%	133 mg/L ± 6%		
	Zinc	(0,114-7,767) mg/L	k=2	0,114 mg/L ± 28,804%	0,377 mg/L ± 13,066%	0,887 mg/L ± 4,231%	2,701 mg/L ± 5,738%	7,767 mg/L ± 4,194%		
	Oxígeno Disuelto	(1,30-6,29) mg/L	k=2	1,30 mg/L ± 8,70%	5,12 mg/L ± 10,15%	8,29 mg/L ± 4,58%				
	Fosfato	(0,996-6,707) mg/L	k=2	0,996 mg/L ± 25,775%	2,210 mg/L ± 14,024%	4,102 mg/L ± 6,558%	6,707 mg/L ± 4,752%			
	Sulfatos con reactivo HACH	(6,00-620,00) mg/L	k=2	5,32 mg/L ± 25,81%	15,45 mg/L ± 8,57%	34,82 mg/L ± 12,83%	620,56 mg/L ± 1,59%			
	Acidez y Grasas por Gravimetría	(40,0-576,0) mg/L	k=2	39,8 mg/L ± 21,2%	102,8 mg/L ± 16,4%	282,1 mg/L ± 19,4%	576,0 mg/L ± 28,8%			
	Tenacidad	(0,40-24,71) mg/L	k=2	0,40 mg/L ± 20,08%	0,52 mg/L ± 28,58%	0,68 mg/L ± 18,01%	0,96 mg/L ± 16,37%	1,26 mg/L ± 12,95%	1,40 mg/L ± 13,56%	24,71 mg/L ± 13,30%
	Sulfuro	(0,200-7,00) mg/L	k=2	0,206 mg/L ± 20,412%	0,387 mg/L ± 19,181%	1,022 mg/L ± 9,572%	7,012 mg/L ± 8,571%			

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:
Nitrato y Nitrito son expresados como NO3-N y NO2-N respectivamente.


Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio


Anexo 13 Informe de resultados de los parámetros fisicoquímicos – Segundo análisis



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-062

Pág. 1 de 3

USUARIO:	Geomayra Cali		
PERSONA DE CONTACTO:	Geomayra Cali		
DIRECCIÓN:	Latacunga		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	0979287957	Email: geomayra.cali3089@utc.edu.ec
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	23/03/2022	16H30	OT: 22-030
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	23/03/2022	a	26/03/2022
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	28/03/2022		

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-22-062	Agua Natural	P3 Planchaloma	Latacunga	23/03/2022	13H22	No Reporta
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-062

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	750,970 ^(a)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,165
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	11,75
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	5,03
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	33,0

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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



Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUAS
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-062
Pág. 3 de 3

VALORES DE INCERTIDUMBRE

MATRIZ	ENSAYO	INTERVALO DE TRABAJO	FACTOR DE COBERTURA	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6	NIVEL 7
Agua Natural, Residual y De consumo	Arsénico	(6.468-210.877) µg/L	k=2	6.468 µg/L ± 22.015 %	6.695µg/L ± 17.520 %	9.417µg/L ± 14.500 %	51.508µg/L ± 6.888%	93.887µg/L ± 6.635 %	210.877µg/L ± 4.235 %	
	Nitratos	(1.07-71.18) mg/L	k=2	1.07mg/L ± 24.84%	5.67mg/L ± 4.54 %	10.44mg/L ± 2.68 %	71.18mg/L ± 1.34%			
	Nitritos	(0.243-4.939) mg/L	k=2	0.243mg/L ± 13.756 %	0.423mg/L ± 7.478 %	1.046mg/L ± 1.880%	4.939mg/L ± 1.800%			
	Cobre	(0.483-2.991) mg/L	k=2	0.483mg/L ± 16.417 %	0.714mg/L ± 10.212 %	0.954mg/L ± 8.069 %	1.489mg/L ± 5.619 %	2.991mg/L ± 4.194 %		
	Color Aparente	(44-479) Pt-Co	k=2	44Pt-Co ± 21%	139Pt-Co ± 13%	252Pt-Co ± 5%	327Pt-Co ± 4%	479Pt-Co ± 7%		
	Color Real	(44-445) Pt-Co	k=2	44Pt-Co ± 20%	116Pt-Co ± 11%	254Pt-Co ± 5%	330Pt-Co ± 5%	445Pt-Co ± 5%		
	TPH	(0.82-152.23) mg/L	k=2	0.82mg/L ± 24.91%	1.63mg/L ± 9.85%	3.12mg/L ± 9.85%	4.34mg/L ± 15.96%	15.23mg/L ± 5.03%	152.23mg/L ± 4.28%	
	Fluoruros	(0.50-5.40) mg/L	k=2	0.50mg/L ± 27.62 %	0.80mg/L ± 15.14 %	1.40mg/L ± 3.00 %				
	Turbidez	(0.96-989.33) NTU	k=2	0.96 NTU ± 14.64 %	30.94 NTU ± 6.36 %	120.00 NTU ± 3.64 %	307.95 NTU ± 2.74 %	626.35 NTU ± 2.42 %	989.33 NTU ± 1.62 %	
	Cloro Libre Residual	(0.07-3.6) mg/L	k=2	0.07mg/L ± 29.39%	0.54mg/L ± 12.24%	0.96mg/L ± 4.40%	0.9mg/L ± 11.5%	2.6mg/L ± 7.6%	3.6mg/L ± 6.6%	
Agua Natural, Residual	pH	(5.88-8.96) UspH	k=2	5.89 UspH ± 2.69%	6.96 UspH ± 1.92 %	8.02 UspH ± 0.28%	8.96 UspH ± 0.24 %			
	Conductividad	(7.3-6955.6) uS/cm	k=2	7.3 uS/cm ± 4.3 %	26.2 uS/cm ± 5.0 %	113.0 uS/cm ± 5.3 %	1104.5 uS/cm ± 0.7%	2992.5 uS/cm ± 1.3 %	6955.6 uS/cm ± 4.1%	
	Fósforo Total	(0.542-8.810) mg/L	k=2	0.542mg/L ± 22.647 %	3.095mg/L ± 7.690%	4.810mg/L ± 5.207 %				
	Cloruros	(5.94-1069.06) mg/L	k=2	5.94mg/L ± 9.64 %	46.26mg/L ± 1.67 %	124.77mg/L ± 1.32 %	299.42mg/L ± 0.69 %	1069.06mg/L ± 1.63 %		
	Dureza Total	(10.62-752.55) mg/L	k=2	10.62mg/L ± 9.94%	41.50mg/L ± 2.34 %	285.91mg/L ± 2.19 %	527.50mg/L ± 0.71 %	752.55mg/L ± 0.74 %		
	Dureza Cálctica	(6.62-525.46) mg/L	k=2	6.62mg/L ± 11.16%	37.22mg/L ± 2.71 %	101.09mg/L ± 1.12 %	297.96mg/L ± 1.23 %	525.46mg/L ± 0.91 %		
	Alcalinidad Total	(17.38-609.50) mg/L	k=2	17.38 mg/L ± 11.00%	609.50mg/L ± 1.79 %					
	Nitrógeno Amomiacal	(0.10-1.34) mg/L	k=2	0.10mg/L ± 27.83 %	0.72mg/L ± 5.88 %	1.34mg/L ± 4.48 %				
	Hierro	(0.56-9.44) mg/L	k=2	0.56mg/L ± 23.46 %	1.03mg/L ± 14.55 %	2.65mg/L ± 4.72%	6.69mg/L ± 3.68 %	9.44mg/L ± 2.55 %		
	Sólidos totales disueltos	(62.2-186.7) mg/L	k=2	62.2mg/L ± 24.6 %	197.1mg/L ± 11.7%	513.8mg/L ± 9.9 %	798.7mg/L ± 5.6 %	1186.7mg/L ± 4.5 %		
	DBO5	(4.62-3356.67) mg/L	k=2	4.62mg/L ± 19.60 %	31.37mg/L ± 12.88 %	212.50mg/L ± 10.95 %	534.17mg/L ± 11.55 %	3356.67mg/L ± 2.82 %		
	Manganeso	(0.140-1.017) mg/L	k=2	0.140 mg/L ± 24.994 %	0.519mg/L ± 8.240 %	1.017mg/L ± 4.645 %				
	Cadmio	(0.146-1.060) mg/L	k=2	0.146mg/L ± 27.900 %	0.275mg/L ± 15.783 %	0.536mg/L ± 7.705 %	1.060mg/L ± 4.026 %			
	Sólidos Totales	(105.3-3491.8) mg/L	k=2	105.3mg/L ± 20.4 %	3491.8mg/L ± 2.8 %					
	Calcio	(4.31-210.61) mg/L	k=2	4.31mg/L ± 10.14%	14.92mg/L ± 2.86%	40.52mg/L ± 1.11%	119.42mg/L ± 1.23%	210.61mg/L ± 1.62%		
	Potasio	(2.16-49.69) mg/L	k=2	2.16mg/L ± 11.35%	3.89mg/L ± 9.39%	3.89mg/L ± 7.42%	4.52mg/L ± 5.75%	21.41mg/L ± 4.79%	49.69mg/L ± 2.73%	
	Magnesio	(9.89-94.52) mg/L	k=2	9.89mg/L ± 28.69%	25.09mg/L ± 22.87%	40.29mg/L ± 6.21%	94.52mg/L ± 14.05%			
	Sodio	(6.01-372.96) mg/L	k=2	6.01mg/L ± 16.62%	23.30mg/L ± 5.73%	43.53mg/L ± 3.51%	101.25mg/L ± 6.64%	232.94mg/L ± 2.70%	372.96mg/L ± 5.55%	
	Silíce	(12.80-79.02) mg/L	k=2	12.80mg/L ± 24.40%	22.12mg/L ± 13.02%	43.65mg/L ± 6.68%	63.83mg/L ± 4.80%	79.02mg/L ± 2.7%		
	Sólidos suspendidos	(44.7-4750.7) mg/L	k=2	44.7mg/L ± 26.0%	257.6mg/L ± 11.4%	1852.0mg/L ± 9.0%	2677.8mg/L ± 1.5%	4750.7mg/L ± 2.7%		
	DOO	(20-133) mg/L	k=2	20 mg/L ± 26%	41mg/L ± 11%	72mg/L ± 5%	101mg/L ± 5%	133mg/L ± 6%		
	Zinc	(0.114-7.767) mg/L	k=2	0.114mg/L ± 28.004%	0.377mg/L ± 13.009%	0.887mg/L ± 4.231%	2.701mg/L ± 5.738%	7.767mg/L ± 4.194%		
	Oxígeno Disuelto	(1.30-8.29) mg/L	k=2	1.30mg/L ± 6.79%	5.12mg/L ± 10.15%	8.29mg/L ± 4.56%				
	Fosfatos	(0.996-9.707) mg/L	k=2	0.996mg/L ± 25.779%	2.210mg/L ± 14.024%	4.102mg/L ± 6.558%	9.707mg/L ± 4.752%			
	Sulfatos con reactivo HACH	(6.00-620.00) mg/L	k=2	5.30mg/L ± 25.91%	15.45mg/L ± 9.53%	24.82mg/L ± 12.65%	620.56mg/L ± 1.59%			
	Acidtes y Grasas por Gravimetría	(40.0-576.0) mg/L	k=2	39.8mg/L ± 21.5%	102.8mg/L ± 16.4%	282.1mg/L ± 19.4%	576.8mg/L ± 28.8%			
	Tensoactivos	(0.40 - 24.71) mg/L	k=2	0.40mg/L ± 29.06%	0.52mg/L ± 28.58%	0.68mg/L ± 18.01%	0.98mg/L ± 16.37%	1.26mg/L ± 12.95%	1.40mg/L ± 13.59%	24.71mg/L ± 13.30%
	Sulfuros	(0.300-7.00) mg/L	k=2	0.266mg/L ± 29.413%	0.387mg/L ± 19.181%	1.522mg/L ± 9.572%	7.812mg/L ± 6.571%			

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

Nitrato y Nitrito son expresados como NO₃-N y NO₂-N respectivamente.

Anexo 14 Aval del Traductor