



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

Título:

**“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y
CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES
A 3441 M.S.N.M., EN LA COMUNIDAD DE TILICHE, PROVINCIA DE
COTOPAXI”**

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

Autoras:

Cali Lasluisa Geomayra Estefania
Tipantasig López Magali Betzaide

Tutora:

Ilbay Yupa Mercy Lucila Ing. Ph.D.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cali Lasluisa Geomayra Estefania, con cédula de ciudadanía No. 0503423089; y, Tipantasig López Magali Betzaide, con cédula de ciudadanía No. 0504885823; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”, 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, 22 de marzo del 2022

Geomayra Estefania Cali Lasluisa.
Estudiante
CC: 0503423089.

Magali Betzaide Tipantasig López.
Estudiante
CC: 0504885823.

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 **CALI LASLUISA GEOMAYRA ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía **0503423089** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”, 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 en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”.

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 solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de marzo del 2022.

Geomayra Estefania Cali Lasluisa.
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 **TIPANTASIG LÓPEZ MAGALI BETZAIDE**, identificada con cédula de ciudadanía 0504885823 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017.

Finalización 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 en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”.

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 solicite.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de marzo del 2022.

Magali Betzaide Tipantasig López.
LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez.
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES A 3441 M.S.N.M., EN LA COMUNIDAD DE TILICHE, PROVINCIA DE COTOPAXI”, de Cali Lasluisa Geomayra Estefania y Tipantasig López Magali Betzaide, 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, 22 de marzo del 2022

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa.

DOCENTE TUTORA

CC: 0604147900.

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Cali Lasluisa Geomayra Estefania y Tipantasig López Magali Betzaide, con el título del Proyecto de Investigación: **“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES A 3441 M.S.N.M., EN LA COMUNIDAD DE TILICHE, PROVINCIA DE COTOPAXI”**, 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, 22 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)
Ing. M.Sc. José Antonio Andrade Valencia.
CC: 0502524481

Lector 2
Ing. M.Sc. José Luis Agreda Oña.
CC: 0401332101

Lector 3
Ing. M.Sc. Oscar Rene Daza Guerra.
CC: 0400689790

AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a DIOS, por guiarme en el sendero correcto de la vida y a lo largo de mi carrera, por haberme dado la sabiduría, fuerza y la fortaleza para que fuera posible alcanzar este sueño anhelado a lo largo de mi vida.

A mis padres, por darme la vida, por ser mi pilar y mi apoyo durante mi etapa estudiantil, siempre estuvieron pendientes de mi bienestar, brindándome su confianza incondicional. A mi Hermana y mis Padres por apoyarme en el cuidado y educación de mi hija Stefany durante los momentos de ausencia de mi persona.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y en especial a la facultad de CAREN por ser una institución que lucha día a día por sus ideales, formando profesionales de excelencia y calidad.

A todos los Docentes quienes impartieron sus conocimientos con tolerancia, dedicación y responsabilidad. Y en especial a mi tutora de tesis Ing. Mercy Ilbay, quien ha sido parte fundamental para el desarrollo de este proyecto investigativo.

Geomayra Estefania Cali Lasluisa

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a Dios por haberme dado la vida y por permitirme llegar a este momento tan especial y anhelado de mi vida. A mi Madre y a mi Padre a quienes amo, muchas gracias por su apoyo incondicional durante toda esta etapa, por ser los pilares fundamentales de mi vida y mi inspiración para seguir adelante. Quienes con sus consejos, comprensión, me supieron guiar día a día por el sendero de la vida. En especial se la dedico a mi amada hija Stefany a la cual amo con mi vida, ella es mi fortaleza, mi lucha constante de todos los días por un futuro mejor para ella y para mí. A mis queridos abuelitos quienes fueron un ejemplo a seguir y a pesar de que ya no están aquí, siento que están conmigo siempre en cada paso que doy y aunque nos faltaron muchas cosas por compartir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ustedes como lo es para mí. A mi querida hermana por apoyarme en todo lo que he realizado, por el apoyo incondicional que me ha brindado durante este arduo camino del estudio de la excelencia como persona y estudiante, gracias a todos ustedes porque siempre estuvieron conscientes de mi capacidad para cumplir con mi meta de convertirme en Ingeniera Ambiental.

Geomayra Estefania Cali Lasluisa

AGRADECIMIENTO

Al ponerle fecha a un sueño se convierte en meta, una meta dividida en pasos se convierte en un plan, y un plan apoyado por acciones se vuelve realidad, agradezco en primer lugar a Dios por haberme dado la vida y permitirme cumplir esta etapa junto a mi familia, a mis padres por ser mi pilar fundamental y brindarme su apoyo incondicional en todos los momentos de mi vida, gracias a ellos por siempre guiarme, cuidarme, protegerme en todo mi camino para convertirme en una buena mujer y profesional. A mis hermanos por la ayuda y apoyo brindado en esta etapa de mi vida.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a la carrera de Ingeniera Ambiental por permitirme mi formación profesional, a todos los docentes que me impartieron sus conocimientos, de manera especial a la Ingeniera Mercy Ilbay por la orientación impartida en este proyecto de investigación.

Magali Betzaide Tipantasig López

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a cumplir este momento tan importante de mi vida, por darme la salud, sabiduría, fortaleza para nunca rendirme y seguir cumpliendo mis sueños.

A mis padres y hermanos por ser mi ejemplo para seguir adelante cumpliendo mis metas y sueños, por su esfuerzo diario, su motivación y apoyo incondicional para cumplir este sueño tan anhelado, por ser una guía fundamental en este camino profesional. A mis abuelitos que, a pesar de ya no tenerlos presentes físicamente los llevo siempre presentes en mi corazón. Esto ha sido el resultado de un largo camino de mi vida y el comienzo de nuevos retos como mujer, hija, hermana y profesional.

Magali Betzaide Tipantasig López

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES A 3441 M.S.N.M., EN LA COMUNIDAD DE TILICHE, PROVINCIA DE COTOPAXI”

AUTORAS: Cali Lasluisa Geamayra Estefania
Tipantasig López Magali Betzaide

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se realizó con la finalidad de determinar la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi. Para esto se estableció la caracterización biofísica de la zona de estudio desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m., con ayuda de los shapefile se representó gráficamente los componentes como el tipo de clima, temperatura, precipitación, geología, etc., para determinar la calidad del agua y la concentración de arsénico presente en el recurso hídrico se siguió la metodología sugerida por el laboratorio LANCAS para la toma de muestras y los resultados se compararon con las normativas vigentes (TULSMA 2015 e INEN 1108-2020). Se estableció la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico, para esto se realizó la técnica de aislamiento por estría. Obteniendo como resultado que en esta zona hay presencia de arsénico de origen natural ya que se encuentra próximo al nevado los Ilinizas y que contamina al recurso hídrico. En los meses de enero y marzo existió variación en los parámetros muestreados debido a la presencia de mayores precipitaciones, siendo esta agua no apta para consumo humano y de riego. Se identificó la presencia de diferentes bacterias de los géneros *Enterococcus*, *Enterobacterias*, *Pseudomonas* y *Salmonella* las mismas que sobreviven en las concentraciones de arsénico, Pudiendo indicar que este recurso hídrico no es apto ya que existe contaminación tanto de arsénico como de microorganismos que pueden causar diferentes enfermedades a los habitantes de la comunidad y a los cultivos.

Palabras clave: consumo humano, cultivos, nevado los Ilinizas, precipitaciones, recurso hídrico.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY

AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES FACULTY

TOPIC: “MICROBIOLOGICAL TRACEABILITY INTO LITTLE MONITORED AND CONTAMINATED SITES WITH ARSENIC, FROM NATURAL SOURCES AT 3441 M.A.S.L., IN THE TILICHE COMMUNITY, COTOPAXI PROVINCE”.

AUTHORS: Cali Lasluisa Geamayra Estefania
Tipantasig López Magali Betzaide

ABSTRACT

The actual research project was performed with the purpose to determine the microbiological traceability into poorly monitored sites contaminated with arsenic from natural sources at 3441 m.a.s.l., in the Tiliche community, Cotopaxi province. For this, it was established the study area biophysical characterization from 3400 to 3500 m.s.n.m., with the shapefiles help, it was represented the components, such as the climate type, temperature, precipitation, geology, etc., graphically, for determining the water quality and the arsenic concentration present into water resource, it was followed the suggested methodology by LANCAS laboratory for taking samples and the results were compared with current regulation (TULSMA 2015 and INEN 1108-2020). It was established the microbiological traceability in arsenic concentrations into water resource, for this, it was performed the isolation technique by streak. Getting as a result, what this area, there is the natural origin arsenic presence, since it is found close to the snowy Ilinizas and that contaminates the water resource. Into January and March months, there was variation in the sampled parameters, due to the higher rainfall presence, being this water unfit for human consumption and irrigation. It was identified the genera *Enterococcus*, *Enterobacteria*, *Pseudomonas* and *Salmonella* different bacteria presence, the same ones, what survive in the arsenic concentrations, it can be indicate, what this water resource is not suitable, since there is contamination both arsenic and microorganisms, which can cause different diseases to the inhabitants from community and to the crops.

Keywords: Human consumption, crops, snow-capped Los Ilinizas, rainfall, water resources.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xxi
ÍNDICE DE FIGURAS	xxiii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
Título del proyecto:	1
Lugar de ejecución:	1
Institución, unidad académica y carrera que auspicia:	1
Nombre del equipo de investigadores:.....	1
Tutora del proyecto de investigación:.....	1
Autoras:	1
Lectores:	1
Lector 1:	1
Lector 2:	1
Lector 3:	1
Área de conocimiento:.....	1
Línea de investigación:.....	1

Sub-línea de Investigación de la Carrera:.....	1
Línea de vinculación de la Facultad:	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo General.....	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	6
7.1. Recurso hídrico	6
7.2. Contaminación.....	6
7.3. Contaminación hídrica.....	7
7.4. Metales pesados	7
7.5. Arsénico	7
7.6. Origen del arsénico	8
7.7. Arsénico en el agua.....	8
7.8. Toxicocinética del arsénico.....	8
7.9. Altitud	8
7.10. Bacterias	9
7.11. Trazabilidad microbiológica	9
7.12. Resistencia de bacterias a metales pesados	9
7.13. Calidad del agua.....	9
7.14. Parámetros de la calidad del agua	10
7.15. pH	10
7.16. Oxígeno Disuelto	10

7.17.	Sulfatos.....	10
7.18.	Manganeso.....	11
7.19.	Coliformes Fecales.....	11
7.20.	Medio de cultivo	11
7.21.	Agar MacConkey ®	11
7.22.	Agar Nutritivo.....	12
7.23.	Tinción de Gram	12
7.24.	Metabolismo de microorganismos.....	12
8.	MARCO LEGAL.....	12
8.1.	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	12
8.2.	CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL.....	14
8.3.	LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y PROVECHAMIENTO DEL AGUA.....	14
8.4.	LEY ORGÁNICA DE SALUD	15
8.5.	ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA.....	16
8.5.1.	Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico	16
8.5.2.	Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.	18
8.6.	ORDENANZA PARA LA DESCONTAMINACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS RÍOS Y AFLUENTES HÍDRICOS DEL CANTÓN LATACUNGA	19
9.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	19
10.	METODOLOGÍA	20
10.1.	Tipos de investigación.....	20
10.1.1.	Investigación exploratoria.....	20
10.1.2.	Investigación de campo	20
10.1.3.	Investigación descriptiva	20
10.2.	Métodos.....	20

10.2.1. Método cuantitativo	20
10.2.2. Método cualitativo	20
10.3. Técnicas.....	21
10.3.1. Técnica de observación	21
10.4. Instrumentos de investigación.....	21
10.4.1. Libreta de campo.....	21
10.4.2. Cámara fotográfica.....	21
10.4.3. GPS (Sistema de Posicionamiento Global)	21
10.4.4. Computadora	21
10.4.5. Herramientas.....	21
10.4.5.1. Google Earth Pro.....	21
10.4.6. Programa QGIS 3.22.1	21
10.4.7. Programa Microsoft Excel 2013.....	21
10.5. Área de estudio	21
10.6. Caracterización biofísica de la zona de estudio.....	22
10.7. Determinar la calidad del agua y concentración de arsénico presente en la quebrada Cotopilaló.....	23
10.7.1. Muestreo.....	23
10.7.2. Procedimiento para toma de muestras	23
10.7.3. Toma de muestras	23
10.7.4. Llenado de recipientes y preservación de muestras.	24
10.7.5. Sellado de recipientes.....	24
10.7.6. Almacenamiento de muestras	25
10.7.7. Transporte de muestras.....	25
10.7.8. Entrega de muestras en el laboratorio.....	25
10.7.9. Análisis con la normativa legal ecuatoriana para el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.....	25

10.8. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.	26
10.8.1.1. Agar Nutritivo.....	26
10.8.1.2. Agar MacConkey ®	27
10.8.3. Siembra en el medio de cultivo con la muestra de agua de la quebrada Cotopilaló.	28
10.8.3.1. Siembra para el crecimiento de microorganismos	28
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	30
11.1. Caracterización de la zona de estudio.....	30
11.1.1. Caracterización biofísica	30
11.2. Determinar la calidad del agua y la concentración de arsénico presente en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	40
11.2.1. Análisis del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló para el mes de enero.....	40
11.2.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano	40
11.2.1.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el TULSMA 2015	40
11.2.1.1.2. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el INEN 1108-2020.	41
11.2.1.2. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola	42
11.2.1.2.1. Calidad de agua para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015.....	42
11.2.2. Análisis del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló para el mes de marzo.....	42
11.2.2.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano	43
11.2.2.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el TULSMA 2015	43
11.2.2.1.2. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el INEN 1108-2020....	44
11.2.2.2. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola	44
11.2.2.2.1 Calidad de agua para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015.....	44
11.3. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.	47
11.3.1. Preparación del medio de cultivo con agar nutritivo y MacConkey ®.....	47
11.3.2. Recolección de muestra del área de estudio y siembra.	48

11.3.3. Crecimiento de microorganismo y cultivo por estrías en agar nutritivo.....	49
11.3.4. Cultivo por estrías en agar MacConkey ® y tinción de Gram.....	49
11.3.5. Establecer la trazabilidad microbiológica en el punto de muestreo del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m. para el mes de enero	50
11.3.6. Determinación de la trazabilidad microbiológica en el punto de muestreo del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m. para el mes de marzo.	53
12. RESPUESTA DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	57
13. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	58
13.1. Sociales	58
13.2. Ambientales	58
13.3. Económicos	58
14. PRESUPUESTO	59
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
15.1. Conclusiones.....	60
15.2. Recomendaciones.....	61
16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
17. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Beneficiarios del proyecto.	3
Tabla 2	Actividades en relación con los objetivos planteados.	5
Tabla 3	Criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico según el TULSMA 2015.	17
Tabla 4	Criterios de calidad de aguas para riego agrícola según el TULSMA 2015.	18
Tabla 5	Procedimiento para llenado y preservación de muestras de la Quebrada Cotopilaló.	24
Tabla 6	Parámetros de criterio de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico según el TULSMA 2015 Tabla 1.	25
Tabla 7	Parámetros de Criterio de calidad para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015 Tabla 3.	26
Tabla 8	Parámetros emitidos por la NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano Requisitos).	26
Tabla 9	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano y doméstico.	40
Tabla 10	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano.	41
Tabla 11	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para riego agrícola.	42
Tabla 12	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano y doméstico.	43
Tabla 13	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano.	44
Tabla 14	Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para riego agrícola.	45

Tabla 15 Presupuesto del proyecto elaborado en la quebrada Cotopilaló en una altitud desde 3400 a los 3500 m.s.n.m.....	59
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Área de Estudio de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	22
Figura 2	Mapa del tipo de clima de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	31
Figura 3	Mapa de precipitaciones de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	32
Figura 4	Representación gráfica de la variación interanual desde el mes de enero a diciembre.	33
Figura 5	Mapa de temperatura de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	33
Figura 6	Mapa de pendientes de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	34
Figura 7	Mapa de geología de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	35
Figura 8	Mapa de taxonomía del suelo de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	36
Figura 9	Mapa de textura de suelos de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	37
Figura 10	Mapa de erosión de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	38
Figura 11	Mapa de cobertura vegetal de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	39
Figura 12	Comparación de los valores de los parámetros analizados en el mes de enero y marzo.	45
Figura 13	Preparación del medio de cultivo en agar nutritivo y MacConkey ®.	48
Figura 14	Recolección de muestra de agua y siembra en el laboratorio.	48
Figura 15	Crecimiento de microorganismo y cultivo por estrías en agar nutritivo.	49
Figura 16	Cultivo por estrías en agar MacConkey ® y tinción de Gram.	50
Figura 17	Selección de las colonias de la muestra madre del punto cuatro (MMP4), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	51
Figura 18	Aislamiento de colonias por la técnica de estría de la muestra madre del punto cuatro (MMP4), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	51

Figura 19	Aislamiento de colonias por la técnica de estría del medio de agar nutritivo a Macconkey ®, del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	52
Figura 20	Muestras realizadas mediante el método de tinción de Gram para conocer si son Gram (+) o (-).	53
Figura 21	Selección de las colonias de la muestra madre del punto cuatro, muestra dos (MMP4M2), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	54
Figura 22	Aislamiento de colonias por la técnica de estría de la muestra madre del punto cuatro, muestra dos (MMP4M2), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	54
Figura 23	Aislamiento de colonias por la técnica de estría del medio de agar nutritivo a MacConkey ®, del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	55
Figura 24	Muestras realizadas mediante el método de tinción de Gram para conocer si son Gram (+) o (-).	56

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“Trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales a 3441 m.s.n.m., en la comunidad de Tiliche, provincia de Cotopaxi”.

Lugar de ejecución:

Quebrada Cotopilaló, Comunidad Tiliche, Parroquia Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona3.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia:

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

Nombre del equipo de investigadores:

Tutora del proyecto de investigación:

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa.

Autoras:

Geomayra Estefania Cali Lasluisa.

Magali Betzaide Tipantasig López.

Lectores:

Lector 1:

Ing. M.Sc. José Antonio Andrade Valencia.

Lector 2:

Ing. M.Sc. José Luis Agreda Oña.

Lector 3:

Ing. M.Sc. Oscar Rene Daza Guerra.

Área de conocimiento:

Ciencias Naturales, Ambiente, Manejo de Recursos Hídricos.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y protección ambiental.

Sub-línea de Investigación de la Carrera:

Manejo y conservación del recurso hídrico.

Línea de vinculación de la Facultad:

Protección del medio ambiente y desastres naturales.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La presente investigación se realiza con la finalidad de poder establecer la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con arsénico proveniente de fuentes naturales, permitiendo determinar la actividad microbiología existente en la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.

Basado en estudios anteriores realizados en la parroquia Toacaso, específicamente en las vertientes del complejo volcánico Los Ilinizas, existe contaminación del recurso hídrico pudiendo encontrarse también una considerable variedad de microorganismo contaminantes, algunos de ellos pueden ser patógenos para el ser humano e incluso para los animales las cuales pueden afectar en mayor o menor medida a la calidad de este recurso, siendo esto una preocupación de la comunidad de Tiliche ya que sin agua de calidad es difícil asegurar el bienestar de sus habitantes, teniendo en cuenta que la actividad agrícola y ganadera que se realiza en esta comunidad representa uno de sus mayores ingresos económicos para sus moradores.

Queremos aportar con este proyecto de investigación, en vista que no existen muchos estudios referentes a esta problemática en este sector, ya que no se conoce con exactitud la concentración de arsénico en el agua de los afluentes de los Ilinizas, es el contaminante de mayor interés relacionado a la producción agrícola y ganadera. Siendo así beneficiarios los habitantes de la comunidad ya que podrán conocer de esta manera las consecuencias que trae la contaminación del agua con arsénico esto con el fin de evitar enfermedades graves, otro de los beneficiarios es la Universidad Técnica de Cotopaxi ya que con la información obtenida podría ser de gran ayuda para futuras investigaciones.

Resulta de mucha importancia la realización de esta investigación ya que genera un gran impacto social en la comunidad, mediante los resultados de los análisis obtenidos en el laboratorio se podrá evaluar los diferentes parámetros para conocer el estado actual del agua. La utilidad práctica, estará basada en que los resultados obtenidos de la investigación serán socializados con los moradores de la comunidad con el fin de dar a conocer en qué estado se encuentra el agua y puedan tomar las soluciones respectivas, al igual la información podrá ser utilizada como consultas académicas a las personas que deseen conocer sobre el caso a nivel general.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1

Beneficiarios del proyecto.

BENEFICIARIOS DIRECTOS		
Comuna Tiliche	Usuarios	140
Parroquia Toacaso	Hombres	Mujeres
	4.200	4.434
Total.		8.774
BENEFICIARIOS INDIRECTOS		
Universidad Técnica de Cotopaxi (Carrera Ingeniería Ambiental)		

Nota. Número de habitantes que resultan beneficiados con la elaboración del proyecto de investigación. Fuente: INEC (2010).

4. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El recurso hídrico es muy importante para el desarrollo de varias actividades y la preservación de la vida, una mala calidad del agua generada por la contaminación y por la falta de un saneamiento adecuado impacta negativamente al medio ambiente y a la salud de las personas. La calidad del agua del planeta está cada vez más amenazada con el aumento de la población, la expansión de las actividades agrícolas, mientras que el cambio climático amenaza con alterar el ciclo hidrológico global.

El arsénico es un elemento altamente tóxico, siendo así clasificado por la International Agency for Research on Cancer (IARC) como un elemento altamente cancerígeno que preocupa su presencia en el agua de consumo humano y de riego, su disposición mayor y más común es en ambientes naturales debido a rocas volcánicas, depósitos minerales hidrotermales y las aguas geotermales, que asociadas hacen que la contaminación del agua por este metal sea un problema global y masivo para la salud y el medio ambiente (IARC, 2002).

En la provincia de Cotopaxi, en el mes de noviembre del 2018 la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) conjuntamente con el Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi, la Universidad Politécnica Nacional y la Universidad Técnica de Cotopaxi; inicialmente realizaron estudios, con los cuales informaron que se detectó la presencia de arsénico en el Suroccidente de la provincia de Cotopaxi específicamente en las vertientes del complejo volcánico Los Ilinizas, con concentraciones excedentes a lo permitido en las normas internacionales (> 0.01 ppm), presentándose problemas ambientales y en la

calidad de vida de las poblaciones que utilizan el recurso hídrico tanto para consumo humano como para regadío (Tovar & Zapata, 2019).

Estudios realizados han determinado que la existencia de este contaminante se da a lo largo de varios ríos y acuíferos con la presencia de arsénico en sus aguas y sedimentos de origen volcánico, teniendo una contaminación natural de este metal. De esta manera se puede determinar que, en la comunidad de Tiliche las principales problemáticas que afectan a esta zona es la contaminación con arsénico (As) del agua proveniente del afluente de los Ilinizas que es utilizada para distintas actividades como son las agrícolas y ganaderas.

El problema de la investigación está asociada principalmente a la contaminación del recurso hídrico en la comuna Tiliche perteneciente a la parroquia Toacaso, por la presencia de arsénico (As) y una variedad de microorganismos que no han sido estudiados de manera detallada, los mismo que pueden llegar a representar un problema a la salud de sus habitantes por uso del agua para diferentes actividades. El arsénico es uno de los contaminantes cuya presencia se da en las fuentes de agua, representando un grave problema a nivel mundial ya que puede existir contaminación en los cultivos que sean regados con el agua y estos pueden traer consigo varias enfermedades graves a las personas que consumen dichos productos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Determinar la trazabilidad microbiológica en sitios poco monitoreados y contaminados con Arsénico, proveniente de fuentes naturales a 3441 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

5.2. Objetivos Específicos

- Realizar la caracterización biofísica de la zona de estudio desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.
- Determinar la calidad del agua y la concentración de arsénico presente en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.
- Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.

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

Tabla 2

Actividades en relación con los objetivos planteados.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
*Realizar la caracterización biofísica de la zona de estudio desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.	*Delimitar la zona de estudio. *Investigar las características de la zona de estudio.	*Ingreso de las coordenadas de la zona de estudio en UTM, al programa QGIS. *Cargar los shapefile en el programa QGIS para realizar la representación de las gráficas de las diferentes características. *Búsquedas bibliográficas para obtener más información sobre la caracterización de la zona.	*Caracterización biofísica de la zona de estudio, desde los 3500 a los 3400 m.s.n.m.
*Determinar la calidad del agua y la concentración de arsénico presente en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.	*Ejecución de la fase del campo y laboratorio para el muestreo del recurso hídrico en la quebrada Cotopilaló. *Conocer la concentración de los parámetros muestreados y comparar con la normativa TULSMA 2015 e INEN 1108-2020.	*Muestreo del recurso hídrico para su posterior análisis en el laboratorio (LANCAS). *Comparación de los resultados obtenidos del laboratorio con la normativa legal vigente (TULSMA 2015 e INEN 1108-2020) para determinar la calidad del agua de la quebrada Cotopilaló.	*Resultados de las concentraciones de los parámetros muestreados por parte del laboratorio. *Comparación de los parámetros con la normativa legal vigente (TULSMA 2015 e INEN 1108-2020).

<p>Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.</p>	<p>*Preparación del medio de cultivo con agar nutritivo y MacConkey®. *Recolección de muestras del área de estudio. *Siembra para el crecimiento de microorganismos. *Técnica de aislamiento de agotamiento por estría. *Identificar bacterias presentes en el medio de cultivo y Tinción de Gram.</p>	<p>*Realización del medio de cultivo. *Recolección de muestras. *Técnica de aislamiento de agotamiento por estría. *Identificación de bacterias presentes en los medios de cultivo. *Tinción de Gram para la identificación de bacterias Gram positiva y negativa.</p>	<p>*Identificación de las bacterias en concentraciones de arsénico presentes en los medios de cultivos y tinción de Gram de cada uno de ellos.</p>
---	--	--	--

Nota. Se describe las actividades en relación con los objetivos específicos con su respectiva metodología y resultados.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Recurso hídrico

Son los depósitos e insumos de agua dulce que en distintos estados físicos y estando disponibles o potencialmente disponibles, pueden ser utilizados por el ser humano para satisfacer alguna necesidad (Miranda, 2021). La presión sobre los recursos hídricos está aumentando, principalmente como resultado de actividades humanas tales como la urbanización, el crecimiento demográfico, la elevación del nivel de vida, la creciente competencia por el agua y la contaminación cuyas consecuencias se ven agravadas por el cambio climático y las variaciones en las condiciones naturales (Wirtgen, 2009).

7.2. Contaminación

La contaminación es la presencia de elementos o sustancias que son nocivas para la salud humana o para la vida en general, puede afectar al agua, la tierra, el aire u otros componentes del medio en el que viven seres humanos u otros organismos (Roldan , 2017). La contaminación puede dañar los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos, los principales contaminantes son por ejemplo, la materia orgánica y los organismo patógenos contenidos en las aguas residuales, los fertilizantes y pesticidas procedentes de las tierras agrícolas, la lluvia ácida provocada por la contaminación del aire, y los metales pesados liberados por las actividades mineras e industriales (Wirtgen, 2009).

7.3. Contaminación hídrica

La contaminación hídrica es la presencia de componentes químicos o de otra naturaleza en una densidad superior a la situación natural, de modo que no reúna las condiciones para el uso que se le hubiera destinado en su estado natural. Esta alteración en la calidad del agua, que se traduce en la existencia de sustancias como los microbios, metales pesados o los sedimentos, hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio (Zarza, 2020).

7.4. Metales pesados

Las altas concentraciones de metales pesados producen contaminación ambiental afectando negativamente a la salud y bienestar de los seres vivos además degradan los recursos naturales, se cataloga como metales pesados al plomo, cromo, zinc, cadmio, plata, arsénico, mercurio y cobre. Por otro lado, los metales pesados pueden ser útiles como micronutrientes para la vida de los organismos vivos, pero cuando estos sobrepasan una cierta concentración se convierten en tóxicos (Navarrete, 2016).

7.5. Arsénico

En el Ecuador el arsénico (As) presente es de origen volcánico debido a su localización en el cinturón del fuego del Pacífico, altas concentraciones de As provocan contaminación al ambiente por medio de interacciones naturales, emisiones volcánicas, reacciones ambientales, actividades biológicas y antropogénicas. En aguas naturales se encuentran como especie disuelta, formando oxianiones (Rodríguez, 2016).

El As ha sido considerado como un elemento, metal y metaloide ya que posee propiedades intermedias entre metales y no metales, presenta un riesgo para la salud al ingerirse en alimentos o agua en límites superiores de $10 \mu g L^{-1}$, según la OMS (Organización mundial de la salud) convirtiéndose en una amenaza global. El As (III) se considera más agresivo para la salud humana, debido a los efectos adversos que provoca en la humanidad (Rodríguez, 2016).

Los efectos en la salud por consumo de agua y alimentos contaminados con arsénico son vómito, dolor estomacal, diarrea (efectos agudos), lesiones cutáneas, callosidades en las manos, cambios de pigmentación en la piel (efectos a largo plazo), estos efectos se producen tras una exposición mínima de aproximadamente cinco años y pueden ser precursores de cáncer de piel (OMS, 2018).

7.6. Origen del arsénico

Las principales fuentes de arsénico son naturales incluyendo zonas volcánicas, se encuentra en la corteza terrestre y aguas termales, también puede encontrarse como resultado de la actividad antropogénica, por la erosión de los depósitos minerales que contienen arsénico o al tratamiento de residuos, plaguicidas o por la actividad industrial (ATSDR, 2011).

El arsénico es un elemento muy común en la atmósfera, en rocas, suelos, hidrosfera y la biosfera, es movilizado al medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tanto procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, desecantes, conservadores de la madera y uso como aditivos de piensos) (Lillo, 2021).

7.7. Arsénico en el agua

El arsénico está presente en el agua por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica, en aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es la pentavalente o arsenato (As^{+5}), bajo condiciones de reducción generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arseniato (As^{+3}) (USEPA, 2010).

7.8. Toxicocinética del arsénico

Se considera al As, como el contaminante del agua por ser tóxico debido a que produce envenenamiento agudo dando como resultado 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, su forma inorgánica es una sustancia carcinogénica para el ser humano (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 la forma química presente (Albores, 2015).

7.9. Altitud

La altitud dispone de un uso preferencial en el campo de la geografía para designar la altura que presenta un determinado punto de nuestro planeta. Cabe destacarse que para marcarla se toma como referencia el nivel del mar, entonces, el alto de tal o cual posición,

sitio, se medirá a partir del nivel del mar y de allí para arriba, o sea se trata de una distancia de tipo vertical (Ucha, 2014).

7.10. Bacterias

Las bacterias son organismos procariotas unicelulares, que se encuentran en casi todas las partes de la Tierra, son vitales para los ecosistemas del planeta, algunas especies pueden vivir en condiciones realmente extremas de temperatura y presión, el cuerpo humano está lleno de bacterias, de hecho se estima que contiene más bacterias que células humanas. La mayoría de las bacterias que se encuentran en el organismo no producen ningún daño, al contrario, algunas son beneficiosas, una cantidad relativamente pequeña de especies son las que causan enfermedades (Graham, 2016).

7.11. Trazabilidad microbiológica

La trazabilidad microbiológica son métodos de cuantificación e identificación de microorganismo, estos son definidos y establecidos por microbiólogos que presentan colecciones de cultivos. Es de considerar que en muchos cultivos de referencia que proveen instituciones reconocidas solo se asegura el género y la especie del microorganismo que se provee. En estos casos la trazabilidad estaría asociada a procedimientos reconocidos y aplicables específicamente a la caracterización de los microorganismos (Mastromónaco, 2014).

7.12. Resistencia de bacterias a metales pesados

Normalmente los metales no rebasan los umbrales de toxicidad si el medio natural no ha sido manipulado por el hombre, encontrándose de forma poco asimilable para los organismos, pero debido a la acción humana se ha producido un ascenso de estos metales en el medio ambiente de forma descontrolada, pudiendo ser accidental, deliberado y principalmente generado por actividades agrícolas o industriales (Morrero, 2016).

7.13. Calidad del agua

La calidad del agua ya sea de cualquier masa de agua superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. A través de la evaluación de las características químicas, físicas y biológicas, en relación con la calidad natural los efectos humanos y los usos previstos en particular pueden afectar a la salud humana y al sistema acuático. Los estándares más comunes utilizados para analizar la calidad de agua se relacionan principalmente con la salud de los ecosistemas, la seguridad del contacto humano y el agua potable, la calidad de agua también depende de la geología y de los ecosistemas locales, así como de usos humanos o cuerpos de agua como sumideros (Maza, 2017).

7.14. Parámetros de la calidad del agua

La determinación de la calidad del agua es un proceso general de evaluación de la naturaleza física, química y biológica. Las variables fisicoquímicas han sido bien investigadas en el monitoreo y evaluación de ríos y arroyos, la necesidad de analizar la calidad de agua permite verificar si este recurso es adecuado para los usos previstos, debido a que las actividades antropogénicas liberan contaminantes en el cauce de los ríos. Los parámetros físicos definen las características del agua que responden al sentido de la vista, el tacto, al gusto y olor. Los químicos son los que pueden verse alterados por actividades humanas: agrícolas, ganaderas e industriales, principalmente y los biológicos son aquellas que tienen que ver con la presencia de microorganismos (Maza, 2017).

7.15. pH

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua, es la concentración de iones de hidrógeno en el agua, la escala de pH es algorítmica con valores de 0 a 14. Un incremento de una unidad en escala algorítmica equivale a una disminución diez veces mayor en la concentración de iones de hidrógeno, con una disminución del pH, el agua se hace más ácida y con un aumento de pH el agua se hace más básica (González, 2011).

7.16. Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y es esencial para los riachuelos y lagos saludables, el nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador del porcentaje de agua contaminada y no contaminada dando 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 extremadamente bajos algunos organismos no pueden sobrevivir (Segura, 2015) .

7.17. Sulfatos

El sulfato se encuentra en casi todas las aguas naturales, la mayor parte de los compuestos sulfatados se originan a partir de la oxidación de las menas de sulfato, la presencia de esquistos, y la existencia de residuos industriales, el sulfato es uno de los principales constituyentes disueltos de la lluvia (Lenntech, 2021).

Los sulfatos son minerales importantes que proporcionan buenos nutrientes para las plantas y organismos acuáticos, estos organismos absorben sulfato y evitan el crecimiento de algas a través de una concentración reducida, sin embargo, el sulfato es la forma de azufre más comúnmente encontrada en el agua oxigenada y las sales de sulfato pueden ser contaminantes nocivos en las fuentes de agua (Pure Aqua, Inc, 2019).

7.18. Manganese

El manganeso es un elemento reactivo que se combina fácilmente con los iones del agua y el aire. El manganeso se encuentra en una serie de minerales de diferentes propiedades químicas y físicas, pero nunca se encuentra como metal libre en la naturaleza (ATSDR, 2000).

Los compuestos del manganeso existen de forma natural en el ambiente como sólidos en suelos y pequeñas partículas en el agua, el manganeso que deriva de las fuentes humanas puede también entrar en la superficie del agua como son las subterráneas y residuales, a través de la aplicación de este como pesticida el manganeso entrará en el suelo, puede causar síntomas de toxicidad y deficiencia en plantas (Lenntech, 2020).

7.19. Coliformes Fecales

Las pruebas de coliformes fecales son suficientemente sencillas para evaluar la contaminación fecal de aguas y alimentos. Los coliformes fecales se definen como el grupo de organismos coliformes, incluyen bacterias del género *Escherichia* y también especies de *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*, los cuales están presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos, su origen es esencialmente fecal (Fernández M. , 2017).

7.20. Medio de cultivo

Es un sustrato o solución de nutrientes en los que crecen y se multiplican los microorganismos en el laboratorio, con el objeto de aislar diferentes especies bacterianas, con el fin de identificarlas y realizar complementarios (EduLabC, 2019). Permite el desarrollo de microorganismos en las condiciones de laboratorio para realizar un cultivo, se debe sembrar sobre el medio de cultivo elegido las muestras en las que los microorganismos van a crecer y multiplicarse para dar colonias (López Tévez & Torres, 2006).

7.21. Agar MacConkey ®

El Agar MacConkey ® es un medio de cultivo selectivo que se utiliza para el aislamiento de bacilos Gram negativos de fácil desarrollo, los cuales, a partir de muestras clínicas, agua y alimentos permiten la diferenciación sobre la base de la fermentación de la lactosa (mdmCientífica, 2018).

Es un medio de cultivo selectivo y diferencial para bacterias diseñado para aislar selectivamente bacilos Gram negativos y entéricos (encontrados normalmente en el tracto intestinal) y diferenciarlos sobre la base de la fermentación de la lactosa. El cristal violeta y las sales biliares inhiben el crecimiento de organismos Gram positivos, lo que permite la selección y el aislamiento de las bacterias Gram positivas, las bacterias entéricas que tienen la

habilidad de fermentar lactosa pueden ser detectadas utilizando el carbohidrato lactosa y el indicador de pH rojo neutro (Titan Biotech, 2019).

7.22. Agar Nutritivo

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 cepas, realización de subcultivos para confirmar la pureza de los aislamientos (Medibac, 2015). El agar nutritivo es un medio de cultivo sólido no selectivo y no diferencial, en este medio crecen todo tipo de bacterias no exigentes desde el punto de vista nutricional (Gil, 2019).

7.23. Tinción de Gram

La tinción de Gram es un tipo de tinción que se realiza sobre las bacterias para observarlas mejor bajo el microscopio, según la distribución peptidoglicano de la pared celular que las envuelve, se tiñen de una forma y otra. Así las bacterias que no se tiñen mediante esta técnica se denominan Gram negativas. Están formadas por una pared más fina, tiene menos capas de peptidoglicano y una segunda membrana rica en lípidos, al microscopio aparecen incoloras. Las Gram positivas tienen una pared celular mucho más gruesa, formada por un gran número de capas de peptidoglicano entre las que se inserta la tinción de Gram, dando un color violeta intenso al microscopio (Ormaechea, 2021).

7.24. Metabolismo de microorganismos

El metabolismo se produce por secuencias de reacciones catalizadas enzimáticamente y se divide en anabolismo y catabolismo, el proceso por el cual la célula bacteriana sintetiza sus propios componentes se conoce como anabolismo y resulta en la producción de un nuevo material celular, también se denomina biosíntesis. La biosíntesis es un proceso que requiere energía, por lo tanto, las bacterias deben ser capaces de obtenerla de su entorno para crecer y eventualmente multiplicarse (Varela & Grotiuz, 2008).

8. MARCO LEGAL

8.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

(Publicada en el Registro Oficial N° 449 del 20 de octubre del 2008, Última modificación el 01 de agosto del 2018, Estado Reformado).

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 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.

Título VI

Régimen de desarrollo

Capítulo primero

Principios generales

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

Sección sexta

Agua

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

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

8.2. CÓDIGO ORGÁNICO INTEGRAL PENAL

(Publicada en el Registro Oficial N° 180 del 10 de febrero del 2014, Última modificación el 17 de febrero del 2021, Estado Reformado).

Sección tercera

Delitos contra los recursos naturales

Art. 251.- Delitos contra el agua. - La persona que contraviniendo la normativa vigente, contamine, desequie o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años.

8.3. LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA

(Publicada en el Registro Oficial N° 305 del 6 de agosto del 2014, Estado Vigente).

Título I

Disposiciones preliminares

Capítulo I

De los principios

Art. 1.- Naturaleza jurídica. Los recursos hídricos son parte del patrimonio natural del Estado y serán de su competencia exclusiva, la misma que se ejercerá concurrentemente entre el Gobierno Central y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Ley.

El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, elemento vital de la naturaleza y fundamental para garantizar la soberanía alimentaria.

Art. 3.- Objeto de la Ley. El objeto de la presente Ley es 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, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución.

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.

Art. 48.- Reconocimiento de las formas colectivas y tradicionales de gestión. Se reconocen las formas colectivas y tradicionales de manejo del agua, propias de comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades y se respetarán sus derechos colectivos en los términos previstos en la Constitución y la ley.

Se reconoce la autonomía financiera, administrativa y de gestión interna de los sistemas comunitarios de agua de consumo y riego.

Art. 72.- Participación en la conservación del agua. Las comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades tienen el derecho a que el Estado, a través de sus instituciones, articule políticas y programas para la conservación, protección y preservación del agua que fluye por sus tierras y territorios. El ejercicio de este derecho no prevalecerá ni supondrá menoscabo alguno de las atribuciones que sobre el agua le corresponde al Estado.

Art. 88.- Uso. Se entiende por uso del agua su utilización en actividades básicas indispensables para la vida, como el consumo humano, el riego, la acuicultura y el abrevadero de animales para garantizar la soberanía alimentaria en los términos establecidos en la Ley.

Art. 89.- Autorización de uso. El uso del agua de acuerdo con la definición del artículo anterior contará con la respectiva autorización otorgada de conformidad con esta Ley, su Reglamento y la planificación hídrica.

La autorización para el uso del agua para consumo humano y riego para soberanía alimentaria, abrevadero de animales y acuicultura, confiere al usuario de esta, de manera exclusiva, la capacidad para la captación, tratamiento, conducción y utilización del caudal al que se refiera la autorización.

8.4. LEY ORGÁNICA DE SALUD

(Publicada en el Registro Oficial N° 423 del 22 de diciembre del 2006, Última modificación el 18 de diciembre del 2015, Estado Reformado).

Capítulo II

De los desechos comunes, infecciosos, especiales y de las radiaciones ionizantes y no ionizantes.

Art. 103.- Se prohíbe a toda persona, natural o jurídica, descargar o depositar aguas servidas y residuales, sin el tratamiento apropiado, conforme lo disponga en el reglamento correspondiente, en ríos, mares, canales, quebradas, lagunas, lagos y otros sitios similares. Se prohíbe también su uso en la cría de animales o actividades agropecuarias.

8.5. ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES AL RECURSO AGUA

(Edición especial N° 387- Miércoles 4 de noviembre del 2015).

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 a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

8.5.1. Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua de consumo humano y uso doméstico aquella que se obtiene de cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, y que luego de ser tratada será empleada por individuos o comunidades en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,

Esta norma aplica a la selección de aguas captadas para consumo humano y uso doméstico, para lo cual se deberán cumplir con los criterios indicados en la Tabla 1 del TULSMA 2015.

De ser necesario para alcanzar los límites establecidos en la Norma INEN para agua potable se deben implementar procesos de tratamiento adecuados y que permitan alcanzar eficiencias óptimas, con la finalidad de garantizar agua de calidad para consumo humano.

Tabla 3

Criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico según el TULSMA 2015.

Tabla 1: Criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico.			
Parámetros	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/100ml	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	mg/l	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. Límites máximos permisibles para criterios de calidad para fuentes de consumo humano y doméstico. Fuente: TULSMA (2015).

8.5.2. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

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, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en la Tabla 3 del TULSMA 2015.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan en la Tabla 3 del TULSMA 2015.

Tabla 4

Criterios de calidad de aguas para riego agrícola según el TULSMA 2015.

Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.			
Parámetros	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		mg/l	Ausencia
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante	Visible	mg/l	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	mg/l	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

Nota. Límites máximos permisibles para criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

Fuente: TULSMA (2015).

**8.6. ORDENANZA PARA LA DESCONTAMINACIÓN Y PROTECCIÓN DE
LOS RÍOS Y AFLUENTES HÍDRICOS DEL CANTÓN LATACUNGA
(Publicada el 14 de enero del 2014).**

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 fisicoquímicas y biológicas del agua, y atenten su calidad.

Art. 5. Las instituciones públicas y de control deben detener el avance de la frontera agrícola a partir de los 3.400m, en áreas de producción o capacitación de fuentes hídricas superficiales y subterráneas que sean de consumo humano y riego.

Capítulo IV

De las prohibiciones

Art.7. Prohíbe a todos los sujetos productivos públicos y privados del cantón Latacunga

- a) Depositar los desechos sólidos o de cualquier otro tipo en los ríos: Cutuchi, Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes superficiales y subterráneos del cantón Latacunga, y sus márgenes en basurero; para evitar su contaminación, sancionándose estas transgresiones.
- b) Prohíbese la disposición de desechos tóxicos y peligrosos en todos los ríos y afluentes en el cantón Latacunga y sus respectivos márgenes.
- c) Prohibir el lavado de vehículos, maquinarias y otras en los ríos.
- d) Se prohíbe a toda persona realizar la tala, quema o cualquier destrucción de la cobertura vegetal en la zona de protección inmediata o permanente “páramo”, así como también de 30 a 50 metros a cada margen del curso de agua superficial y subterráneo. Que afecte a la estabilidad del suelo en sitios con pendientes mayores a 25 grados, y en especial en los márgenes del río Cutuchi, los ríos Pumacunchi, Cunuyacu, Yanayacu y demás afluentes cantonales.

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿La presencia de arsénico en fuentes naturales permite determinar la trazabilidad microbiológica en la quebrada Cotopilaló a 3441 m.s.n.m?

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipos de investigación

10.1.1. Investigación exploratoria

Este tipo de investigación nos ayudó en la búsqueda de información para conocer y analizar aspectos referentes al trabajo investigativo que estamos realizando en nuestra área de estudio, con el objetivo de conocer la problemática de la zona y que en un futuro esta pueda ser estudiada con mayor detalle.

10.1.2. Investigación de campo

Se realizaron cinco visitas de campo para conocer el medio en el cual se va a desarrollar la investigación por lo que fue necesario delimitar un área específica para realizar el estudio, tomando las respectivas coordenadas geográficas con ayuda de un GPS, posteriormente se ingresó dichas coordenadas U.T.M. en el programa QGIS para representar la zona mediante mapas. De igual manera se realizó la recolección de muestras del recurso hídrico del área de estudio para analizar parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

10.1.3. Investigación descriptiva

Se utilizó este tipo de investigación, ya que nos permitió conocer la zona de estudio en donde se va a realizar el muestreo del recurso hídrico con la finalidad de conocer los aspectos relevantes que contaminan este recurso que es de vital importancia para la población de la comunidad ya que este se lo utiliza tanto para el consumo humano como para la agricultura y ganadería.

10.1.4. Investigación bibliográfica

Con esta investigación se pudo recopilar información necesaria y específica de diferentes fuentes bibliográficas que son de gran ayuda con la finalidad de obtener información que nos lleve a un feliz término la realización de este proyecto.

10.2. Métodos

10.2.1. Método cuantitativo

Nos permitió obtener datos numéricos de los diferentes parámetros muestreados para de esta manera obtener resultados específicos e imparciales y se pueda dar un enfoque generalizado de toda la zona de estudio.

10.2.2. Método cualitativo

Nos ayudó a conocer la realidad de la zona de estudio, es decir las características biofísicas de la población en general.

10.3. Técnicas

10.3.1. Técnica de observación

La observación es una técnica de investigación que nos ayudó a conocer la problemática del área de estudio para posteriormente recopilar información que sea de ayuda para la solución de la misma.

10.4. Instrumentos de investigación

10.4.1. Libreta de campo

Nos sirvió para registrar la información que se tomó en el área de estudio, como son las coordenadas geográficas.

10.4.2. Cámara fotográfica

Se utilizó para obtener registros fotográficos de las diferentes actividades que se realizaron en el campo y laboratorio.

10.4.3. GPS (Sistema de Posicionamiento Global)

Este fue de gran ayuda, ya que nos sirvió para georreferenciar el área de estudio, para posteriormente realizar los mapas de ubicación y más características de la zona.

10.4.4. Computadora

Con ayuda del ordenador se realizó el proceso de descripción del proyecto de investigación.

10.4.5. Herramientas

10.4.5.1. Google Earth Pro

Google Earth es un sistema de información geográfica que nos brinda datos geoespaciales, imágenes de alta resolución y dispone de una conexión con GPS que nos ayudó en primera instancia para la determinación del área de estudio.

10.4.6. Programa QGIS 3.22.1

Este programa nos permitió representar por medio de mapas la información geográfica de la zona de estudio, también sus características como es la precipitación, temperatura, pendientes, geología, taxonomía de los suelos entre otros a través de shapefile.

10.4.7. Programa Microsoft Excel 2013

Este programa nos ayudó para poder realizar gráficos de barras y el presupuesto del proyecto de investigación.

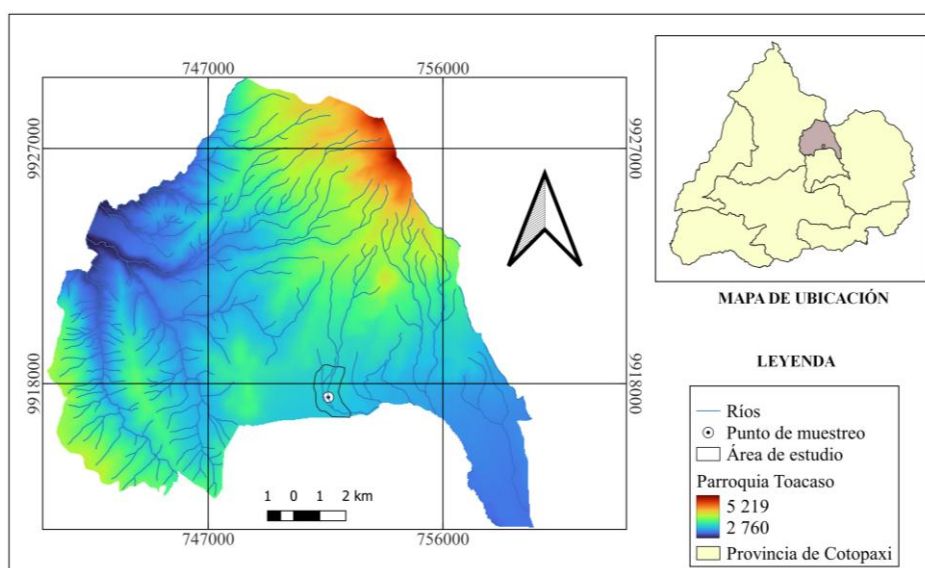
10.5. Área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada a una altitud comprendida entre los 3400 a los 3500 m.s.n.m. ubicada en la comunidad de Tiliche, parroquia Toacaso, cantón Latacunga,

provincia de Cotopaxi en las coordenadas 751605E y 9917480N del sistema de referencia WGS84 Zona 17S, con temperaturas promedio que oscilan entre los 6 °C y 12°C, una precipitación de lluvias que oscila entre los 500 a 750 mililitros anuales, el clima tiene pocas variantes, principalmente determinadas por la altitud, la influencia de los vientos cálidos del trópico y la proximidad al nevado Los Ilinizas (GADPRT, 2020).

Figura 1

Área de Estudio de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. El área de estudio se encuentra dentro de la parroquia Toacaso, en una altitud comprendida entre los 3400 a los 3500 m.s.n.m.

10.6. Caracterización biofísica de la zona de estudio.

A continuación, se detalla la metodología utilizada para la caracterización biofísica de la zona de estudio que va desde los 3400 hasta los 3500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

Se realizó una visita de campo para recorrer la zona de estudio, tomando coordenadas geográficas con ayuda de un GPS (Sistema de Posicionamiento Global) de diferentes puntos de la zona, las mismas que se ingresaron en el programa Google Earth Pro para realizar la delimitación de nuestra área de estudio, se tomó en cuenta los pisos altitudinales que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m, para posteriormente plasmarlo en un mapa.

Se realizó la búsqueda en internet de sitios web, las mismas que poseen bibliotecas virtuales de archivos de información geográfica de fuentes como el Ministerio de Agricultura

y Ganadería (MAG), Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) y el Instituto Geográfico Militar (IGM), donde se encontró diferentes shapefile los mismos que fueron procesados en el programa QGIS V3.22.1 para realizar la caracterización de la zona de estudio, representación de las gráficas de las diferentes características biofísicas como son precipitación, temperatura, pendientes, suelos, erosión entre otros y posteriormente se realizó la descripción de cada una de ellas con ayuda de la información que se encuentra en los shapefile, igualmente se realizó búsquedas bibliográficas para obtener mayor información sobre la caracterización de la zona.

10.7. Determinar la calidad del agua y concentración de arsénico presente en la quebrada Cotopilaló

Para determinar la calidad del agua y concentración de arsénico en la zona de estudio, se llevó a cabo primero el muestreo siguiendo la metodología sugerida por parte del Laboratorio certificado LANCAS y posteriormente se realizó la comparación de los resultados obtenidos con la normativa legal vigente TULSMA 2015 e INEN 1108-2020.

10.7.1. Muestreo

Mediante el muestreo se pretendió obtener una parte representativa del recurso hídrico del área de estudio, se analizaron parámetros de interés como el arsénico y para conocer la calidad del agua se tomó en cuenta el pH, oxígeno disuelto, sulfatos, manganeso y coliformes fecales. Estos fueron llevados al laboratorio de Calidad de Agua y Sedimentos (LANCAS) el mismo que es acreditado por el Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) bajo la norma ISO/IEC 17025, para posteriormente conocer la concentración de dichos parámetros.

10.7.2. Procedimiento para toma de muestras

Para realizar el procedimiento de toma de muestras se realizó de la siguiente manera:

Preparación del equipo de seguridad y muestreo (guantes, botas, GPS, cámara fotográfica), preparación de los envases, preparación de las hojas de cadena de custodia y coordinación para el transporte de las muestras (Anexo 3).

10.7.3. Toma de muestras

Lavar el recipiente tres veces de manera consecutiva, el mismo que servirá para recolectar el agua, recoger en el recipiente una cierta cantidad de agua del cuerpo hídrico a muestrear, la toma de muestras se realizó sumergiendo los envases en el recipiente antes indicado, con la finalidad de obtener muestras sin contaminación, a los envases con las muestras obtenidas se realizó el respectivo etiquetado y finalmente, las muestras fueron

colocadas en un cooler con hielo, para posteriormente transportar al laboratorio para su respectivo análisis.

10.7.4. Llenado de recipientes y preservación de muestras.

Tabla 5

Procedimiento para llenado y preservación de muestras de la Quebrada Cotopilaló.

Parámetros	Envase	Preservante	Instrucciones para la toma y preservación de muestras
Arsénico 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 y deje un pequeño espacio libre (el cuello del envase). Poner 5 gotas de ácido nítrico concentrado a la muestra, colocar la contratapa e inmediatamente tapar el frasco. Invierta el frasco tres veces para homogenizar la muestra, rotular y mantener con hielo hasta llegar al laboratorio.
Oxígeno Disuelto	300 mL Vidrio	1 mL de Sulfato Manganeso. 1mL Alkali Yoduro. 2 mL de ácido Sulfúrico concentrado.	Llenar el winkler de 300 mL de muestra y poner 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.
Coliformes Fecales	100 mL Plástico	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. Proceso para llenar y preservar las muestras del recurso hídrico para el análisis respectivo en el laboratorio. Fuente: Laboratorio de Calidad de Agua y Sedimentos (LANCAS).

10.7.5. Sellado de recipientes

Una vez envasadas y preservadas las muestras de agua se debe sellar bien el frasco con la finalidad de evitar que se rieguen o se contamine la muestra en el trayecto.

10.7.6. Almacenamiento de muestras

Las muestras se deben almacenar en un cooler con hielo hasta llegar al laboratorio.

10.7.7. Transporte de muestras

Verificar que las tapas de las muestras estén bien selladas para que en el viaje no se destapen y el cooler esté con el hielo suficiente para que las muestras se mantengan sin alteración hasta llegar al laboratorio.

10.7.8. Entrega de muestras en el laboratorio

La persona responsable del muestreo debe estar pendiente de la custodia de las muestras hasta ser entregadas en el laboratorio, al llegar a las instalaciones del (LANCAS) el responsable debe entregar las muestras al técnico del laboratorio con el respectivo documento de la cadena de custodia.

10.7.9. Análisis con la normativa legal ecuatoriana para el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

Los valores obtenidos en el laboratorio de los diferentes parámetros que se mandaron analizar del recurso hídrico, se compararon para consumo humano y doméstico con dos normativas, con los valores que constan en la Tabla N°1 del Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua del 2015, que nos habla sobre los (criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico) y con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos). De igual manera para riego agrícola con la Tabla N°3 (Criterios de calidad de aguas para riego agrícola), del TULSMA 2015.

Tabla 6

Parámetros de criterio de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico según el TULSMA 2015 Tabla 1.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Criterio
Arsénico	As	mg/l	0.1
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	6-9
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	500
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	1000

Nota. Parámetros analizados para fuentes de consumo humano y doméstico. Fuente: TULSMA (2015).

Tabla 7

Parámetros de Criterio de calidad para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015

Tabla 3.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Criterio
Arsénico	As	mg/l	0.01
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	6-9
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	205
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	3
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	1000

Nota. Parámetros analizados para aguas de riego agrícola. Fuente: TULSMA (2015).

Tabla 8

Parámetros emitidos por la NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos).

Parámetros	Expresado como	Unidad	NTE INEN
Arsénico	As	mg/l	0.01
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	6.5-8.0
Manganeso	Mn	mg/l	No aplica
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	No aplica
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	Ausencia

Nota. Parámetros analizados para agua de consumo humano Fuente: NTE INEN 1108-2020.

10.8. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.

Para la trazabilidad microbiológica en la zona de estudio se llevó a cabo la siguiente metodología:

10.8.1. Preparación del medio de cultivo

10.8.1.1. Agar Nutritivo

Se preparó el medio de cultivo según las especificaciones del envase del producto, se calculó el volumen necesario a utilizar para cuatro cajas Petri. Se procedió a pesar en una balanza 2,8 gramos de agar para luego depositarlo en un matraz y mezclarlo en 100 mililitros de agua destilada, remover y calentar el matraz en una placa calefactora removiendo suavemente por 1 minuto hasta que el agar se disuelva por completo. Una vez preparado el caldo de cultivo se esterilizó en el autoclave a 121 °C durante 15 minutos, después de este tiempo se dejó enfriar hasta llegar a 45 o 50 °C. Posteriormente se esterilizó la cabina de flujo

laminar, ingresando las cajas Petri estériles, por último colocar el agar en las cajas Petri y esperar que este se condense (Saavedra, 2017) (Anexo 5).

Las placas se incubaron de manera invertidas, ya que la alta concentración de agua en el medio puede provocar condensación en la tapa de esta durante la incubación y si cae sobre la superficie del agar se extiende dando un crecimiento confluyente. En medio sólido cada célula viable dará origen a una colonia y por lo tanto la siembra en placas se puede utilizar, no solo para cultivar microorganismos, sino además para contar y aislar (Fbioyf, 2020).

10.8.1.2. Agar MacConkey ®

Se preparó el medio de cultivo según las especificaciones del envase del producto, se calculó el volumen necesario a utilizar para tres cajas Petri. Se procedió a pesar en una balanza 3.87 gramos de agar para luego depositarlo en un matraz y mezclar con 75 mililitros de agua destilada, remover y calentar el matraz en una placa calefactora removiendo suavemente por 1 minuto hasta que el agar se disuelva por completo. Una vez preparado el caldo de cultivo se esterilizó en el autoclave a 121 °C durante 15 minutos, después de este tiempo se dejó enfriar hasta llegar a 45 o 50 °C. Posteriormente se esterilizó la cabina de flujo laminar, ingresando las cajas Petri estériles, por último colocar el agar en las cajas Petri y esperar que este se condense (Saavedra, 2017) (Anexo 5).

Las placas se incubaron de manera invertidas, ya que la alta concentración de agua en el medio puede provocar condensación en la tapa de esta durante la incubación y si cae sobre la superficie del agar, se extiende dando un crecimiento confluyente. En medio sólido cada célula viable dará origen a una colonia y por lo tanto la siembra en placas se puede utilizar, no solo para cultivar microorganismos, sino además para contar y aislar (Fbioyf, 2020).

10.8.2. Recolección de muestra en el área de estudio.

Se llevó a cabo la toma de muestra según la Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2169:2013 para agua, calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.

10.8.2.1. Recipiente

El recipiente para la toma de muestras fue una botella plástica de 1.2 litros estéril, luego de tomar la muestra esta debe permanecer dentro de una funda ziploc, hasta que sea abierta en el laboratorio para prevenir una posible contaminación.

10.8.2.2. Muestreo del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló

Se llenó el frasco de plástico de 1.2 litros completamente con el agua y se procedió a taparlos inmediatamente de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la

interacción de la fase gaseosa y la agitación de la muestra durante el transporte (NTE INEN 2169, 2013).

Esto se realizó colocándose el equipo de seguridad como son los guantes, tapabocas y botas, se tomó el recipiente estéril y se sumergió entre 5 a 10 centímetros abajo de la superficie del agua con la finalidad de obtener una muestra sin contaminación. Una vez obtenido el recipiente con la muestra de agua ponerlo en una funda ziploc y realizar el respectivo etiquetado, finalmente insertarlo en un cooler con hielo para transportarlo al laboratorio (Anexo 6).

10.8.3. Siembra en el medio de cultivo con la muestra de agua de la quebrada Cotopilaló.

10.8.3.1. Siembra para el crecimiento de microorganismos

Con ayuda de un gotero estéril se tomó 1 mililitro de agua de la muestra de agua de la quebrada Cotopilaló, y se procedió a colocarlo en la caja Petri abriéndole aproximadamente a la mitad, una vez colocada la muestra en la caja, se esterilizó el asa y suavemente se dispersó la muestra en toda la superficie del agar, luego se procedió a etiquetar la caja y sellar los bordes con ayuda de papel film con la finalidad que esta no se abra, finalmente la caja se debe ingresar de forma invertida a la incubadora que se encuentra a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas, pasado el tiempo determinado se debe examinar el crecimiento de colonias en las cajas (Anexo 7).

10.8.4. Cultivo por estrías

10.8.4.1. Técnica de aislamiento por agotamiento de estría.

Se trata de una técnica simple y rápida de agotamiento progresivo y continuo del inóculo sobre un medio sólido, generalmente contenido en una caja Petri. El objeto es obtener a partir de un elevado número de bacterias, un número reducido de ellas a lo largo de la superficie de la placa (Sanz, 2011). Existen distintos tipos de trazados para lograr una buena separación entre las bacterias sembradas, en este caso se utilizó el depósito y posterior quemado que consta en cargar el asa con la muestra y las estrías se extienden sobre un área pequeña de la superficie de la placa. Se retira el asa se pone al fuego y luego dejar enfriar en el interior de la placa se hacen nuevas estrías por otra zona tocando ligeramente la muestra sembrada anteriormente. Este proceso puede repetirse sucesivamente, flameando y enfriando el asa al comienzo de las sucesivas siembras en estría, de acuerdo con la carga inicial de microorganismos. Tras la incubación, se observarán las colonias aisladas en alguna región de la placa inoculada, donde se puede estudiar la morfología colonial (Fbioyt, 2019).

10.8.4.2. Siembra por estrías

A partir del crecimiento desarrollado de la muestra madre en la caja Petri, se realizó el aislamiento de tres colonias significativas. Se esterilizó el asa flameando en un mechero hasta conseguir un rojo incandescente, se dejó enfriar el asa en la proximidad de la llama. Se tomó un inóculo de la muestra del medio sólido preparado en la caja Petri de agar nutritivo y se transfirió el inóculo a un área pequeña de la superficie de la placa, aproximadamente al borde. Se extendió el inóculo formando estrías muy juntas sobre la superficie de una porción pequeña de la placa para realizar la segunda tanda de estrías. Se fue girando la caja hacía la derecha y desde el final de la anterior estría se inició la siguiente hasta formar tres fases de estriado, logrando depositar en la superficie del medio menos microorganismos. Las cajas se incubaron de manera invertida en un lugar adecuado, permitiendo que las células aisladas experimenten un número suficiente de divisiones para formar colonias visibles (Anexo 9) (Alarcon , 2011).

10.8.5. Crecimiento de cultivos puros

Se trata de obtener un cultivo de un solo tipo microbiano en un medio de cultivo sólido, ya que los cultivos puros se inician a partir de colonias aisladas de manera que todos los individuos del mismo tengan la misma composición genética, permitiendo de esta manera estudiar las características de los microorganismos y poderlos identificar con seguridad. La obtención de un nuevo cultivo puro se realizó mediante la técnica de aislamiento, la cual consiste en sembrar en un medio de cultivo sólido en una caja Petri de tal manera que los microorganismos generan colonias separadas (Rios & Reyes, 2014).

Para ello se tomó una pequeña cantidad de la muestra pura con el asa y se repartió sobre la superficie del medio de cultivo trazando estrías y de esta manera se logró separar colonias de bacterias. Cada colonia bacteriana tiene diferentes características determinadas en cuanto a su forma, borde, elevación, tamaño, consistencia. Una vez realizada esa técnica las bacterias presentes en la muestra original, a partir de colonias separadas es posible obtener un cultivo puro de cada uno de los tipos de bacterias presentes en la muestra original. Al lograr el aislamiento, de la separación sobre el medio de cultivo se consigue que las estrías sucesivas sean cada vez menores al número de las células arrastradas con el asa (Rios & Reyes, 2014).

Una vez obtenido el crecimiento de microorganismos en las tres placas de agar nutritivo por medio de la técnica de siembra por estría, se procedió aislar una colonia representativa de cada una de estas, con la misma técnica de la placa ya mencionada para el

medio de cultivo de agar MacConkey®. Con el fin de obtener un nuevo cultivo puro para realizar la respectiva caracterización y comparación en estos dos medios de cultivos seleccionados (Anexo 10).

10.8.6. Tinción de Gram

Se trata de una técnica de tinción diferencial que permite distinguir entre bacterias Gram positivas y Gram negativas, en función del grado de permeabilidad de las paredes celulares al disolvente aplicado durante la tinción. Los filamentos Gram positivas se observaron de color azul oscuro a morado o purpura y los Gram negativas de color rosa a rojizo (Salas, 2020).

Para realizar la tinción de Gram se utilizó la metodología de (Kapital Inteligente, 2020) que se detalla a continuación:

Con el asa de siembra esterilizada se sustrajo de la caja Petri de agar MacConkey ® una pequeña cantidad de colonia y se procedió a colocar en el portaobjetos, se añadió una gota pequeña de agua destilada y con ayuda del cubreobjetos se arrastró el líquido en exceso. Se debe fijar la muestra por calor, para ello se utilizó el mechero realizando movimientos circulares o en zig zag por encima de la llama, levantando constantemente la muestra para que no se quemara, quedando totalmente seca y por lo tanto fija en el portaobjetos.

Se aplicó a las bacterias fijadas azul de metileno (1%) durante un minuto, luego se aclaró con agua, se añadió lugol (2%) durante un minuto y se volvió a aclarar. Después se decoloró la muestra con alcohol de diez o quince segundos, aclarar nuevamente para que el alcohol no siga actuando, ya que si no se para el proceso de decoloración a tiempo todas las bacterias quedarían decoloradas. Por último, aplicar a la muestra la safranina (2%) y se dejó actuar durante un minuto, transcurrido este tiempo volver a aclarar la muestra y dejar que la muestra se seque después añadir una pequeña gota de aceite de inmersión. Posteriormente observar la muestra en el microscopio a 100x (Anexo 11).

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

11.1. Caracterización de la zona de estudio.

Para realizar la caracterización de la zona de estudio se tomó en cuenta los pisos altitudinales que van desde los 3400 hasta los 3500 m.s.n.m.

11.1.1. Caracterización biofísica

11.1.1.1. Clima

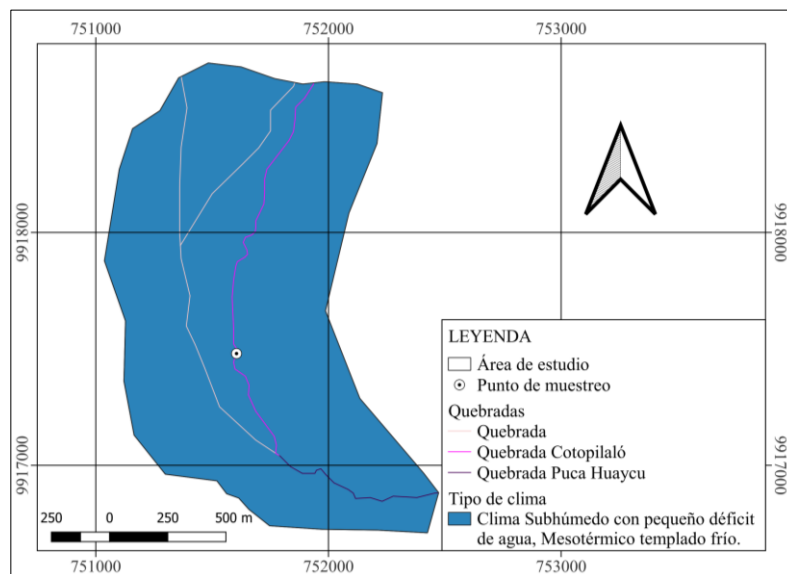
El clima está definido por las condiciones meteorológicas medias que caracteriza a un lugar determinado, en el total (100%) del área de estudio se encuentra un clima denominado

subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío por estar ubicado en la cordillera oriental de los Andes. Hay una serie de factores que pueden influir sobre el clima como es la latitud geográfica, la altitud del lugar, la orientación del relieve con respecto a la incidencia de los rayos solares.

El clima en esta zona tiene pocas variantes, principalmente determinadas por la altitud, la influencia de los vientos cálidos del trópico y la proximidad al nevado los Ilinizas sin embargo, pese a las diferencias climáticas que se puede tener entre uno y otro día (GADPRT, 2020). Los cambios climáticos a escala geológica son muy numerosos, depende del clima en un punto cualquiera del río, el material que viene de aguas arriba puede seguir siendo arrastrado por la corriente y cuando no hay suficiente capacidad de transporte este se acumula dando lugar a los llamados depósitos de sedimentos (Ibáñez, 2008).

Figura 2

Mapa del tipo de clima de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene un clima subhúmedo con pequeño déficit de agua, Mesotérmico templado frío.

11.1.1.2. Precipitación

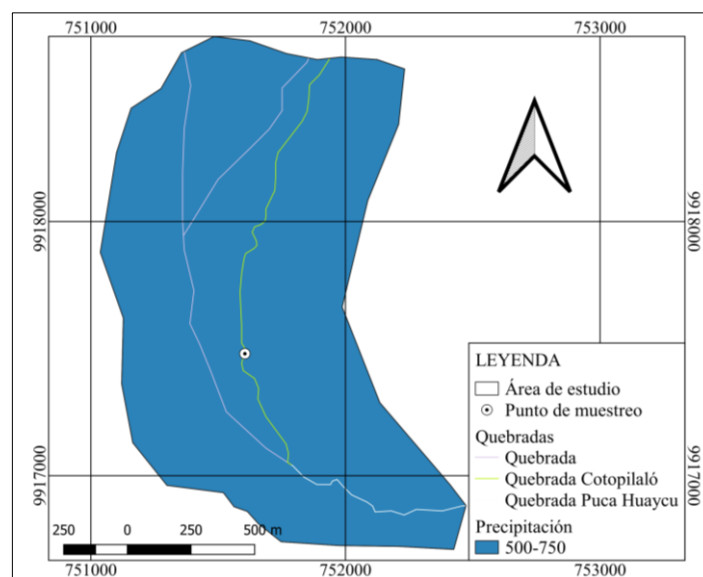
El área de estudio se dirige a los valles andinos, en donde en esta zona el 100% de las precipitaciones son mayores en comparación a la zona del flanco oriental de la cordillera, el promedio oscila entre los 500 a 750 milímetros anuales. Las mayores precipitaciones anuales,

están dadas por la presencia de vientos calientes que vienen desde el trópico y la presencia de la niebla que se condensa para producir las precipitaciones.

Durante épocas de lluvia o de anomalías climáticas, las quebradas reciben grandes cantidades de precipitación que aumenta su caudal, y por ende toda esa cantidad de agua no puede ser contenida en la quebrada, existiendo así el desbordamiento lateral, este es un proceso natural desde la formación geológica

Figura 3

Mapa de precipitaciones de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.

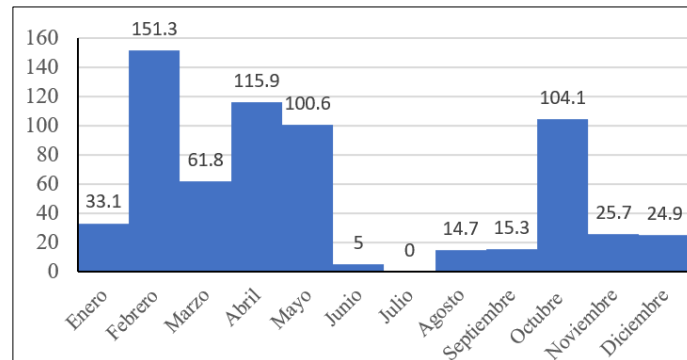


Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene precipitaciones que oscilan entre los 500 a 750 mililitros anuales.

Los meses en el que se realizó el muestreo del recurso hídrico fueron en enero y marzo. Se tomó en cuenta la estación meteorológica COTOPILALÓ CONVENIO INAMHICESA (M1066) ya que es la estación más cercana al área de estudio, tomando en cuenta los datos del año 2013, el mismo que permitió determinar que en enero y marzo existieron precipitaciones.

Figura 4

Representación gráfica de la variación interanual desde el mes de enero a diciembre.



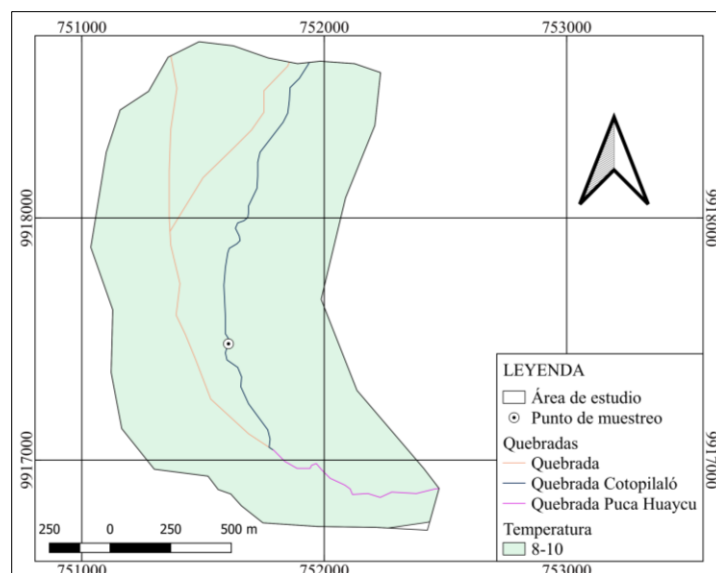
Nota. Valores de la variación interanuales de la precipitación desde el mes de enero a diciembre. Fuente: INAMHI (2017).

11.1.1.3. Temperatura

En general la temperatura promedio oscila entre los 8°C a 10°C en toda el área de estudio (100%), dentro de la clasificación de formaciones bioclimáticas le corresponde a la Ecuatorial de Alta Montaña y nivel.

Figura 5

Mapa de temperatura de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



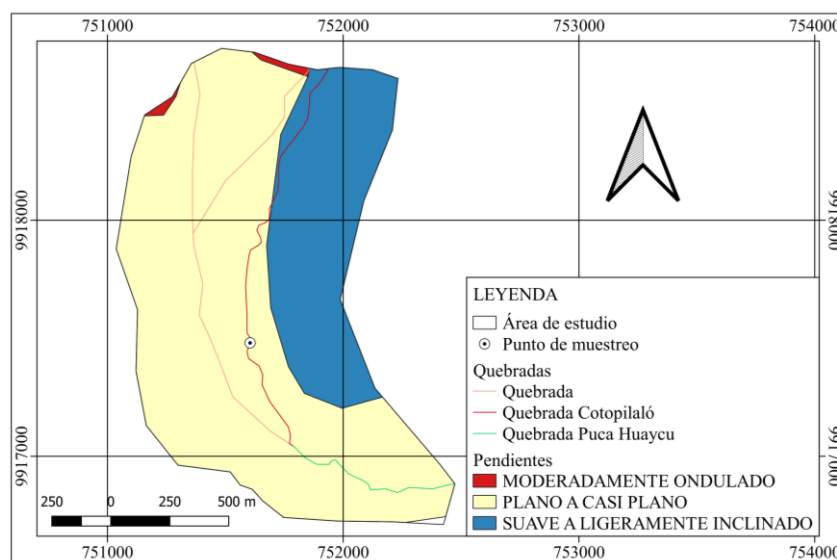
Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene una temperatura que oscila entre los 8 °C a los 10 °C.

11.1.1.4. Pendientes

Es el grado de inclinación de un terreno en relación con la horizontal (suelo), las pendientes presentes en el área de estudio que muestran mayor porcentaje son plano a casi plano con un 72.1%, la suave a ligeramente inclinado, se encuentra presente con el 27.4% y moderadamente ondulado que se encuentran en un 0.5% del total.

Figura 6

Mapa de pendientes de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene tres tipos de pendientes las mismas que son plano a casi plano, suave a ligeramente inclinado y moderadamente ondulado.

11.1.1.5. Geología

En el área de estudio se observa en mayor porcentaje los depósitos laháritico con el 96.3%, y en menores porcentajes los flujos de lava, toba, andesita, aglomerado, piroclásticos con un 3.2 %, y piroclástico, andesita, aglomerado con un 0.5% del total.

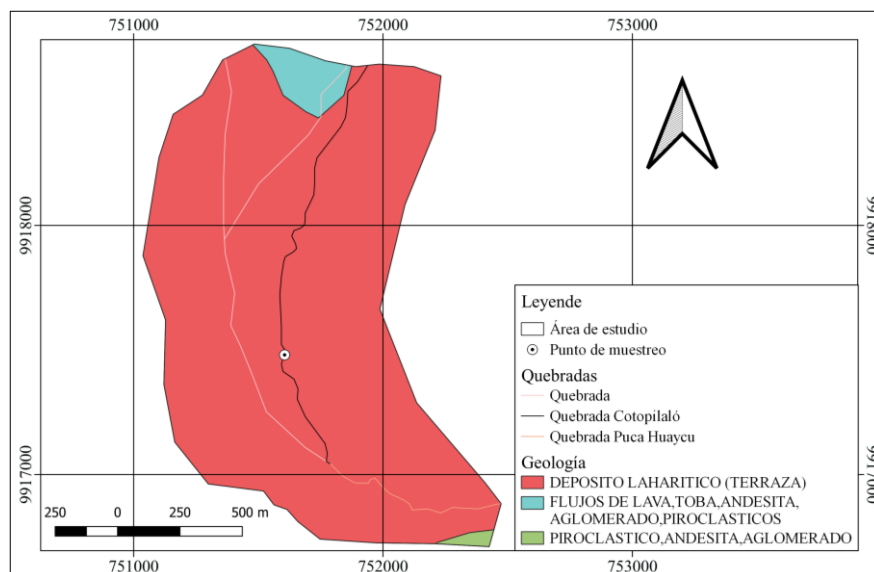
El área de estudio se asienta sobre la placa sudamericana y acorde a sus facies distales, considerados como cuerpos sedimentarios con características homogéneas que pueden ser definidos y separados de otros por su geometría, litología, estructuras sedimentarias, fósiles y que están formados bajo ciertos procesos de sedimentación que se han mantenido durante un tiempo (GADPRT, 2020).

Según (Keller, 1988) la geología impacta de forma directa sobre la calidad de las fuentes hídricas superficiales, ya que deriva de una formación geológica subterránea, creando problemas ambientales en la contaminación de las aguas debido a la agricultura y productos químicos. Según (Bell, 1998) la geología aborda el problema de la contaminación de las aguas superficiales, las mayores contribuciones a la contaminación del agua son los fertilizantes, arroyos contaminados y desechos mineros o minerales, la contaminación es el deterioro del agua por el calor, las bacterias o los productos químicos, estos constituyen ejemplos del efecto significativo que ejerce la geología sobre la calidad del agua.

La presencia de arsénico dentro de la zona se da por la movilización en el medio ambiente a través de una combinación de procesos que incluyen tantos procesos naturales (meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas), así como procesos antropogénicos (pesticidas, herbicidas) (Lillo, 2021). A diferencia de la contaminación antropogénica, la cual genera una afección de carácter más local, la ocurrencia de concentraciones altas de arsénico de origen natural afecta a grandes áreas. Los numerosos casos de “contaminación” natural de aguas por arsénico que existen en el mundo están relacionados con ambientes geológicos muy diferentes: formaciones volcánicas, formaciones volcano-sedimentarias (Lillo, 2021).

Figura 7

Mapa de geología de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene tres tipos de geología

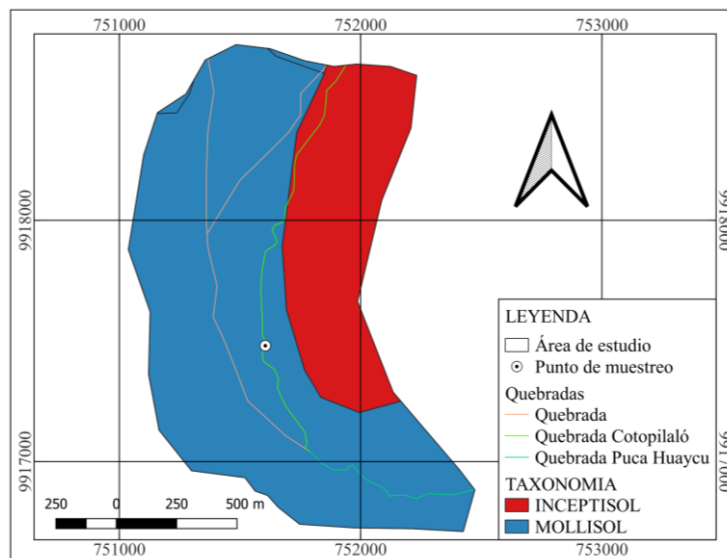
los mismo que son los depósitos laháritico, los flujos de lava, toba, andesita, aglomerado, piroclásticos y piroclástico, andesita, aglomerado.

11.1.1.6. Taxonomía del suelo

En el área de estudio se encuentra presente el suelo Mollisol con un 72.6% del total, este se caracteriza por su desarrollo en áreas semiáridas a semihúmedas, bajo una cobertura de pastos, la formación de este es por la mezcla esencial de materia orgánica con los minerales del suelo, este tipo de suelos se encuentra en alturas que va desde los 3000 a 3700 m.s.n.m., son suelos muy aptos para la agricultura y ganadería. De igual manera el suelo Inceptisol se encuentra presente en un 27.4 % del total, este se presenta cuando existe suelos con bajas temperaturas, estos se desarrollan en climas húmedos y presentan un alto contenido de materia orgánica. La fijación del arsénico a suelos naturales está directamente relacionada con la presencia de algunos óxidos e hidróxidos que actúan en diferentes procesos, tales como: adsorción, reducción, oxidación, precipitación y disolución (Galindo , Fernández, Parada , & Torrente, 2005).

Figura 8

Mapa de taxonomía del suelo de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene dos tipos de taxonomía de suelos los mismos que son mollisoles e inceptisoles.

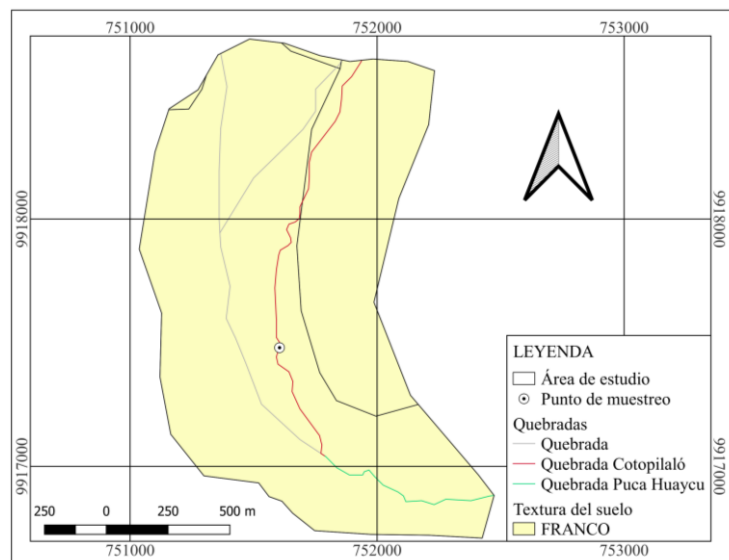
11.1.1.7. Textura del suelo

El área de estudio presenta en su totalidad un suelo franco, este se caracteriza por tener una mayor productividad agrícola ya que tiene una proporción de arena, limo y arcilla apta para los cultivos, este suelo es fértil debido a su alto contenido de materia orgánica. Según (Zaballos, 2006) los suelos francos son aquellos que no predominan claramente ninguno de los tres tipos de partículas, presentan una mezcla de arenas, limos y arcillas en proporciones equilibradas. Son suelos de elevada productividad agrícola debido a su textura relativamente suelta, heredada de la arena, su fertilidad procedente de los limos incluidos y al mismo tiempo con adecuada retención de humedad por la arcilla presente.

La movilidad del arsénico en los suelos está afectada por diversos factores fisicoquímicos que pueden provocar su liberación o retención. En general el As es un elemento bastante inmóvil bajo condiciones normales de un suelo, pero un cambio hacia condiciones reductoras o de pH ácido el As suele ser bastante estable y su movilidad es mucho menor (Fernández I. , 2012).

Figura 9

Mapa de textura de suelos de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio tiene una textura del suelo franco.

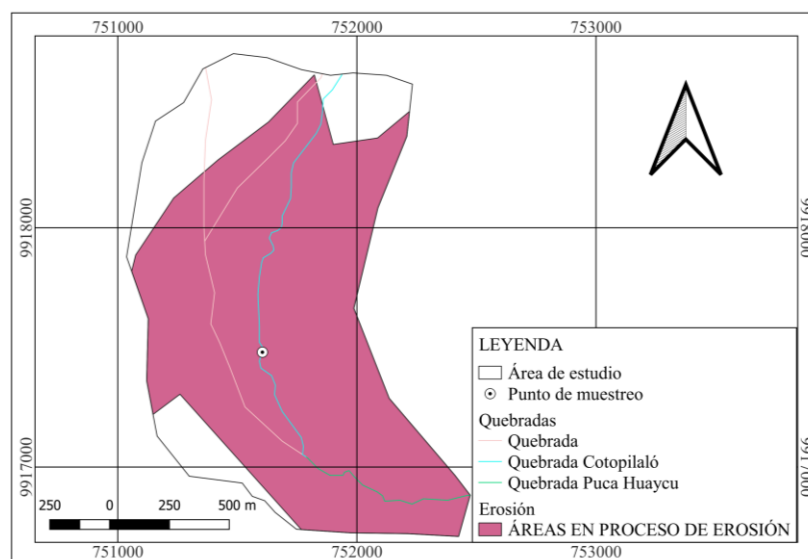
11.1.1.8. Erosión

En el área de estudio se evidencia que el 77.9% del suelo se encuentra en proceso de erosión ocasionados especialmente por la ausencia de la cobertura vegetal, provocado por el uso de las maquinarias agrícolas sobre pendientes, las mismas que son usadas para producción agropecuaria.

Según (Prado & Veiga, 2020) la erosión del suelo es un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos, los agentes erosivos dinámicos, en el caso de la erosión hídrica son las lluvias y el escurrimiento superficial o las inundaciones. La lluvia tiene efecto a través del impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, y por el propio humedecimiento del suelo, que provoca desagregación de las partículas primarias, provoca también transporte de partículas por aspersion y proporciona energía al agua de la escorrentía superficial.

Figura 10

Mapa de erosión de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que en el área de estudio se evidencia suelos en proceso de erosión.

11.1.1.9. Uso actual y cobertura vegetal del suelo

La totalidad de la zona de estudio posee tierras agropecuarias, estos son ricos en nutrientes y se caracterizan por encontrarse en zonas que favorecen el desarrollo y

crecimiento de cultivos, en el área de estudio una gran parte de esta zona posee un desarrollo agrícola muy amplio como se observa en el (Anexo 1).

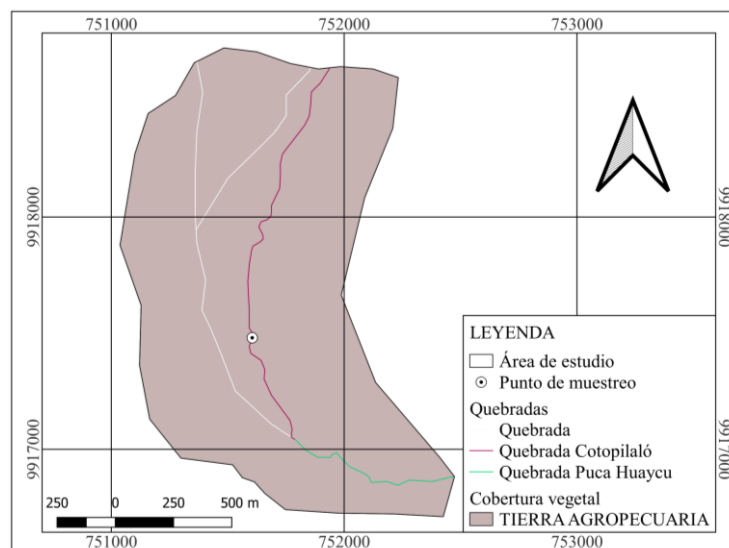
Dentro de este se encuentra vegetación arbustiva y herbácea, estas actividades son influenciadas por fuentes antrópicas ocupando de esta manera un espacio amplio para el desarrollo de los cultivos de ciclo corto, como producto de la intervención humana, el área de cultivo se extiende, incluso sobre los 3.700 msnm (GADPRT, 2020).

Según la (FAO, 2018), la contaminación del agua por prácticas agrícolas plantea una grave amenaza para la salud humana y los ecosistemas del planeta, un problema que a menudo subestiman tanto los responsables de las políticas como los agricultores. Los fertilizantes, plaguicidas y el estiércol empleado en la agricultura son una de las principales causas de la contaminación del agua dulce.

Diferentes investigadores demostraron que las partículas de suelo influyen en la movilidad del arsénico dentro del suelo (Smith, Naidu, & Alston, 2002) y, por lo tanto en su disponibilidad en el sistema agua-suelo-planta (Zhao & Meharg, 2009), lo cual se podría reflejar en las concentraciones de As en las aguas.

Figura 11

Mapa de cobertura vegetal de la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida que va desde los 3400 a los 3500 m.s.n.m.



Nota. Mediante este mapa se puede conocer que el área de estudio posee en su totalidad tierras agropecuarias.

11.2. Determinar la calidad del agua y la concentración de arsénico presente en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

11.2.1. Análisis del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló para el mes de enero.

Obtenido los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló del mes de enero, se realizó la respectiva comparación con la Tabla No.1 y la No.3 del Anexo I, libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, que nos habla sobre los (criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico) y (criterios de calidad de aguas para riego agrícola) respectivamente. De igual manera con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos).

11.2.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano

11.2.1.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el TULSMA 2015

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para consumo humano y doméstico.

Tabla 9

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano y doméstico.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Criterios de calidad	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.003652	0.1	Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	8.33	6-9	Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.150	0.2	Cumple
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	26.30	500	Cumple
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	8.22	No aplica	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	11.0	1000	Cumple

Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el TULSMA 2015 para el consumo humano y doméstico.

Los parámetros que se compararon son el arsénico, potencial de hidrógeno, manganeso, sulfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales. Dentro de los criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico, los parámetros cumplen con los límites establecidos (Tabla 9), siendo estos aptos según la Tabla 1 del TULSMA 2015 para consumo humano y doméstico, a excepción del oxígeno disuelto que no aplica dentro de esta normativa.

11.2.1.1.2. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el INEN 1108-2020.

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para consumo humano.

Tabla 10

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Requisitos	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.003652	0.01	Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	8.33	6.5-8.0	No Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.150	No aplica	No aplica
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	26.30	No aplica	No aplica
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	8.22	No aplica	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	11.0	Ausencia	No Cumple

Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el INEN 1108-2020 para el consumo humano.

Al realizar la comparación con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos), de los parámetros ya mencionados, el arsénico cumple con lo que estipula esta norma, en lo que se refiere al potencial de hidrógeno tiene un valor de 8.33 UpH lo cual no cumple, el manganeso, sulfatos y el oxígeno disuelto no aplican dentro de esta norma y en las coliformes fecales se encuentra un valor de 11 NMP/100ML lo cual indica que no cumple con esta norma ya que debe existir ausencia de este, como se

puede observar en la (Tabla 10). Según esta norma el agua no sería apta para el consumo humano ya que los parámetros de pH y coliformes fecales superan los límites establecidos.

11.2.1.2. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

11.2.1.2.1. Calidad de agua para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para riego agrícola.

Tabla 11

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para riego agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Criterio de calidad	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.003652	0.1	Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	8.33	6-9	Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.150	0.2	Cumple
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	26.30	250	Cumple
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	8.22	3	No Cumple
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	11.0	1000	Cumple

Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el TULSMA 2015 para riego agrícola.

Dentro de los criterios de calidad de agua para riego agrícola, los parámetros arsénicos, potenciales de hidrógeno, manganeso, sulfatos y coliformes fecales cumplen con los valores estipulados dentro de la tabla 3 del TULSMA, ya que se encuentran dentro de los límites establecidos (Tabla 11), en cambio el oxígeno disuelto tiene un valor de 8.22 mg/l, sobrepasando a lo establecido en la normativa. Según esta normativa el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló sería apta el agua para riego agrícola ya que según (Peña, 2007) los niveles altos de oxígeno disuelto indican que el agua es de mejor calidad.

11.2.2. Análisis del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló para el mes de marzo.

Obtenido los resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló para el mes de marzo, se realizó la respectiva comparación con la Tabla No. 1 y la No.3 del Anexo I, libro VI del texto unificado de legislación

secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua, que nos habla sobre los (criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico) y (criterios de calidad de aguas para riego agrícola) respectivamente. De igual manera con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos).

11.2.2.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano

11.2.2.1.1. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el TULSMA 2015

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para consumo humano y doméstico.

Tabla 12

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano y doméstico.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Criterios de calidad	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.67859	0.1	No Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	7.7	6-9	Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.195	0.2	Cumple
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	14.01	500	Cumple
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	6.82	No aplica	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/ 100ML	130.0	1000	Cumple

Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el TULSMA 2015 para el consumo humano y doméstico para el mes de marzo.

Los parámetros que se compararon son el arsénico, potencial de hidrógeno, manganeso, sulfatos, oxígeno disuelto y coliformes fecales. Dentro de los criterios de calidad de fuentes para consumo humano y doméstico, el arsénico no cumple con lo estipulado en la tabla (Tabla 12), siendo no apto según la Tabla 1 del TULSMA 2015 para consumo humano y doméstico, a excepción del oxígeno disuelto que no aplica dentro de esta normativa.

11.2.2.1.2. Calidad de agua para fuentes de consumo humano según el INEN 1108-2020

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para consumo humano.

Tabla 13

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para consumo humano.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Requisitos	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.67859	0.01	No Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	7.7	6.5-8.0	Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.195	No aplica	No aplica
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	14.01	No aplica	No aplica
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	6.82	No aplica	No aplica
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	130.0	Ausencia	No Cumple

Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el NTE INEN 1108-2020 para el consumo humano para el mes de marzo.

De igual manera se realizó la comparación con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1108-2020 (Agua para consumo humano. Requisitos), comparando con los parámetros ya mencionados, el arsénico no cumple con lo que estipula esta norma, el pH si se encuentra dentro de los límites en cambio el manganeso, sulfatos y el oxígeno disuelto no aplican dentro de esta norma y en las coliformes fecales se encuentra un valor de 130 NMP/100ML lo cual indica que no cumple con esta norma ya que debe existir ausencia de este, como se puede observar en la (Tabla 13). Según esta norma no sería apta el agua para consumo humano ya que los parámetros de arsénico y coliformes fecales superan los límites establecidos.

11.2.2.2. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

11.2.2.2.1 Calidad de agua para agua de riego agrícola según el TULSMA 2015

A continuación, se presentan los parámetros y resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados en el punto de muestreo a los 3441 m.s.n.m de la quebrada Cotopilaló para riego agrícola.

Tabla 14

Comparación de los resultados de los parámetros muestreados en la quebrada Cotopilaló en una altitud comprendida de 3400 a los 3500 m.s.n.m., para riego agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Resultados	Criterio de calidad	Observaciones
Arsénico	As	mg/l	0.67859	0.1	No Cumple
Potencial de hidrógeno	pH	UpH	7.7	6-9	Cumple
Manganeso	Mn	mg/l	0.195	0.2	Cumple
Sulfatos	SO ₄ ⁻²	mg/l	14.01	250	Cumple
Oxígeno disuelto	OD	mg/l	6.82	3	No Cumple
Coliformes fecales	NMP	NMP/100ML	130.0	1000	Cumple

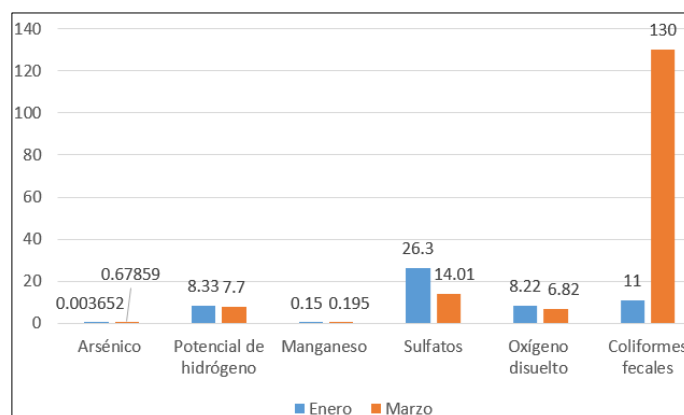
Nota. Mediante esta tabla se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio y la comparación con el TULSMA 2015 para riego agrícola para el mes de marzo.

Dentro de los criterios de calidad de agua para riego agrícola, los parámetros potencial de hidrógeno, manganeso, sulfatos y coliformes fecales cumplen con los valores estipulados de la Tabla 3 del TULSMA, en cambio el arsénico y el oxígeno disuelto sobrepasan a lo establecido en la normativa vigente (Tabla 14).

En la siguiente figura se puede observar la variación de los valores obtenidos de los diferentes parámetros muestreados en el mes de enero y marzo.

Figura 12

Comparación de los valores de los parámetros analizados en el mes de enero y marzo.



Nota. Mediante esta figura se puede conocer los resultados obtenidos en el laboratorio para el mes de enero y marzo.

(Lillo, 2021), menciona que las formas orgánicas del arsénico suelen aparecer en concentraciones menores que las especies inorgánicas, aunque pueden incrementar su proporción como resultado de las reacciones de metilación catalizadas por la actividad microbiana. Según (Nordberg, 2019) también se da por los factores como recarga superficial o subterránea, drenaje de las zonas mineralizadas, clima, las actividades y vertidos urbanos o industriales.

La mayor parte de los acuíferos con contenidos altos de arsénico tienen un origen ligado a procesos geoquímicos naturales, la contaminación natural de este metal está relacionado con ambientes geológicos muy diferentes, uno de ellos es la formación volcánica. La concentración de arsénico en las aguas esta fundamentalmente controlada por las interacciones agua-roca en el seno del acuífero, en condiciones naturales los valores varían mucho de un entorno a otro (Alarcón, Leal, Martín, Navarro, & Benavides, 2013).

La presencia de arsénico también se ve influenciada por los niveles altos de pH ya que precipita en forma de scorodita, haciendo que sustituya a otros elementos en diferentes minerales. Además, influye en la solubilidad del arsénico logrando una precipitación, puede hacer que por el estado de oxidación que presente sustituya a otros grupos químicos. Al aumentar el valor del pH produce la precipitación que puede resultar en una coprecipitación del arsénico en la matriz sólida, lo que produce una concentración inferior del arsénico disuelto (Rolando, 2016).

Según (Japac, 2016) un alto pH puede romper el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. Los organismos acuáticos pueden experimentar problemas haciendo que las poblaciones declinen, por esta razón generalmente los científicos de la calidad del agua la analizan para determinar la salud de los arroyos, lagos, ríos.

El manganeso no se aplica dentro de los parámetros de consumo humano según el INEN. (Monty, 2018), porque se acumulan en los tubos de cañerías, tanques de presión, calentadores de agua y equipo ablandador de agua. Estos depósitos restringen el flujo del agua y reducen la presión del agua ocasionando de esta manera al agua un sabor, olor y color indeseable.

Los sulfatos en arsénico son conocidos por ser una fuente de contaminación a causa de los procesos de meteorización que causa su dilución y con ello la liberación de arsénico a la fase acuosa. La actividad microbiana puede favorecer en gran medida la formación de dichos sulfatos de arsénico lo cual es deseable ya que conduce a la estabilización de este

contaminante. Si se considera que los sulfatos son fases estables bajo condiciones reducidas el desarrollo de estos minerales puede fungir como un mecanismo de control de la movilización de arsénico en sistemas hídricos (Valenciana, 2015).

Según (Peña, 2007), el oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno que está disuelto en el agua y que es esencial para los riachuelos y lagos. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua o 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 son demasiado bajos, los organismos vivos no podrían sobrevivir.

En muchos de los casos los coliformes fecales son considerados como un indicador biológico de contaminación según (Mora, 2010), donde se considera que niveles bajos de coliformes fecales son buenos indicadores de ausencia de organismos patógenos.

11.3. Establecer la trazabilidad microbiológica en concentraciones de arsénico en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m.

11.3.1. Preparación del medio de cultivo con agar nutritivo y MacConkey ®

Para determinar la trazabilidad microbiológica, se realizó diferentes actividades como es la preparación del medio de cultivo a base de agar nutritivo, ya que este es un medio de cultivo enriquecido, sin aditivos preparado para la recuperación y aislamiento de toda clase de microorganismo como son los Gram positivos y Gram negativos, que no requieren elementos especiales para su crecimiento (Vélez, 2015). Y de agar MacConkey ® ya que es un medio de cultivo selectivo que se utiliza para el aislamiento de bacilos Gram negativos de fácil desarrollo los cuales, a partir de muestras clínicas, agua y alimentos permiten la diferenciación sobre la base de la fermentación de la lactosa (mdmCientífica, 2018) (Figura 13).

Figura 13

Preparación del medio de cultivo en agar nutritivo y MacConkey ®.



Nota. Mediante esta figura se puede conocer el proceso de preparación del medio de cultivo en agar nutritivo y MacConkey ®.

11.3.2. Recolección de muestra del área de estudio y siembra.

De igual manera se tomaron muestras del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló, para el aislamiento de microorganismos. Se realizó la siembra con la muestra recolectada en el medio de agar nutritivo en una caja Petri, las mismas que se ingresaron de forma invertida a la incubadora que se encuentra a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas.

Figura 14

Recolección de muestra de agua y siembra en el laboratorio.



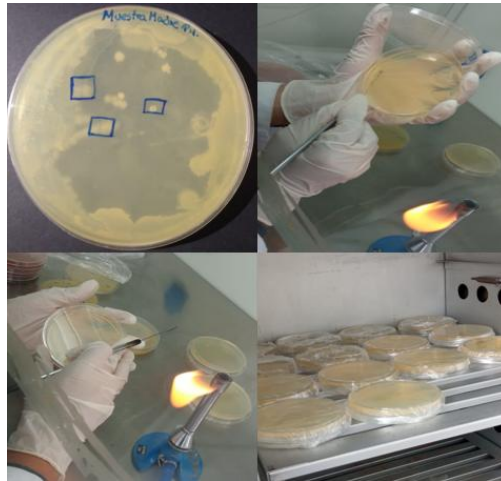
Nota. Mediante esta figura se puede conocer el proceso de recolección de la muestra de agua y la siembra del mismo en el laboratorio.

11.3.3. Crecimiento de microorganismo y cultivo por estrías en agar nutritivo

Pasado el tiempo establecido se examinó el crecimiento de las colonias en la caja Petri que contiene el agar nutritivo, donde se observó un crecimiento acumulado de colonias sin poder identificarlas por lo que se procedió a seleccionar tres colonias significativas para realizar el aislamiento por agotamiento de estría con el objeto de obtener a partir de un elevado número de bacterias, un número reducido de ellas distribuidas individualmente a lo largo de la superficie de la placa, de igual forma se ingresó a la incubadora de la manera antes descrita.

Figura 15

Crecimiento de microorganismo y cultivo por estrías en agar nutritivo.



Nota. Mediante esta figura se puede observar el crecimiento de los microorganismos y el cultivo por estría en agar nutritivo.

11.3.4. Cultivo por estrías en agar MacConkey ® y tinción de Gram

Una vez transcurrido el tiempo necesario se realizó nuevamente el aislamiento por agotamiento de estría seleccionando las colonias más representativas del agar nutritivo para pasarlas al MacConkey ®, realizando el método ya mencionado anteriormente. Por último, se realizó la tinción de Gram con el fin de distinguir entre las bacterias Gram positivas y Gram negativas, en función del grado de permeabilidad de las paredes celulares al disolvente aplicado durante la tinción. Los filamentos Gram positivas se observaron de color azul oscuro a morado o púrpura y los Gram negativas de color rosa a rojizo (Salas, 2020).

Figura 16

Cultivo por estrías en agar MacConkey® y tinción de Gram.



Nota. Mediante esta figura se puede observar el cultivo por estrías en agar MacConkey® y tinción de Gram.

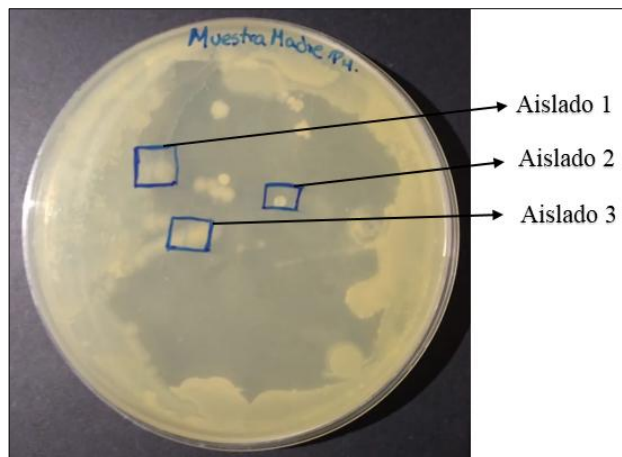
11.3.5. Establecer la trazabilidad microbiológica en el punto de muestreo del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m. para el mes de enero

El medio en que se realizó la siembra para el crecimiento de los microorganismos presentes en el punto de muestreo fue el agar nutritivo, el cual se añadió 1ml de la muestra del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló, se incubó a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas. Pasado este tiempo se identificó a los microorganismos que crecieron en este medio (Figura 16), posteriormente se seleccionó los más representativos para realizar el aislamiento por estría en el mismo medio, ingresando en la incubadora a la misma temperatura y tiempo ya mencionado anteriormente (Figura 17).

Se realizó la siembra de la muestra del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló en una caja Petri con agar nutritivo, obteniendo una variedad de colonias a la misma que se le denominó como muestra madre del punto cuatro del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

Figura 17

Selección de las colonias de la muestra madre del punto cuatro (MMP4), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.



Nota. Mediante esta figura se puede observar la selección de los microorganismos más representativos en agar nutritivo.

Se seleccionaron tres colonias representativas de la (MMP4), para realizar el aislamiento de cada una de ellas en tres cajas Petri que contienen agar nutritivo utilizando la técnica de estriado (A, B, C) como se muestra en la siguiente figura.

Figura 18

Aislamiento de colonias por la técnica de estría de la muestra madre del punto cuatro (MMP4), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

A) A1P4AN

B) A2P4AN

C) A3P4AN



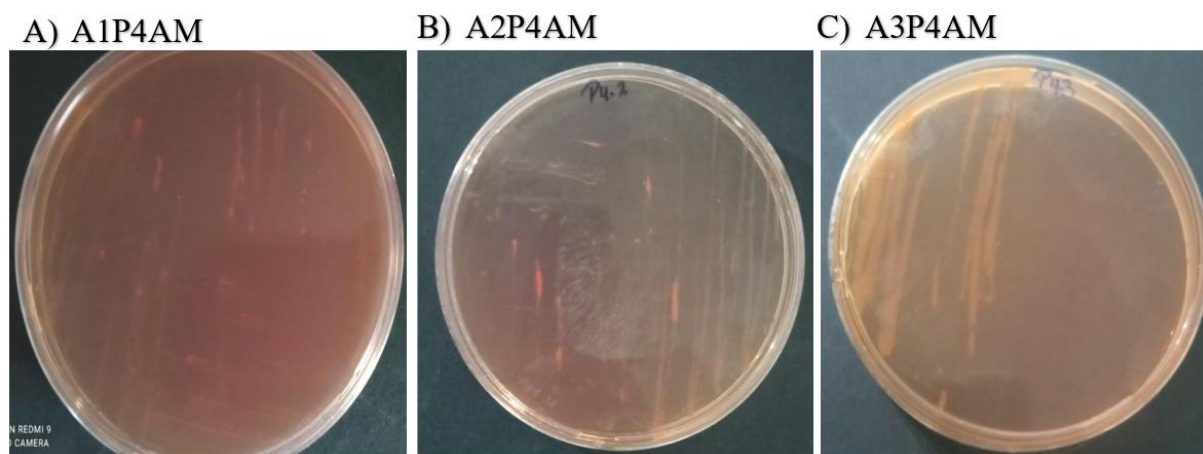
Nota. Mediante esta figura se puede observar el aislamiento por estría de los microorganismos en agar nutritivo.

Obtenido ya el crecimiento de los microorganismos por la técnica de estriado en el medio de agar nutritivo (A, B, C, Figura 18), se procedió a realizar la misma técnica en un medio selectivo que es el agar MacConkey®, dejando que crezcan los microorganismos a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas. Al pasar el tiempo indicado se procedió a la determinación de los aislados que crecieron en este medio. Finalmente, con el crecimiento de estos se realizó la tinción de Gram, de cada placa con el fin de conocer las características de cada aislado.

Observando el crecimiento de las colonias en el agar MacConkey®, se determinó que el aislado uno (A) A1P4AM), tiene Lac (+) ya que en la muestra realizada se evidencia de color rojizo y pertenece al género de los *Enterococcus*. El aislado dos (B) A2P4AM) tiene Lac (+) ya que en la muestra realizada se evidencia de color rojizo y pertenece al género de las *Enterobacterias*. Por último, el aislado tres (C) A3P4AM) tiene Lac (-) ya que en la muestra realizada se evidencia de color amarillento y pertenece al género de las *Pseudomonas* como se puede evidenciar en la siguiente figura.

Figura 19

Aislamiento de colonias por la técnica de estría del medio de agar nutritivo a Macconkey®, del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.



Nota. Mediante esta figura se puede observar el cultivo por estrías en agar MacConkey®.

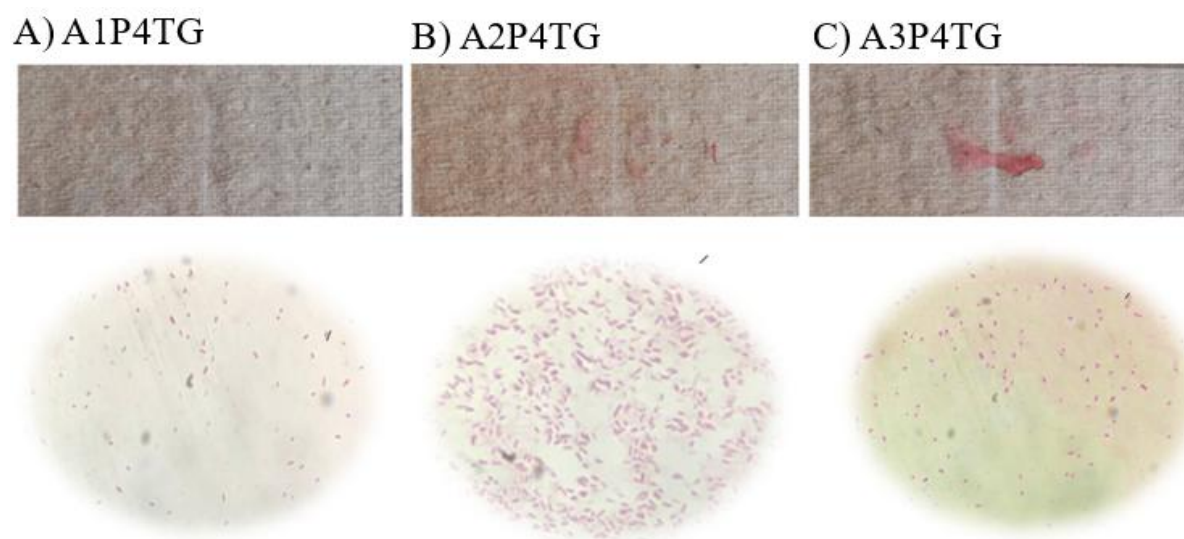
Con el crecimiento de estas colonias (Figura 19), se realizó la tinción de Gram de cada placa con el fin de conocer las características de cada aislado.

Se realizó la tinción de Gram de cada placa determinando que en el aislado uno (A) A1P4TG), tiene Lac (+) es Gram positiva, mediante su morfología indica que son cocos miden aproximadamente 0.6 μm , el aislado dos (B) A2P4TG) tiene Lac (+) es Gram negativa, mediante su morfología indica que son bacilos miden aproximadamente 3 μm . Por

último, el aislado tres (C) A3P4TG), tiene Lac (-) es Gram negativa, mediante su morfología indica que son bacilos miden aproximadamente 0.7 μm .

Figura 20

Muestras realizadas mediante el método de tinción de Gram para conocer si son Gram (+) o (-).



Nota. Mediante esta figura se puede observar la tinción de Gram de los microorganismos aislados en agar MacConkey®.

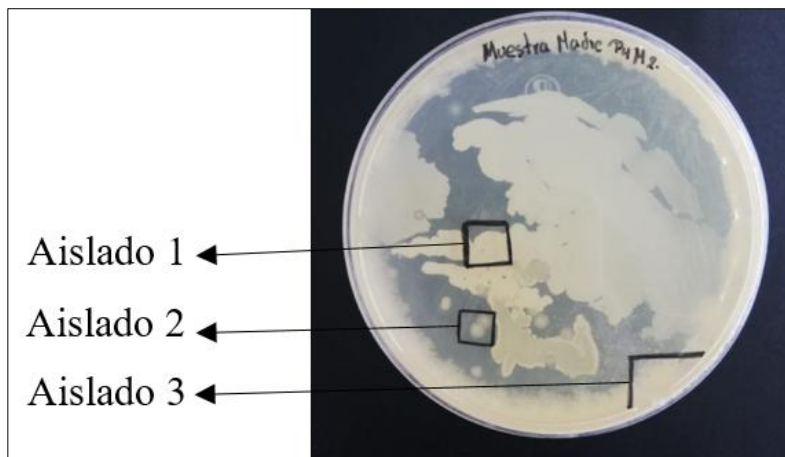
11.3.6. Determinación de la trazabilidad microbiológica en el punto de muestreo del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m. para el mes de marzo

El medio en que se realizó la siembra para el crecimiento de los microorganismos presentes en el punto de muestreo fue el agar nutritivo, el cual se añadió 1ml de la muestra del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló, se incubó a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas. Pasado este tiempo se identificó a los microorganismos que crecieron en este medio (Figura 21), posteriormente se seleccionó los más representativos para realizar el aislamiento por estría en el mismo medio, ingresando en la incubadora a la misma temperatura y tiempo ya mencionado anteriormente (Figura 22).

Se realizó la siembra de la muestra del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló en una caja Petri con agar nutritivo, obteniendo una variedad de colonias la misma que se determinó la muestra madre del punto cuatro del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

Figura 21

Selección de las colonias de la muestra madre del punto cuatro, muestra dos (MMP4M2), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.



Nota. Mediante esta figura se puede observar la selección de los microorganismos más representativos en agar nutritivo.

Se seleccionaron tres colonias representativas de la (MMP4M2), para realizar el aislamiento de cada una de ellas en tres cajas de agar nutritivo utilizando la técnica de estriado (A, B, C) como se muestra en la siguiente figura.

Figura 22

Aislamiento de colonias por la técnica de estría de la muestra madre del punto cuatro, muestra dos (MMP4M2), del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.

A) A1P4M2AN

B) A2P4M2AN

C) A3P4M2AN



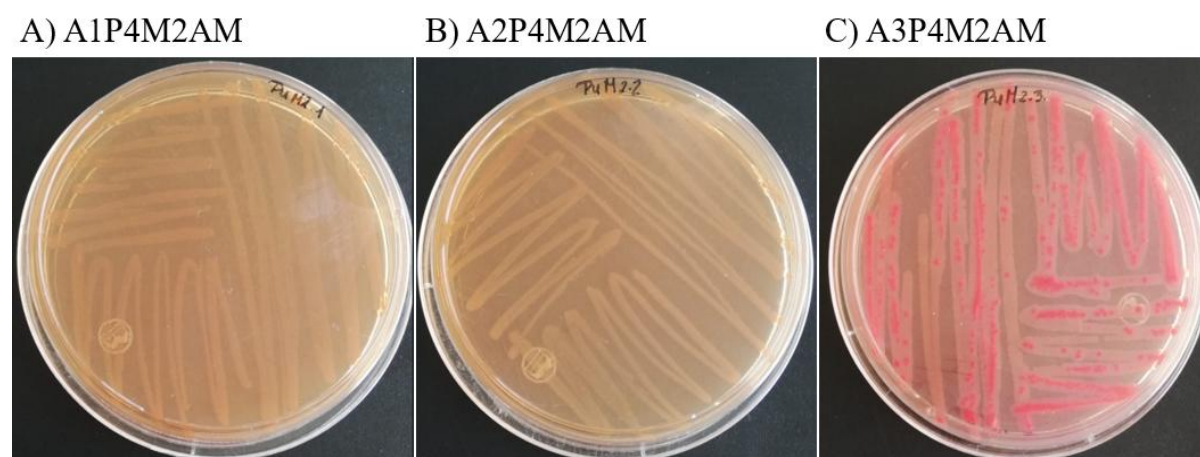
Nota. Mediante esta figura se puede observar el aislamiento por estría de los microorganismos en agar nutritivo.

Obtenido ya el crecimiento de los microorganismos por la técnica de estriado en el medio de agar nutritivo (A, B, C, figura 22), se procedió a realizar la misma técnica en un medio selectivo que es el agar MacConkey ®, dejando que crezcan los microorganismos a una temperatura que oscila entre 35 a 37 °C por 24 horas. Al pasar el tiempo determinado se procedió a la determinación de los aislados que crecieron en este medio. Finalmente con el crecimiento de estos se realizó la tinción de Gram, de cada placa con el fin de conocer las características de cada aislado.

Una vez observado el crecimiento de las colonias en el agar MacConkey ®, se determinó que el aislado uno (A) A1P4M2AM), tiene Lac (-) ya que en la muestra realizada se evidencia de color amarillento y pertenece al género de las *Pseudomonas*. El aislado dos (B) A2P4M2AM) tiene Lac (-) ya que en la muestra realizada se evidencia de color amarillento y pertenece al género de la *Salmonella*. Por último, el aislado tres (C) A3P4M2AM) tiene Lac (+) ya que en la muestra realizada se evidencia de color rojizo y pertenece al género de las *Enterobacterias* como se puede evidenciar en la siguiente figura.

Figura 23

Aislamiento de colonias por la técnica de estría del medio de agar nutritivo a MacConkey ®, del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló.



Nota. Mediante esta figura se puede observar el cultivo por estrías en agar MacConkey ®.

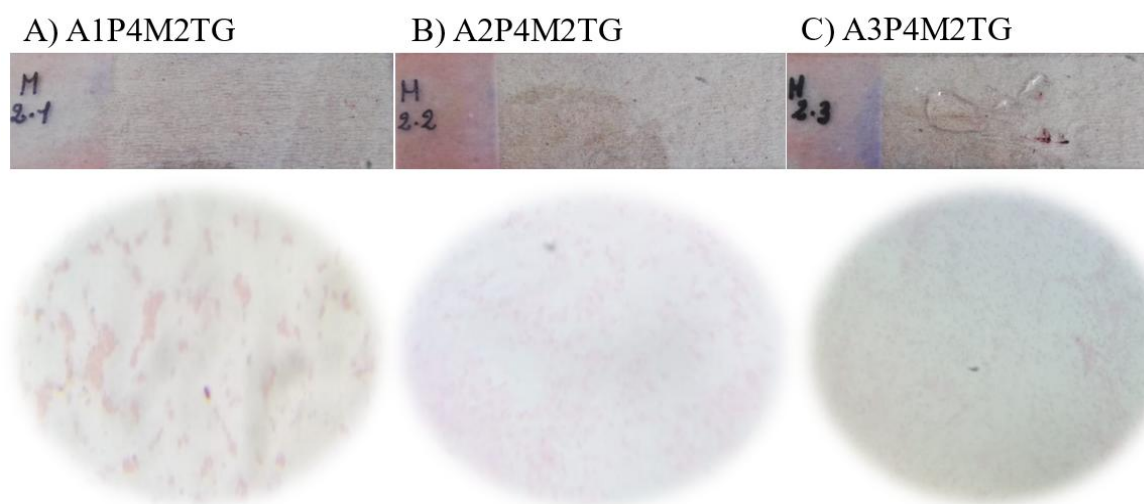
Con el crecimiento de estas colonias (Figura 23), se realizó la tinción de Gram de cada placa con el fin de conocer las características de cada aislado.

Se realizó la tinción de Gram de cada placa determinando que en el aislado uno (A) A1P4M2TG), tiene Lac (-) es Gram negativa, mediante su morfología indica que son bacilos miden aproximadamente 0.8 μm , el aislado dos (B) A2P4M2TG) tiene Lac (-) es Gram negativa, mediante su morfología indica que son bacilos miden aproximadamente

2 μm . Por último, el aislado tres (C) A3P4M2TG), tiene Lac (+) es Gram negativa, mediante su morfología indica que son bacilos miden aproximadamente 0.2 μm .

Figura 24

Muestras realizadas mediante el método de tinción de Gram para conocer si son Gram (+) o (-).



Nota. Mediante esta figura se puede observar la tinción de Gram de los microorganismos aislados en agar MacConkey®.

El género de los *Enterococcus* presentan una buena tolerancia y resistencia en aguas que contengan As (Balboa & Vergara, 2021). Son anaerobios facultativos, quimiorganótrofos, con metabolismo fermentativo, fermentan un amplio rango de carbohidratos con producción principalmente de Lac (+), presentan requerimientos nutricionales complejos (Díaz, Rodríguez, & Zhurbenko, 2010).

Las bacterias del género *Enterobacterias* son aquellas que se aíslan en ambientes contaminados con metales pesados como es el As, tienen la capacidad de crecer a elevadas concentraciones de arsénico y la capacidad enzimática para degradar este metal en altas concentraciones (Narvaez, 2008). Son organismos quimiorganótrofos, anaerobios facultativos de metabolismo fermentativo (es un proceso catabólico de oxidación incompleta que no requiere oxígeno y cuyo producto final es un compuesto orgánico) y no exigentes nutricionalmente (Figo, 2017).

Las *Pseudomonas* son un bacilo Gram negativo de metabolismo oxidativo versátil (proceso químico en que el oxígeno se usa para producir energía a partir de los carbohidratos (azúcares)), que posee una ubicua presencia en el ambiente y es resistente a una gran variedad

de agentes físicos y químicos (Moya, y otros, 2002). Las *Pseudomonas* presentan una alta capacidad bioremediativa, lo que evita que en cantidades superiores o ciertos límites sean extremadamente perjudiciales. También pueden acumular importantes cantidades de arsénico a pesar de ser una bacteria nativa, permitiendo de esta manera la remoción del arsénico total y tolerarlo en altas concentraciones, no requiere de controles estrictos de pH y temperatura (Pellizzari, 2014).

Las bacterias del género *Pseudomonas* son consideradas como un patógeno oportunista, además sus cepas han sido reportadas con capacidad desintoxicante de ciertos contaminantes orgánicos e inorgánicos indicándose especialmente útil para combatir la contaminación de metales pesados una de ellos es el As (Luján, 2019), es una bacteria calcificante que resiste el As (Leighton, 2018). Son frecuentemente asociados como causa de infecciones humana sin embargo, naturalmente existe en el medio ambiente (Berube, 2016).

La *Salmonella* es uno de los géneros bacterianos que se encuentran asociados a brotes de enfermedades de origen hídrico, ya que se encuentra en el agua dulce, son capaces de sobrevivir en gran variedad de condiciones de estrés por largos periodos de tiempo, pueden resistir elevadas concentraciones de As (Carpio, 2017). Son anaerobios facultativos (es un ser vivo que crece tanto en presencia como en ausencia de oxígeno), no fermentan lactosa ni sacarosa. Poseen un metabolismo oxidativo (proceso químico en que el oxígeno se usa para producir energía a partir de los carbohidratos (azúcares)) (Parra , Durango, & Máttar, 2002).

12. RESPUESTA DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

Si fue posible determinar la trazabilidad microbiológica en presencia de arsénico en fuentes naturales, mediante metodologías empleadas como la técnica de siembra por estría la cual permitió aislar a las bacterias que se encuentran presentes en el recurso hídrico, de igual manera la técnica de tinción de Gram permitió la identificación morfológica de cada bacteria presente, mediante esto se pudo conocer la caracterización de los microorganismos presentes en el punto de muestreo de la quebrada Cotopilaló a los 3441 m.s.n.m. Mediante estas técnicas se pudo determinar que en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló existen microorganismo del género *Enterococcus* (Gram positiva), *Enterobacterias* (Gram negativa), *Pseudomonas* (Gram negativa) y *Salmonella* (Gram negativa). Y una vez obtenido el resultado de identificación se evidencio de manera bibliográfica que las bacterias pueden sobrevivir a altas concentraciones de arsénico en el agua. Y las *Pseudomonas* ayudan en procesos de biorremediación para disminuir la concentración de arsénico en un recurso

hídrico, todas estas bacterias pueden ser dañinos para la población de sus alrededores causando distintas enfermedades a los habitantes que consumen el agua contaminada o los cultivos que son regados con el mismo.

13. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

13.1. Sociales

En la presente investigación se da a conocer los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio realizados al recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló, con estos resultados se debe hacer conocer e informar a la comunidad y a las autoridades respectivas el estado actual del agua, ya que este se utiliza para el consumo humano, así como también para la agricultura. Es necesario crear conciencia en los habitantes de la comunidad de Tiliche del cuidado que se debe dar al agua antes y después de su uso según sus actividades cotidianas, para tratar de reducir la contaminación y preservar este recurso ya que puede ocasionar varias enfermedades irreparables a la salud de la comunidad.

13.2. Ambientales

En la quebrada Cotopilaló según las visitas de campo realizadas en la zona de estudio, presenta problemáticas ambientales que afectan al medio, donde el ser humano se ve involucrado, debido a las actividades que genera la contaminación al recurso hídrico que se produce de forma natural ya que esta zona es de origen volcánico y de forma antrópica por la agricultura y ganadería que existe en esta zona, dichas acciones afectan al entorno.

Por medio de la investigación se analizó el nivel de contaminación que existe en la quebrada Cotopilaló, esta metodología permitió analizar la calidad del agua, se puede categorizar la misma viendo si es apta para uso agrícola y humano. De este modo podemos mejorar la calidad de vida de la población en el ámbito de la alimentación en lo agrícola y ganadero, de este modo plantear nuevos estudios que determinen la recuperación de la quebrada Cotopilaló. El estudio permitirá buscar alternativas para la disminución de la contaminación del recurso hídrico.

13.3. Económicos

En el proyecto de investigación se determinó la presencia de arsénico en la quebrada Cotopilaló, por lo que se tuvo que hacer una valoración de la calidad de agua utilizando métodos fisicoquímicos y microbiológicos los mismos que tuvieron un costo moderado permitiendo de esta manera obtener resultados confiables para que los mismos sean utilizados por las autoridades competentes dentro de la localidad y de la provincia y de esta manera

puedan realizar análisis periódicos del agua para que la comunidad este bien atendida con este recurso.

14. PRESUPUESTO

Para la realización de este proyecto de investigación se realizaron diferentes gastos económicos los cuales se evidencian en la siguiente tabla.

Tabla 15

Presupuesto del proyecto elaborado en la quebrada Cotopilaló en una altitud desde 3400 a los 3500 m.s.n.m.

Recursos	Cantidad	Descripción	Valor Unitario	Valor Total
Humano	2	Personas	10	20
	2	Computadoras (300h)	0.6	360
Tecnología	1	Alquiler de GPS (4h)	5	20
	1	Cámara Fotográfica	70	70
	1	USB/Flash	8	8
	2	Internet (4 meses)	26	208
	1	Resma de papel bond A4	4	4
Materiales y suministros	4	Esferos	0.6	2.4
	2	Libretas de campo	1.5	3
	1	Paquete de guantes y mascarillas	6	6
Laboratorio	6	Análisis del laboratorio		200
	6	Transporte	7	42
	1	Insumos para Laboratorio	100	100
Gastos varios	2	Alimentación	5	10
	3	Anillados	15	45
	1	Empastado e impresiones a laser	35	35
			TOTAL	\$1133.40

Nota. Mediante esta tabla se puede observar el presupuesto para la realización del proyecto de investigación.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

15.1. Conclusiones

El área de estudio está ubicada en una elevación que va desde los 3400 hasta los 3500 m.s.n.m, el punto de muestreo se encuentre en las coordenadas 751.605E y 9'917.480N del sistema de referencia GWS84 zona 17S. Posee un clima subhúmedo, con precipitaciones que va desde los 500 a 750 milímetros anuales, es una zona que se caracteriza por tener la presencia de arsénico ya que se encuentra próximo al nevado los Ilinizas, debido a que estos son de origen volcánico, de igual manera se caracteriza por tener tierras aptas para la conservación de la vida silvestre, productividad agropecuaria ya que tienen un alto contenido de materia orgánica haciéndole fértil al mismo. Se evidencia suelos en proceso de erosión por la ausencia de cobertura vegetal que es ocasionada por fuentes antrópicas.

Los resultados de laboratorio de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados en el mes de enero, el agua de la quebrada Cotopilaló es apta para consumo humano y doméstico según la Tabla 1 del TULSMA ya que está dentro del rango de esta normativa. Para riego agrícola el parámetro de oxígeno disuelto no cumple con lo establecido con la Tabla 3 del TULSMA. Para el mes de marzo los resultados de laboratorio del agua, esta no es apta para el consumo humano y doméstico según la Tabla 1 del TULSMA ya que la cantidad de arsénico supera los límites permitidos de esta normativa, cabe indicar además que haciendo una comparación con la INEN 1108 los parámetros de arsénico y coliformes fecales no cumplen con lo establecido, por esta razón no es apta para consumo humano. Para riego agrícola el parámetro de arsénico y oxígeno disuelto no cumple con lo establecido en la Tabla 3 del TULSMA por lo que concluimos que el agua de la quebrada Cotopilaló no es apta para riego agrícola.

Se pudo determinar que en el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló en el mes de enero se identificaron microorganismo a los 3441 m.s.n.m. que son del género *Enterococcus* (Gram positiva), *Enterobacterias* (Gram negativa) y *Pseudomonas* (Gram negativa); y para el mes de marzo se identificaron microorganismo del género *Pseudomonas* (Gram negativa), *Salmonella* (Gram negativa) y *Enterobacterias* (Gram negativa). Todos estos microorganismos son capaces de sobrevivir a concentraciones altas de arsénico en el agua y pueden causar distintas enfermedades a las personas que consumen el agua contaminada o los cultivos que son regados con el mismo.

15.2. Recomendaciones

Solicitar a la comunidad cuidar y conservar el recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló ya que esta proviene de una fuente natural como son los Ilinizas, de igual manera el cuidado de las tierras del área de estudio para que no sean explotados o erosionadas en su totalidad.

Monitorear todos los meses los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del recurso hídrico de la quebrada Cotopilaló ya que por los cambios climáticos varían las concentraciones de los diferentes parámetros, esto con la finalidad de saber si existen cambios en la calidad del agua y pueda ser tratada de una manera adecuada.

Al realizar el análisis del agua se pudo evidenciar la existencia de microorganismos que pueden afectar la salud de la población, por lo que se pide a la comunidad que realice un adecuado tratamiento de potabilización realizando el retiro de impurezas, filtración y desinfección con cloro u ozono para que esta pueda ser utilizada para consumo humano.

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcon , L. R. (2011). *Manual de prácticas*. Obtenido de Laboratorio de microbiología básica: <https://bivir.uacj.mx/Reserva/Documentos/rva2011297.pdf>
- Alarcón, M. T., Leal, L. O., Martín, I. R., Navarro, S. V., & Benavides, A. (2013). *Arsénico en agua*. Obtenido de Presencia, cuantificación analítica y mitigación: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1056/1/Libro%202013-Arsenico%20en%20el%20Agua%20con%20ISBN.pdf>
- Albores, A. Q. (2015). *Biotratamiento de contaminantes de origen inorgánico*. Obtenido de <https://revistademetalurgia.revistas.csic.es/index.php/revistademetalurgia/article/view/810/821>
- Anexo 1 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua*. (2015).
- ATSDR. (09 de 2000). *Resúmenes de salud pública - Manganeso (Manganese)*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs151.html
- ATSDR. (1 de 10 de 2011). *En dónde se encuentra el arsénico*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/en_donde_se_encuentra.html
- Balboa, C., & Vergara, L. (2021). Potencial aplicación de bacterias ácido lácticas en sistemas de tratamiento de agua. *Asociación Española de ecología terrestre* , 6.
- Bell, F. (1998). *Geología ambiental: principios y práctica* . Oxford; Malden, Mass.: Blackwell Science: ISBN 0632061367.
- Berube, R. (2016). *Pseudomonas aeruginosa: breaking*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26407972/>
- Carpio, C. (2017). *Estudio de la bioadsorción de Pb (II) y Cd (II) usando como biomasa a Escherichia coli aislada de las aguas contaminadas del río Huatanay de la ciudad del Cusco*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5361/CNDdecajic.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Código orgánico integral penal*. (10 de 02 de 2014).
- Constitución de la republica del Ecuador*. (01 de 08 de 2018).
- Díaz, M., Rodríguez, C., & Zhurbenko, R. (05 de 2010). *Enterococcus, medios de cultivo convencionales y cromogénicos*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1561-30032013000100010

- EduLabC. (17 de 07 de 2019). *Medios de cultivo*. Obtenido de <https://edulabc.com.mx/medios-de-cultivo/>
- FAO. (20 de 06 de 2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. Obtenido de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/es/c/1141955/>
- Fbioyf. (2020). *Siembra, aislamiento e identificación de microorganismos*. Obtenido de https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/182684/mod_resource/content/1/2019%20TP2%20Farmacia.pdf
- Fbioyt. (2019). *Microbiología*. Obtenido de Cultivo de microorganismos: https://www.fbioyf.unr.edu.ar/evirtual/pluginfile.php/182684/mod_resource/content/1/2019%20TP2%20Farmacia.pdf
- Fernández, I. (2012). *Factores que afectan a la movilidad del arsénico en los suelos*. Sevilla.
- Fernández, M. (Agosto de 2017). *Determinación de coliformes totales y fecales en aguas de uso tecnológico para las centrifugas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223154251011.pdf>
- Figo, L. (09 de 02 de 2017). *Enterobacteriaceae*. Obtenido de <https://salud.fandom.com/wiki/Enterobacteriaceae#:~:text=La%20familia%20%22Enterobacteriaceae%22%20son%20organismos,nitrata%20positivos%20y%20oxidasa%20negativos>
- GADPRT. (2020). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Toacaso*. Obtenido de https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT_TOACASO_2020.pdf
- Galindo , G., Fernández, J. L., Parada , M. A., & Torrente, D. G. (28 de 10 de 2005). *II Seminario hispano latinoamericano sobre temas actuales de hidrología subterránea*. Obtenido de https://digital.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf
- Gil, M. (03 de 01 de 2019). *Agar nutritivo: fundamento, preparación y usos*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/agar-nutriente/>
- González, C. (Octubre de 2011). *Monitoreo de calidad de agua el pH*. Obtenido de <https://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLobj-862/maguaph.pdf>
- Graham, B. (11 de 09 de 2016). *National Institutes of Health (NIH)* . Obtenido de <https://www.genome.gov/es/genetics-glossary/Bacteria>

- IARC. (19 de 02 de 2002). *IARC monographs*. Obtenido de On the evaluation of carcinogenic risks to humans: <https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2018/06/mono82.pdf>
- Ibáñez, J. J. (15 de 08 de 2008). *Erosión, transporte y sedimentación: Erosión geológica*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/08/15/98822>
- Japac. (20 de 06 de 2016). *Efectos del pH al agua*. Obtenido de <https://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/#:~:text=Un%20alto%20o%20bajo%20pH,haciendo%20que%20las%20poblaciones%20declinen>.
- Kapital Inteligente. (27 de 04 de 2020). *Tinción de Gram*. Obtenido de <https://www.kapitalinteligente.es/tincion-de-gram/#:~:text=La%20Tinci%C3%B3n%20de%20Gram%20consiste,Christian%20Gramen%20el%20a%C3%B1o%201884.&text=La%20mezcla%20alcohol%20Acetona%20disuelve,las%20Gram%20negativas%20con%20safrani>
- Keller, E. A. (1988). *Environmental geology Charles and merrill publishing* . USA. Obtenido de <https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Geologia-ambiental.html>
- Leighton, P. (Enero de 2018). *Bacterias que eliminan todo el arsénico del agua*. Obtenido de <https://www.scidev.net/america-latina/news/chile-con-bacterias-eliminan-todo-el-arsenico-del-agua/>
- Lenntech. (2020). *Propiedades químicas del manganeso - Efectos del manganeso sobre la salud - Efectos ambientales del manganeso*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/mn.htm>
- Lenntech. (2021). *El sulfato*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/sulfatos.htm>
- Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua*. (06 de 08 de 2014).
- Ley orgánica de salud*. (18 de 12 de 2015).
- Lillo, J. (2021). *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas*. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-15564/Peligros%20geoqu%C3%ADmicos%20del%20ars%C3%A9nico%20-%20Javier%20Lillo.pdf>
- López Tévez, L., & Torres, C. (2006). *Medios de cultivo*. Obtenido de Microbiología general: <http://www.biologia.edu.ar/microgeneral/tp4.pdf>

- Luján, D. (Agosto de 2019). *Uso de Pseudomonas en biorremediación*. Obtenido de https://smbb.mx/wp-content/uploads/2019/08/5.-Lujan_2019.pdf
- Marín, R. (2003). *Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos tratamiento y control de calidad de aguas*. Obtenido de (S. A. Diaz de Santos, Ed.) (Primera). Madrid - España.
- Mastromónaco, G. M. (2014). *Criterios para asegurar la trazabilidad y calidad de los cultivos microbianos de referencia*. Obtenido de <https://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/Maestria/GladysMastromonaco.pdf>
- Maza, J. (2017). *Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de los iones de fosfatos en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>
- mdmCientífica. (23 de 02 de 2018). *En MDM Científica podemos explicarte qué es y para qué sirve el agar MacConkey*. Obtenido de <https://mdmcientifica.com/agar-macconkey-2/>
- Medibac. (06 de 05 de 2015). *Agar nutritivo*. Obtenido de Medio de cultivo nutritivo: <https://www.labmedibac.com.ec/wp-content/uploads/2015/04/AGAR-NUTRITIVO-MEDIBAC-LAB.pdf>
- Miranda, J. (16 de 07 de 2021). *Recursos Hídricos*. Obtenido de <https://concepto.de/recursos-hidricos/>
- Monty. (2018). *Problemas del agua potable: el hierro y el manganeso*. Obtenido de <https://texaswater.tamu.edu/resources/factsheets/15451sironandman.pdf>
- Mora, J. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la Península de Osa*. Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-EstadoActualDeContaminacionConColiformesFecalesDeL-4835746.pdf>
- Morrero, J. (2016). *Mecanismos moleculares de resistencia a metales pesados en las bacterias y sus aplicaciones en la biorremediación*. Obtenido de <redalyc.org/pdf/1812/181221644010.pdf>
- Moya, A., Rodríguez, A., Hernández, J., Hernández, J., Almenares, J., Berrios, D., . . . Esnard, S. (03 de 2002). *Preparado de inmunoglobulina contra LPS de Pseudomonas*. Obtenido de <http://www.bvv.sld.cu/vaccimonitor/vm2002/a3.pdf>

- Narvaez, S. (2008). *Selección de bacterias con capacidad degradadora de hidrocarburos aisladas a partir de sedimentos del caribe colombiano*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/mar/v37n1/v37n1a04.pdf>
- Navarrete, V. (7 de 07 de 2016). *Análisis de metales en el medio ambiente*. Obtenido de http://proyectos2.iingen.unam.mx/Proyectos_2005_2006/07/7.1.3.pdf
- Nordberg, G. (2019). *Metales: Propiedades Químicas y toxicidad*. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/162520/Cap%C3%ADtulo+63.+Metales+propiedades+qu%C3%ADmicas+y+toxicidad>
- NTE INEN 2169. (2013). *Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y conservación*. Obtenido de Nomar Técnica Ecuatoriana: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACION-DE-MUESTRAS.pdf?x42051>
- OMS. (15 de 02 de 2018). *Arsénico*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
- Ormaechea, E. (11 de 03 de 2021). *Tinción de Gram*. Obtenido de <https://www.salud.mapfre.es/pruebas-diagnosticas/otras-pruebas-diagnosticas/tincion-de-gram/>
- Parra, M., Durango, J., & Máttar, S. (2002). Microbiología, patogénesis, epidemiología, clínica y diagnóstico de las infecciones producidas por salmonella. *MVZ Córdoba*, 187. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/693/69370201.pdf>
- Pellizzari, E. (Diciembre de 2014). *Degradación de arsénico por Pseudomonas para bioremediación de agua*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323635882001.pdf>
- Peña, E. (Junio de 2007). *Calidad del agua, trabajo de investigación oxígeno disuelto (OD)*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6162/5/Investigacion.pdf>
- Prado, L., & Veiga, M. (2020). *Erosión y pérdida de fertilidad del suelo*. Obtenido de *Relación entre erosión y pérdida de fertilidad del suelo*: <https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S06.htm>
- Pure Aqua, Inc. (18 de 03 de 2019). *Cómo eliminar el sulfato del agua*. Obtenido de <https://es.pureaqua.com/como-eliminar-el-sulfato-del-agua/>

- Rios, S., & Reyes, D. (10 de 2014). *Microbiología*. Obtenido de Cultivo puro: <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/cultivo-puro.html>
- Rodríguez, S. T.-M. (2016). *Metales pesados (cadmio, plomo, mercurio) y arsénico en pescados congelados*. Obtenido de *Zootecnia Trop.*, 34 (2)(April), 143–153.
- Rolando, A. (06 de 2016). *pH en el agua*. Obtenido de <https://japac.gob.mx/2016/06/20/descubre-como-afecta-el-ph-al-agua/>
- Roldan , P. (21 de 08 de 2017). *Contaminación*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/contaminacion.html>
- Saavedra, S. L. (19 de 02 de 2017). *Preparacion de medio de cultivo*. Obtenido de Programa de bacteriología y laboratorio clinico: https://issuu.com/sandralucia.71/docs/manual_preparacion_de_medios_de_cul
- Salas, M. D. (2020). *Tinción*. Obtenido de http://www.bibliotecagbs.com/archivos/033_036_CAP3_GBS.pdf
- Sanz, C. S. (2011). *Practicas de microbiología*. España: ISBN. Obtenido de Técnica de aislamiento por agotamiento por estría.
- Segura, C. (2015). *Folleto informativo oxígeno disuelto (OD)*. Obtenido de <https://docplayer.es/135770-Folleto-informativo-oxigeno-disueltood.html>
- Smith, E., Naidu, R., & Alston, M. (2002). *Chemistry of inorganic arsenic in soils, II: Effect of phosphorus, sodium, and calcium on arsenic sorption*. *J. Environ. Qual.* 31: 557-563.
- Titan Biotech. (2019). *Agar MacConkey*. Obtenido de <https://labsupply.com.ec/producto/agar-macconkey/>
- Tovar, C., & Zapata, C. (2019). *Informe técnico: Calidad química de las fuentes hídricas del Suroccidente del complejo volcanico los Ilinizas Latacunga*.
- Ucha, F. (30 de 08 de 2014). *Altitud*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/geografia/altitud.php>
- USEPA. (07 de 09 de 2010). *Arsenic in drinking water*. Obtenido de <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/arsenic/index.cfm>
- Valenciana, E. (Octubre de 2015). *Reducción biológica de As (V) y sulfato en sedimentos de un sistema hidráulico contaminado con arsénico*. Obtenido de <https://repositorio.ipicyt.edu.mx/bitstream/handle/11627/2955/TMIPICYTR5R42015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Varela, G., & Grotiuz, G. (2008). *Fisiología y metabolismo bacteriano*. Obtenido de <http://www.higiene.edu.uy/cefa/2008/FisiologiayMetabolismoBacteriano.pdf>
- Vélez, J. (06 de 04 de 2015). *Agar nutritivo*. Obtenido de Medio de cultivo Nutritivo: <https://www.labmedibac.com.ec/wp-content/uploads/2015/04/AGAR-NUTRITIVO-MEDIBAC-LAB.pdf>
- Wirtgen, J. (2009). *Recursos Hidricos*. Obtenido de Resumen del 2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: <https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout.pdf>
- Zaballos, J. P. (05 de 07 de 2006). *El agua en el suelo 4: Textura del suelo y propiedades hídricas*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2006/07/05/33887>
- Zarza, L. (2020). *Calidad del agua*. Obtenido de Qué es la contaminación del agua: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-contaminacion-agua>
- Zhao, F., & Meharg, A. (2009). *Arsenic uptake and metabolism in plants*. *New Phytol.*

17. ANEXOS

Anexo N°1. Ortofoto del área de estudio.

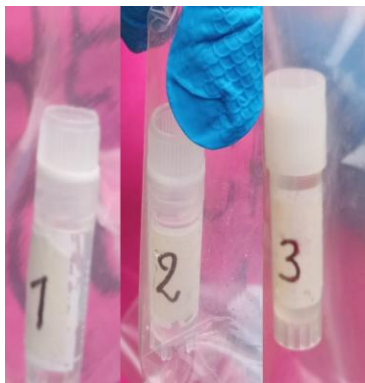


Anexo N° 2: Área de estudio.





Anexo N° 3. Toma de muestras para el análisis en el laboratorio.





Anexo N° 4. Resultados de los análisis del laboratorio del mes de enero y marzo.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-023

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:	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-22-023	Agua Natural	Punto 4	Quebrada Cotopilalo	19/1/2021	11H20	751605.00 9917480.00
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

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

Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: jcartagena@inamhi.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-023

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,33
Arsénico	PE04	Standard Methods Ed 23, 2017. 3114 B Modificado	ug/L	3,652 ^(*)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,150
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	26,30
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	8,22 ^(†)
Coliformes fecales	PEMI02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	11,0

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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

^(†) Los resultados de ensayo podrían estar afectados por condiciones de recepción de la muestra*


Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 22-063

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-22-063	Agua Natural	P4 Cotopilalo	Latacunga	23/03/2022	12H55	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.

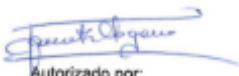
El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

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°. 22-063

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	678,590 ^(*)
Manganeso	PE30	Standard Methods Ed 23, 2017. 3111 B	mg/L	0,195
Sulfatos	PE45	HACH No 8051 12/99 7 ed	mg/L	14,01
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,82
Coliformes fecales	PEM02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	130,0

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

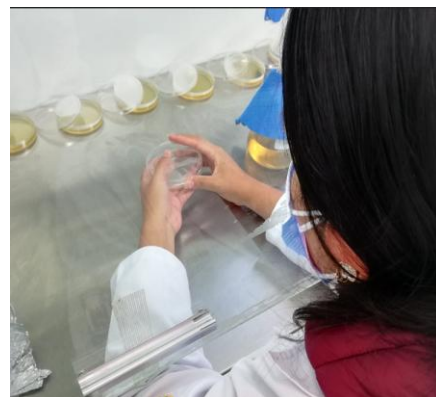
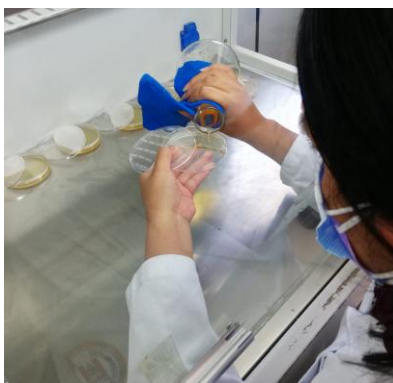
^(*) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE*



Autorizado por:
Dra. Jeaneeth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



LABORATORIO NACIONAL DE CALIDAD DE AGUA Y SEDIMENTOS

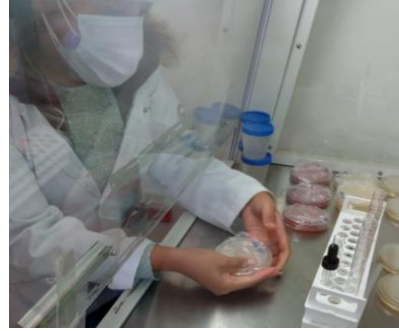
Anexo N°5. Preparación del medio de cultivo.

Anexo N°6. Toma de muestras para la identificación de microorganismos.



Anexo N°7. Siembra en el medio de cultivo con la muestra de agua de la quebrada Cotopilaló.



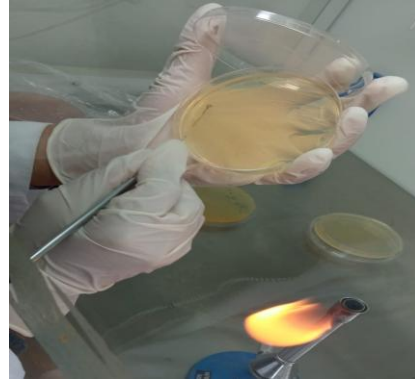


Anexo N°8. Crecimiento de colonias del aislamiento en el medio de cultivo con la muestra de agua de la quebrada Cotopilaló.



Anexo N°9. Aislamiento de bacterias por estrías en agar nutritivo.

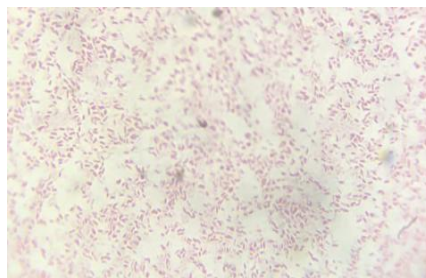
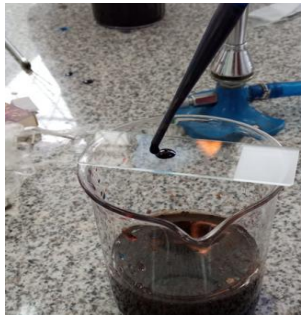




Anexo N°10. Aislamiento de bacterias por estrías en agar MacConkey ®.



Anexo N°11. Tinción de Gram.



Anexo N°12. Aval de traducción.**CENTRO
DE IDIOMAS*****AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“TRAZABILIDAD MICROBIOLÓGICA EN SITIOS POCO MONITOREADOS Y CONTAMINADOS CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE FUENTES NATURALES A 3441 M.S.N.M., EN LA COMUNIDAD DE TILICHE, PROVINCIA DE COTOPAXI”** presentado por: **Cali Lasluisa Geomayra Estefania y Tipantasig López Magali Betzaide**, estudiantes de la Carrera de: **Ingeniería Ambiental** perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 04 abril del 2022

Atentamente,

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes



**CENTRO
DE IDIOMAS**

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514